پژوهش و فناوری محیط زیست، ۱۳۹۸. ویژه‌نامه پاییز و زمستان، ۲۳-۳۱

پژوهش و فناوری محیط زیست

وبگاه نشریه: www.journal.eri.acecr.ir

پژوهشکده محیط زیست

شاپا الکترونیکی: ۲۶۷۶-۳۰۶۰

حذف نفت از آب‌های آلوده به آن توسط جاذب های مقرون به صرفه

زهرا ضمیرایی[1*]

۱- گروه شیمی، پردیس دانشگاهی دانشگاه گیلان، رشت، ایران

چکیده

آلودگی‌های نفتی تاثیر مهمی روی گیاهان و حیوانات دریایی، جزایر مرجانی، ماهیگیری، سواحل، سلامت انسان و صنعت توریسم دارد. بنابراین بازیابی مواد نفتی یا جلوگیری از نشت آنها و همچنین حذف آنها از آب‌های آلوده اهمیت بسیار بالایی دارد. در این زمینه روش‌های مختلفی برای حذف و بازیابی نفت وجود دارد، از جمله این روش‌ها می‌توان روش‌های فیزیکی، مکانیکی، بیولوژیکی و فوتوشیمیایی، فیلتراسیون و از همه پرکاربردتر روش‌های جذبی را نام برد. انتخاب یک جاذب آبگریز مناسب از لحاظ اقتصادی باید قابلیت دسترستی راحتی داشته باشد، گران قیمت نباشد و همچنین در دسته‌بندی مواد خطرناک قرار نگیرد. ماده اولیه جاذب می‌تواند آلی یا غیرآلی باشد. مواد آلی معمولا شامل: گیاهان، جانوران و یا دیگر ترکیبات با میزان کربن بالا هستند (مانند پسماندهای میوجات، پوسته برنج، ماکروجلبک‌ها، جلبک‌ها، کراتین و...). همچنین امکان بکارگیری از ترکیبات آلی تولید شده در صنایع مانند: صنایع نفتی و کودسازی نیز وجود دارد. ترکیبات غیرآلی بکارگرفته شده بعنوان جاذب نیز معمولا موادی مانند: خاک، رس، لای، زئولیت، مواد معدنی، اکسیدهای فلزی و هیدروکسید می‌باشد.

کلید واژه‌ها: نفت، آلودگی آب، جاذب، محیط زیست، مقرون به صرفه.

*پست الکترونیکی نویسنده مسئول: Zamiraei@gmail.com

Journal of Environmental Research and Technology, Autumn 2019-Winter 2020, Special Issue. 23-31

Journal of Environmental Research and Technology

journal homepage: www.journal.eri.acecr.ir

Environmental Research institute

Online ISSN: 3060-2676

Removal of petroleum from contaminated water by affordable adsorbents

Zahra Zamiraei[1*]

1- Department of chemistry, University Campus2, University of Guilan, Rasht, Iran

Abstract

Petroleum pollution has an important impact on marine plants and animals, coral islands, fishing, beaches, human health and tourism industry. Therefore, it is important to recycle or prevent leakage and to remove them from contaminated water. There are various ways to remove and recycle oil; including physical, mechanical, biological and photochemical methods, filtration and the most widely used way is absorption methods. The choice of an economically suitable hydrophobic absorber should be easy to handle, not expensive, and not be classified as hazardous. The adsorbent material can be organic or inorganic. Organic materials usually include plants, animals, or other high-carbon compounds (such as food waste, rice husk, macroalgae, algae, creatine, etc.). It is also possible to use organic compounds produced in industries such as petroleum and fertilizer industries. Inorganic compounds used as adsorbents are usually substances such as: soil, clay, mud, zeolite, minerals, metal oxides and hydroxides.

Keywords: Petroleum, Water Pollution, Adsorbent, Environment, Affordable.

