



مرکز ملی باوردهای علمی و فناوری

سازمان بنادر و دریانوردی به عنوان تنها مرجع حاکمیتی کشور در امور بندری، دریایی و کشتی‌رانی بازرگانی به منظور ایفای نقش مرجعیت دانشی خود و در راستای تحقق راهبردهای کلان نقشه جامع علمی کشور مبنی بر "حمایت از توسعه شبکه‌های تحقیقاتی و تسهیل انتقال و انتشار دانش و سامان‌دهی علمی" از طریق "استانداردسازی و اصلاح فرایندهای تولید، ثبت، داوری و سنجش و ایجاد بانک‌های اطلاعاتی یکپارچه برای نشریات، اختراعات و اکتشافات پژوهشگران"، اقدام به ارایه این اثر در سایت SID می‌نماید.



سازمان بنادر و دریانوردی

## بررسی عملکرد مواد جاذب به منظور پاک سازی آلودگی نفتی در خلیج فارس و پیشنهاد استفاده از تکنولوژی جاذب نانویی در حذف آلودگی های

### نفتی از دریا

مریم رسولی، کارشناس سازمان بنادر و دریانوردی

محمد مهدوی گورابی، کارشناس سازمان بنادر و دریانوردی

رویا امام، کارشناس سازمان بنادر و دریانوردی

ابراهیم نادری نورعینی، کارشناس سازمان بنادر و دریانوردی

### چکیده

تا مدت های مدیدی این تصور در ذهن بشر وجود داشت که دریاها و اقیانوس ها آن اندازه گسترده است که می توان از میزان آلودگی آن چشم پوشی نمود، اما امروزه که اثر مستقیم و غیرمستقیم آلودگی آب دریاها بر زندگی انسان ها ثابت شده مساله مبارزه با رفع این آلودگی ها به شکل جدی تر مطرح می باشد. منابع آلوده کننده آب دریاها نظیر پساب های صنعتی، زباله های شهری، تخلیه آب توازن و شستشوی کشتی ها به داخل دریا، نشت مواد نفتی ناشی از حوادث مربوط به نفت کش ها و سکوهای نفتی، زباله های اتمی، عوامل طبیعی نظیر طوفان ها، گرد و غبار، آتشفشان ها و مواد ناشی از ارگانیزم های دریایی آثار مخربی بر اکوسیستم دریایی به جای می گذارند. گسترش تدریجی این آلودگی به سواحل و جزایر سبب بروز بیماری های مهلک و عوارض ژنتیکی بر انسان می شود. کشف نفت در خلیج فارس ما بین سال های ۱۹۴۰-۱۹۳۰ باعث رشد اقتصادی، اهمیت جغرافیایی و افزایش کشتی رانی در منطقه شد. سالانه ما بین ۲۰۰۰-۳۰۰۰ نفتکش در تنگه هرمز تردد می کنند که این میزان ۴۰٪ کل نفت

جا به جا شده در آب های جهان می باشد. سالانه حدود ۱۶۰ میلیون تن نفت وارد دریا می شود و خلیج فارس به تنهایی ۲۰-۱۵ درصد این ریزش ها را دریافت می کند. آلودگی های نفتی تاثیر مهمی روی گیاهان و حیوانات دریایی، جزایر مرجانی، ماهی گیری، سواحل، سلامت انسان و صنعت توریسم دارد. در این تحقیق میزان جذب و بازیافت نفت سه نمونه جاذب پودر لاستیک، الیاف پلی پروپیلن و کامپوزیت پودر لاستیک / الیاف پلی پروپیلن (STBC) مورد بررسی قرار گرفت. (STBC) به عنوان جاذب نفتی در حذف آلودگی های نفتی عمل می کند. با توجه به اهمیت بازیافت تیره های فرسوده و مشکلات محیط زیستی که همراه با انباشت تیره های فرسوده وجود دارد و هم چنین به دلیل ویژگی آب گریزی سطحی می توانند در زمره جاذب های ارزان و قابل دسترس برای جذب آلودگی های نفتی به شمار روند. اما در این تحقیق علاوه بر معرفی جاذب های ذکر شده جدیدترین جاذب یعنی استفاده از جاذب نانویی در سیستمی رباتیک و هوشمند که انقلابی در جاذب ها و از بین بردن لکه های نفتی محسوب می شود نیز بیان شده است .

**کلمات کلیدی :** لکه نفتی، محیط دریایی، جاذب ها، الیاف پلی پروپیلن، کامپوزیت پودر لاستیک / الیاف پلی پروپیلن (STBC).

#### مقدمه

آلودگی های نفتی، اغلب تاثیر منفی بسیار جدی بر روی منابع حساس طبیعی می گذارند. بسیاری از کشورهای در حال توسعه، به حفظ یک محیط زیست دریایی تازه برای کمک به صنعت توریسم و ماهی گیری و در نتیجه کمک به وضعیت اقتصادی کشور، نیاز دارد. وسعت صدمات ناشی از آلودگی های نفتی بستگی به شاخص هایی مانند شرایط بروز حادثه و شرایط زیست محیطی دارد. سالانه بیش از ۵۰۰ لکه نفتی