* Corresponding author E-mail address: Zamiraei@gmail.com

مقدمه

رشد سریع اقتصادی در طول سال‌ها، موازی با افزایش مصرف جهانی نفت به دست آمده است که منتسب به این واقعیت است که نفت ضروری‌ترین منبع انرژی و به عنوان یک منبع ماده خام برای چندین مواد از جمله سوخت، پلیمرهای مصنوعی و پتروشیمی است (Annunciado et al., 2005). در طول چند سال گذشته آلودگی نفتی تبدیل به یکی از جدی‌ترین نگرانی‌های جهانی با توجه به تاثیر آن بر محیط زیست و اقتصاد شده است. یک نگرانی رو به افزایش درباره خطر زیست‌محیطی فعالیت‌های صنعتی مرتبط با استخراج نفت می باشد. تخلیه نفت به طور تصادفی و عمدی بارها در طول حمل‌ونقل، تولید و تصفیه نفت گزارش شده است که باعث تاثیر منفی شدیدی بر موجودات زنده و به‌طورگسترده‌تر محیط زیست و اکولوژی شده است (Wanga et al., 2012; Alonso-Alvarez et al., 2007; Ahmad et al., 2005).

استفاده از محصولات نفت پایه در سراسر جهان به حدود سالانه صد میلیون تن افزایش یافته است (Abdullah et al., 2010). تخمین زده می‌شود که بین سال‌های ۲۰۰۰ تا ۲۰۱۱ حدود ۲۲۴۰۰۰ تن نفت در سطح جهان با توجه به نشت تانکرهای نفتی در محیط‌زیست دریایی رها شود. علاوه بر این، میلیون‌ها بشکه نفت در خلیج مکزیک، ساحل گالیسیا اسپانیا تخلیه شده است و در خلیج فارس ضرر مالی و تنزل بلندمدت زیست محیطی ناشی از نشت تانکر نفت به وجود آمده است که تخمین زدن مقدار آن دشوار می‌باشد (Sabir, 2015). تأثیر این نشت را می‌توان با این واقعیت سنجید که یک لیتر بنزن عملا چندین میلیون گالن آب نامناسب برای مصرف انسان ایجاد می‌کند همچنین غلظت‌های بسیار پایین نفت پیامدهای جدی برای انسان و زندگی آبزیان دارند (Syed et al., 2011).

رشد آگاهی بلایای زیست محیطی و ایجاد سیاست‌های زیست محیطی شدیداً سختگیرانه در سراسر جهان باعث ایجاد علاقه زیادی در توسعه تکنیک کارآمد و مقرون به صرفه و همچنین روش‌های تصفیه آب آلوده به نفت شده است. حذف نفت از آب آلوده یک رویکرد مهم در صنعت نفت در سراسر جهان است. وقتی که نفت در تماس با آب قرار می‌گیرد، به شکل امولسیون یا فیلم شناور روغن بر روی آب دیده می‌شود. که باید قبل از این که در محیط زیست تخلیه شود، راه حلی برای حذف یا برداشتن آن استفاده گردد. تصفیه آب آلوده به نفت تولید شده توسط نشت‌های نفتی، هنوز بعنوان یک چالش برای دانشمندان محیط زیست و کارشناسان فن‌آوری باقی‌مانده است. با این وجود تعدادی از تکنیک‌ها برای از بین بردن نفت از منابع آب آلوده به نفت ارائه شده است (Cambiella et al., 2006).

روش‌های متعددی برای حذف نفت از آب‌های آلوده‌ی نفت گزارش شده است از جمله فیلتراسیون (بزرگ و کوچک)، اسمز معکوس، جداسازی گرانشی، تصفیه به روش لجن فعال، روش‌های مختلف شناورسازی (هوای محلول، شناورسازی ستونی، هوادهی الکتریکی و القایی)، بیوراکتورهای غشایی، تصفیه بیولوژیکی، انعقاد شیمیایی و الکتریکی (Santander et al., 2011). اعتقاد بر این است که روش جذب یک روش بهینه برای پاک کردن نفت ریخته شده با هزینه نسبتا کم و اثر بخشی بالا می‌باشد.

- **سمیت شدید آب آلوده به نفت برای انسان و محیط‌زیست**

صدها نوع ترکیب می توانند در نفت حضور داشته باشند. هر نوع نفت خام شامل ۲۰۰ تا ۳۰۰ نوع ترکیب مختلف است. حدود ۵۰- ۹۸ درصد از ترکیبات نفتی به هیدروکربن‌ها مربوط است که عمدتاً آلکان‌ها (پارافین‌ها) (به شکل گاز، مایع و یا جامد با سمیت نسبتا پایین و زیست تخریب پذیر)، سیکلوآلکان‌های با ۵ تا ۶ اتم کربن در هر حلقه (پایدار و با زیست تخریب پذیری کم)، ترکیبات آروماتیک (۲۰ تا ۴۰ درصد نفت) مثل ترکیبات فرار (بنزن، تولوئن، زایلن)، ترکیبات دوحلقه ای مثل نفتالن، ترکیبات سه‌حلقه ای (آنتراسین، فنانترن) و ترکیبات چندحلقه ای (پیرن) می باشد. علاوه بر هیدروکربن‌ها، میزان ترکیبات سولفوری و اسیدهای چرب و ترکیبات نیتروژنی و نیز وانادیوم و نیکل به ۱۰ درصد می رسد (Kharisov et al., 2014).

در طی استخراج و فرآوری نفت به ویژه در مکان های تصادفی، مخلوط فازهای آب، نفت و مواد جامد تفکیک شده می‌تواند مشکلات جدی برای محیط زیست فراهم آورد. محصولات نفتی که وارد محیط زیست آبی می‌شوند خیلی زود حالت ابتدایی خود را تغییر می‌دهند. در دریا، نفت می‌تواند در شکل‌های متفاوتی مثل فیلم‌های سطحی (سطح صاف و صیقلی)، امولسیون‌های آب در نفت و نفت در آب، توده‌ها و کلوخه‌های نفتی، به شکل محلول، توسط رسوبات کف و سوسپانسیون‌ها جذب شده یا تجمعاتی توسط ارگانیسم-های آبی، حضور داشته باشد. در مورد محیط زیست سرد، تبخیر، انحلال و تجزیه نفت به شدت آهسته است. در شرایط زمستانی، آب سرد به شدت بر روی چگالی نفت اثر می‌گذارد و باعث ضخامت زیاد و چسبندگی آن می‌شود و به تشکیل کلوخه های نفتی نیز کمک می‌کند. از طرف دیگر یخ می‌تواند به عنوان تشکیلات طبیعی، مانع پخش شدن نفت شود و زمان بیشتری برای انجام پاسخ را ایجاد کند (ملکوتیخواه، ۱۳۹۴).

بر اساس گزارش آژانس حفاظت از محیط زیست ایالت متحده[1]، آلودگی‌های ناشی از نفت، شامل هیدروکربن‌های آلیفاتیک (متان) و آروماتیک (بنزن، تولوئن، اتیل بنزن، زایلن‌ها، و ترکیبات آروماتیک چند حلقه ای) مخلوط آن‌ها (سوخت‌های دیزلی)، سولفید هیدروژن، فلزات (کروم، سرب، جیوه، روی وغیره)، اکسیدهای نیتروژن، دی‌اکسید گوگرد، و ترکیبات آلی فرار، اغلب، کارسینوژن‌های بالقوه، مواد انفجاری و مضر برای دستگاه تنفسی، قلب و سیستم عصبی مرکزی می باشد (U.S. EPA, 2014).

مناطق زیادی از جهان هستند که دچار آلودگی نفتی در آب و خاک می‌باشند. خطر آلوده شدن آب‌های آشامیدنی بوسیله این آلودگی‌ها بسیار نگران کننده است. برای مثل تنها یک لیتر از بنزن می‌تواند چندین میلیون گالون از آب‌های مورد استفاده انسان را آلوده کند، حدود آلودگی بنزن در آب‌های آشامیدنی تنها ۰/۰۰۵ میلی‌گرم در لیتر است (Da Silva et al., 2003). علاوه بر این آب‌های آلوده تاثیر بسیار نامطلوبی همچنین بر روی اکوسیستم طبیعی خواهد داشت و در زندگی جانداران آبزی و پرندگان تاثیر مستقیم خواهد گذاشت. همچنین تاثیر نامطلوب آن بر روی سلامت انسان، اقتصاد، بطور خاص در بخش توریست با ایجاد مناظر بد و بوی نامطلوب اثبات شده است (Santander et al., 2011).

مطالعات کمی بر روی ترکیبات نفت که می تواند منجر به تجمع زیستی شود صورت گرفته است، مانند انتقال بلند مدت زنجیره غذایی از طریق غذای دریایی آلوده به ترکیبات نفتی (ماهی، جلبک دریایی، گیاهان دریایی و غیره). تجمع زیستی انعکاسی از اثرات نفتی بر روی سلامتی انسان است.

مصرف‌کنندگان غذاهای دریایی آلوده به هیدروکربن‌های آروماتیک چند حلقه‌ای[2] (PAHs) ناشی از نشت نفت باعث افزایش خطر سمیت ژن شده‌اند. صدف‌های آلوده به نفت آزاد شده از تانکر مالتی *اریکا* برداشته شده و به موش‌ها برای مدت ۲ تا ۴ هفته تغذیه شدند. سپس آسیب DNA در کبد، مغز استخوان و سلول‌های خونی با استفاده از تک‌سلولی ژل الکتروفورز اندازه‌گیری و سنجش شد. اگر چه سمیت ژنی در نمونه خون محیطی تشخیص داده نشده اما هم کبد و هم نمونه مغز استخوان به طور قابل توجهی شامل افزایش سطح آسیب DNAبودند. میزان آسیب DNA به طور مستقیم در ارتباط با سطح آلودگی PAH در صدف بوده است.

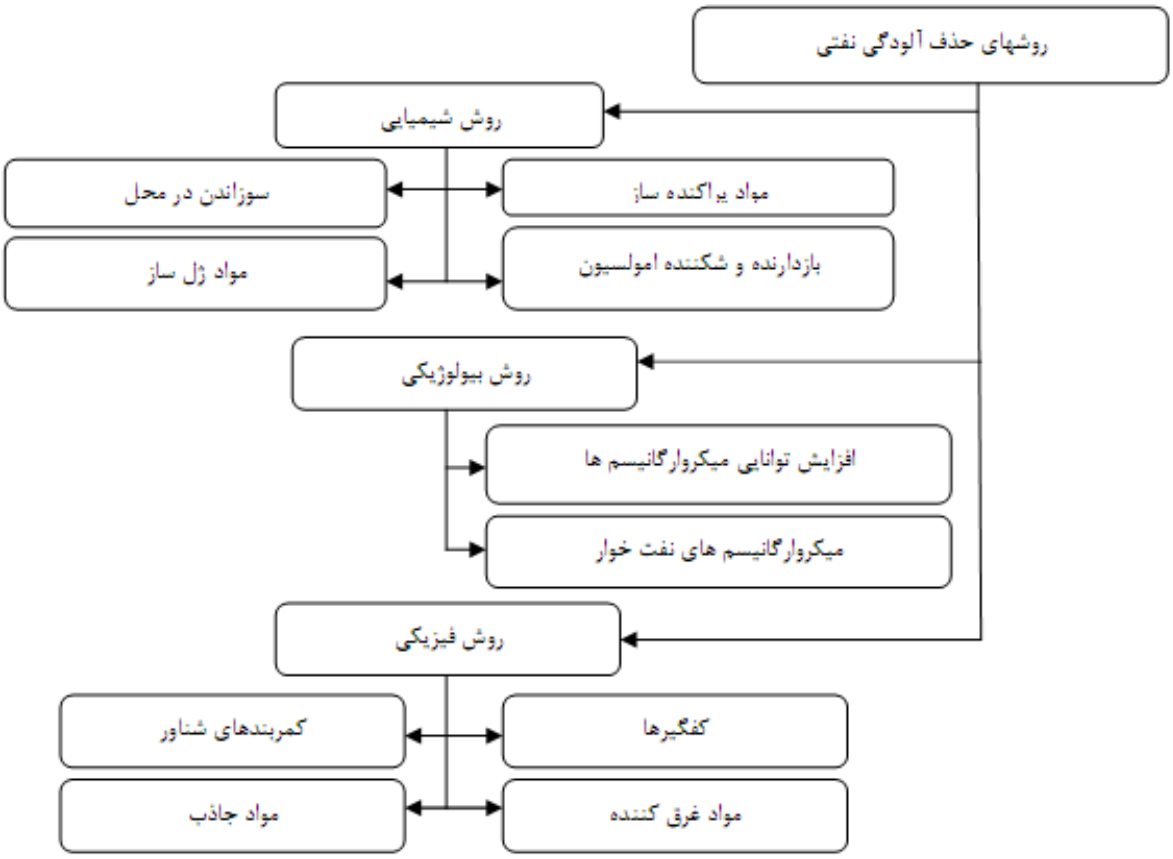
این نتایج نشان می دهد که غذاهای آلوده به نفت یک علت بالقوه آسیب سمیت ژنی برای مصرف کنندگان این مواد غذایی هستند. نتایج همچنین نشان می‌دهد که صدف که در اکثر رژیم‌های غذایی انسان وجود دارد به ویژه در جمعیت ساحلی می‌تواند پناهگاه قابل دسترس زیستی آلاینده‌های سمیت ژنی باشد (Lemiere et al., 2005).

تشکیل یک لایه‌ی نفتی با نفوذ اکسیژن محدود به آب که برای گونه‌ها و صخره‌های مرجانی دریایی به دلیل روغنی که در آب ایجاد می-شود مضر است. همچنین نفت باعث اثرات سمی بر روی میکروارگانیسم مسئول تصفیه بیولوژیکی فاضلاب می‌شود (Zhou et al., 2008; Liu et al., 2012).

- **حذف نفت از آب‌های آلوده**

نفت از جمله مواد گرانبهایی است که نفش اساسی بعنوان تامین کننده انرژی و همچنین ماده اولیه صنایع مختلف دارد. هرگونه نشت و استفاده نادرست از آن باعث از دست رفتن انرژی، صرف هزینه‌های هنگفت و مشکلات زیست‌محیطی می‌گردد. بنابراین بازیابی مواد نفتی یا جلوگیری از نشت آنها و همچنین حذف آنها از آب‌های آلوده اهمیت بسیار بالایی دارد. در این زمینه روش‌های مختلفی برای حذف و بازیابی نفت وجود دارد، از جمله این روش‌ها می‌توان روش‌های فیزیکی، مکانیکی، بیولوژیکی و فوتوشیمیایی، فیلتراسیون و از همه پرکاربردتر روش‌های جذبی نام‌برد (Angelova et al., 2011). تعدادی از روش‌های مهم در شکل ۱ نشان داده شده است. این روش‌ها می‌تواند بصورت تکی یا بصورت ترکیبی با دیگر روش‌ها مورد استفاده قرار بگیرد.

[1] United States Protection Environmental Agency
[2] Polycyclic aromatic hydrocarbons



شکل ۱- انواع روشهای حذف لکه های نفتی

- **انواع جاذب های نفتی**

انواع مختلفی از جاذب‌های نفتی آب‌گریز وجود دارد که شامل: جاذب طبیعی، پلیمرهای آلی (سنتزی) و مواد معدنی می‌شود. فهرستی از جاذب‌های آب‌گریز تولید شده از منابع مختلف که در تصفیه آب آلوده به نفت استفاده می‌شود در جدول ۱ تا ۳ آورده شده است.

جدول ۱- فهرست جاذب طبیعی آب‌گریز برای تصفیه آب آلوده به نفت

جاذب	ظرفیت جذب ($g\ g^{-1}$)
الیاف دانه صنوبر	۲۱۱-۱۸۲
فیبر نخ-ابریشم	۸۵
الیاف کربن توخالی پنبه طبیعی	۷۷
فیبر الیاف ابریشمی درخت پنبه	۵۴/۳-۳۴/۱
زباله پیله کرم ابریشم	۵۲-۳۷
الیاف صنوبر	۴۸
میکرونر پایین و بالا پنبه خام	۳۵-۳۰/۵
هسته کنف	۳۵
فیبر لوئی	۲۸
سرخس آبی	۲۴/۵
الیاف پنبه خام درجه پایین	۲۲/۵
گیاه پنبه	۲۲-۹

جاذب	ظرفیت جذب ($g\ g^{-1}$)
تفاله نیشکر	۱۹/۹۵-۱۰/۵
موی انسان	۱۶
فیبر sugi	۱۳
جلبک لیفی نرم	۱۰/۷-۷/۳
سبوس برنج	۹/۲۶
ساقه ذرت	۸//۶
کاه گندم	۸/۵۴
کاه جو	۸/۵-۷
سرباره کروم	۷/۶-۶/۵
برگ سیسال	۷-۶
الیاف سلولزی	۷-۳
کاه گندم اصلاح شده	۶/۹۵-۶/۶۵
خاک اره	۶/۴
پوست نارگیل	۶-۳/۵
خاک اره مخلوط	۶-۵
الیاف پشم	۵/۵۶
الیاف نارگیل	۵/۴
کدو اسفنجی	۴/۶
علف هرز	۴
پس ماند برگ	۲/۲۷
فیبر کنف	۲
پوسته درخت	۲-۰/۲
Aquaphyte آبی	۱/۳۹
بنتونیت	۰/۹۸
زغال نارس	۰/۹۸-۰/۲۱
کیتین	۰/۹۲
الیاف خام لوفا	۰/۹۰
پودر لاستیک	۰/۸۸
پوست گردو	۰/۷۴-۰/۵۶
ضایعات پروتئین (پر، موی بز)	۰/۵۸-۰/۰۴۶
پوسته نارگیل سبز	۰/۵۵
سیر و پوست پیاز	۰/۴۵-۰/۳۸
ذرت	۰/۳۷۸
تراشه چوب	۰/۳۴۳
پوسته نارگیل	۰/۲۴۹
کیتوسان	۰/۱۴
Mucor rouxii and Absidia coerulea	۰/۰۹۲۵-۰/۰۷۲۷

جدول ۲- فهرست مواد آلی آب‌گریز استفاده شده بعنوان جاذب در تصفیه آب‌های آلوده نفتی

جاذب	ظرفیت جذب ($g\ g^{-1}$)
الیاف مصنوعی پلی استایرن	۱۳۱/۶۳
الیاف پلی استایرن با تخلخل نانو	۱۱۳/۸۷
کامپوزیت الیاف پلی استایرن و پودر لاستیک	۱۰۳/۳-۸۵/۶
PBMA/SiO2 نشانده شده بر روی الیاف ابریشم	۸۷/۱-۶۴/۵
الیاف ابریشم پوشانده شده	۸۳/۲-۵۹/۵
پلی دی متیل سیلوکزان تصفیه شده با گرافن مزوپور	۵۹/۸-۵۴/۲
الیاف ابریشم بیش آبگریز	۵۹/۸-۵۴/۲
برش الیاف پلی پروپیلن	۴۸/۴
اسفنج پلی اورتان	۴۵/۰
پلیمر سوپرجاذب نفت	۴۵/۰
ژل لاستیک با منافذ درشت	۳۸-۳۳
Acetylated kapok fibers (PAKF)	۳۶/۷
اسفنج پلی‌استری	۲۶/۰
ایروژل سلولزی از پسماند کاغذ	۲۴/۴
Graphite/isobutylene-isoprene rubber (IIR)	۲۳/۴-۱۷/۸
لاستیک بیوتیل	۲۳-۱۵
فیبر آگریز کتان	۲۰
پلی‌پروپیلن	۱۸/۸-۱۶/۲
Ethanol grafted polyacrylonitrile	۱۸
مواد مبتنی بر پشم	۱۵/۸-۹/۶۲
Nano-porous polydivinylbenzene (PDVB)	۱۵
فوم پلی‌اتر	۹-۷
رس شیمیایی	۷/۲- ۲/۱
آیروژل گرانول	۷
Cyclopean-tadiene oligomers (CPDO)	۷-۴
poly(dimethylsiloxane) (PDMS)	۳۴-۴
گلیسرول ورمیکولیت اصلاح شده	۴-۳/۷
پلیمر مغناطیسی نانوکامپوزیت	۳
پسماند لاستیک پودر شده	۲/۲
برگ نخل (اصلاح شده)	۱/۲
زئولیت	۱/۱۵-۱/۱
فیبر پلی‌استر	۱/۰۰۸
پلی اتیلن	۰/۹۳
رزین هیبرید اصلاح شده	۰/۹۰

جدول ۳- فهرست مواد غیرآلی آبگریز استفاده شده بعنوان جاذب در تصفیه آب‌های آلوده نفتی

جاذب	ظرفیت جذب ($g\ g^{-1}$)
اسفنج CNT	۱۸۰
اسفنج نانولوله‌های کربنی	۱۰۰
گرافیت ورقه ورقه	۸۳
الیاف صنوبر کربونیزه	۸۰-۶۰
ورموکولیت ورقه ورقه - نانولوله کربنی (EV/CNT-fluffy)	۷۰/۶
الیاف سلولزی استیله	۷۰
نانولوله‌های کربنی همراستا عمودی	۶۹
اسفنج نانولوله‌های کربنی مغناطیسی(Me-CNT Sponge)	۵۶
ورموکولیت ورقه ورقه - نانولوله کربنی (EV/CNT-90)	۲۶/۷
باگاس کربنیزه شده	۳۲-۲۳
نانو سیم	۲۰
زغال سنگ نارس (PT-1)	۱۶-۱۲
آئروژل سیلیکا آبی	۱۵/۱
پرلیت منبسط	۷/۵
پوسته برنج کربونیزه	۹/۲-۶
خاکستر پوسته برنج سیاه	۶/۲۲-۵/۰۲
سیلیس آمورف	۴
ایروژل سیلیکا	۳/۹۶-۳/۸۸
خاکستر پوسته برنج سفید	۲/۹۸-۲/۷۸
آئروژل آبی	۲/۸
تصفیه شیمیایی و لجن تصفیه نشده پالایشگاه های نفت	۲-۱/۳۸
اسکلت خاکستر loof	۱/۵
Sepiolite	۱/۳-۰/۹۲
Hydrophobized vermiculite (carnauba wax)	۱-۰/۷
زغال سخت	۰/۹۹
نانو سیلیس اب‌گریز	۰/۹۹-۰/۹۷
سدیم-بنتونیت	۰/۹۶-۰/۸۵
ورمیکولیت منبسط شده	۰/۹۳-۰/۷۹
کربن فعال	۰/۸۲
پودر تالک	۰/۳
خاکستر	۰/۵۷۵
PTMA & ODTMA montmorillonite	۰/۳۷-۰/۳
پوست تخم مرغ	۰/۱۹۴
زئولیت ها	۰/۱۹۲-۰/۱۶۶
بنتونیت	۰/۱۷۶-۰/۱۵
شن	۰/۱۱

- **انتخاب یک جاذب به صرفه از لحاظ هزینه**

انتخاب یک جاذب آبگریز از لحاظ اقتصادی به عوامل بسیار زیادی وابسته است. بطور کلی ماده مورد استفاده باید قابلیت دسترستی راحتی داشته باشد، گران نباشد و همچنین در دسته‌بندی مواد خطرناک قرار نگیرد. علاوه بر این جاذبی برای جذب آلودگی‌ها مناسب است که میزان بالایی از کربن و اکسیژن در ساختار مواد تشکیل دهنده خود داشته باشد. جاذب مناسب لازم است که خصوصیات فیزیکی مانند : مقاومت بالا در ساییدگی، پایداری بالایی دمایی و داشتن سطح ویژه بالا و همچنین داشتن خلل و فرجهای ریز به منظور افزایش قابلیت جذب را داشته باشد. ماده اولیه می‌تواند آلی یا غیرآلی باشد. مواد آلی معمولا شامل: گیاهان، جانوران و یا دیگر ترکیبات با میزان کربن بالا هستند (مانند پسماندهای میوجات، پوسته برنج، ماکروجلبک‌ها، جلبک‌ها، کراتین و...). همچنین امکان بکارگیری از ترکیبات آلی تولید شده در صنایع مانند: صنایع نفتی و کودسازی نیز وجود دارد. ترکیبات غیرآلی بکارگرفته شده بعنوان جاذب نیز معمولا موادی مانند: خاک، رس، لای، زئولیت، مواد معدنی، اکسیدهای فلزی و هیدروکسید می‌باشد .

نتیجه گیری

برای مهار، بازیافت، و پاکسازی نفت از محیط آبی یا سواحل آلوده شده، روش های مختلفی را برای حذف آلودگی نفتی به کار می‌بندند. اعتقاد بر این است که روش جذب یک روش بهینه برای پاک کردن نفت ریخته شده با هزینه نسبتا کم و اثربخشی بالا می‌باشد. به نظر می‌رسد استفاده از جاذب های مناسب با قیمت ارزان و منشا آلی و معدنی بهترین نوع جاذب ها با کمترین مقدار آلودگی محیط زیست باشد.

منابع

ملکوتیخواه، جواد؛ پاکسازی ناخالصی‌های نفتی از آب بر پایه‌ی فناوری نانو. نشریه فناوری نانو، سال چهاردهم شماره۱۱، پیاپی۲۲۰، ۲۰-۲۵، ۱۳۹۴.

Abdullah, M. A., Rahmah, A.U., Man, Z., Journal of Hazardous Materials, 177, 683–691(2010).

Ahmad, A.L., Sumathi, S., Hameed, B.H., Water Research, 39 (12), 2483–2494 (2005)

Alonso-Alvarez, C., Pérez, C. and Velando, A., Aquatic Toxicology, 84(1), 103-110 (2007).

Angelova, D., Usunov, I., Uzunova, S., Gigova, A. Minchev, L., Chemical Engineering Journal, 172, 306–311 (2011).

Annunciado, T.R., Sydenstricker, T.H.D., Amico, S.C., Marine Pollution Bulletin, 50, 1340–1346 (2005).

Cambiella, A., Ortea, E., Rıos, G., Benito, J.M., Pazos, C., Coca, J., Journal of Hazardous Materials, 131, 195–199 (2006).

Da Silva, U.G., Melo, M.A.F., de Silva, A.F., Farias, R.A., Journal of Colloid Interface Science, 260, 302–304 (2003).

Kharisov, B. I., Dias, H. R., & Kharissova, O. V., Journal of Petroleum Science and Engineering, 122, 705-718 (2014).

Lemiere, S., Cossu-Leguille, A., Bispo, M.J., Jourdain, M.C., Lanhers, D., Burnel, Vasseur, P., Mutation Research, 581, 11–21(2005).

Liu, P.J., Meng, P.J., Liu, L.L., Wang, J.T., Leu, M.Y., Marine Pollution Bulletin, 64 (6), 1129–1135(2012).

Sabir, S., Critical Reviews in Environmental Science and Technology, 45(17), 1916-1945 (2015).

Santander, M., Rodrigues, R.T., Rubio, J., Colloid Surface, 375 (1–3), 237–244 (2011).

Syed, S., Alhazzaa, M. I., Asif M., Chemical Engineering Journal, 167, 99–103 (2011).

United States Environmental Protection Agency, 2014 (http://www.epa.gov/region1/superfund/sites/beede/contaminants.html).

Wanga, D., McLaughlin, E., Pfeffer, R., Separation and Purification Technology, 99, 28–35 (2012).

Zhou, Y., Tang, X., Hu, X., Fritschi, S., Lu, J., Separation and Purification Technology, 63, 400–406 (2008).