معادل ۵،۲ میلیون تن نفت وارد آب های آزاد می شود. روش های متفاوتی برای حذف آلودگی های نفتی دریا وجود دارد که استفاده از مواد جاذب یکی از روش هاست. جاذب ها از نظر جنس به سه دسته جاذب های طبیعی، جاذب های طبیعی فرآوری شده و جاذب های سنتزی تقسیم می شوند. علاوه بر تقسیم بندی فوق جاذب ها را به سه دسته جاذب های آلی، جاذب های معدنی و جاذب های سنتزی نیز می توان تقسیم کرد. در این تحقیق پودر لاستیک، الیاف پلی پروپیلن و کامپوزیت پودر لاستیک / الیاف پلی پروپیلن به عنوان جاذب آلودگی نفتی مورد آزمایش قرار گرفت. اساس روش جذب در این تحقیق بر پایه ASTM F726-99 است. از روش جذب دینامیک به منظور تعیین ظرفیت جذب نفت جاذب ها استفاده می شود. در این تحقیق کامپوزیت پودر لاستیکی نسبت به دو جاذب دیگر از ظرفیت جذب بالاتری نسبت به زمان برخوردار است. پودر لاستیک به کار رفته در کامپوزیت به علت عدم تخریب پذیری و از دست ندادن خاصیت الاستیک توانایی استفاده مجدد از کامپوزیت های لاستیکی را فراهم می کند. بر همین اساس جاذب های ساخته شده بر پایه پودر لاستیک می توانند در زمره جاذب های ارزان و قابل دسترس برای جذب آلودگی های نفتی به شمار روند.

آلودگی دریایی، ورود انرژی یا مواد توسط انسان، به صورت مستقیم یا غیرمستقیم به محیط زیست دریایی است که اثرات نامطلوبی را در بر خواهد داشت از آن جمله خطر برای سلامتی انسان، بروز موانعی در برابر فعالیت های دریایی شامل ماهی گیری، کاهش کیفیت در مورد استفاده از آب دریا، آلودگی سواحل تفریحی، صدمه به جمعیت جانوری و گیاهی منطقه آلوده و کاهش سازگاری است. پس تاکید بیش تر، بر عوامل انسانی به نسبت طبیعی و همین طور بر اثر تخریبی این مواد زاید است. بسیاری از زواید ورودی به دریا (به عنوان مثال سموم و پلاستیک ها) ساخته دست انسان بوده و بالطبع در طبیعت وجود ندارند، اما اکثر عواملی که تا به حال مورد

بحث قرار گرفته‌اند، به طور طبیعی در دریا حضور دارند. از جمله مواد آلی که مورد تخریب و تجزیه باکتریایی قرار می‌گیرند؛ فلزات موجود در هرز آب ناشی از زواید فلزدار نفت حاصل از نشت طبیعی، ذرات حاصل از فرسایش ساحلی، آب گرم حاصل از چشمه‌های آب گرم و نیروگاه‌ها و رادیواکتیویته می‌باشند. بررسی‌ها نشان دهنده این واقعیت است که آلودگی‌های نفتی به سه نوع شیمیایی، فیزیکی و بیولوژیکی در محیط زیست نمایان می‌شوند. عوامل شیمیایی، آلودگی نفتی در محیط زیست شامل پخش آمونیاک، فنل، سیانور، فسفر، فلزهای سنگین، هیدروکربن‌های سبک و سنگین، دی‌اکسید کربن، دی‌اکسید گوگرد و دی‌اکسید نیتروژن حاصل از احتراق نفت، کلریدهای سدیم، منیزیم، سولفات، سیلیس و اکسیدهای آهن موجود در نفت که موجب جرم‌گرفتنی و خوردگی تاسیسات می‌شوند. عوامل فیزیکی آلودگی نفتی در محیط زیست شامل پخش چربی، روغن، مواد معلق تغییر درجه حرارت، رنگ و بو، نشت نفت به هنگام استخراج، حمل و نقل، گل حفاری و آب شور فرایند حفاری، خرده سنگ‌های حاصل از استخراج می‌باشند. عوامل بیولوژیکی آلودگی نفتی در محیط زیست شامل افزایش میزان BOD, COD می‌باشد. مواد نفتی با پخش شدن در محیط زیست لایه‌ای غیر قابل نفوذ ایجاد می‌کنند که در محیط آبی از رسیدن اکسیژن به موجودات آبی و در محیط خشکی از فعالیت‌های حیاتی موجود می‌کاهند. برخی از هیدروکربن‌های نفتی برای انسان سمی هستند اما افراد بشر آستانه‌چشایی بسیار پایینی برای هیدروکربن‌های نفتی داشته و این مزه به شدت دافع است، پس خطر اندکی از جهت دریافت ندانسته مقادیر قابل توجه این مواد سمی، از طریق غذا و آب آشامیدنی آلوده، برای انسان وجود دارد. نفت، حاوی هیدروکربن‌های آروماتیک چند حلقه‌ای (PAH) است که برخی از آن‌ها خاصیت سرطان‌زایی دارند. غذاهای دریایی حاوی غلظت ناچیزی از PAH (اندازه‌گیری بر اساس بنزو [α] پیرین، یک عامل

سرطان زا) در مقایسه با آنچه به طور طبیعی در سایر مواد غذایی که در مقادیر بیش تری خورده می‌شود موجود است. (جدول ۱)

توریست‌ها، سواحل شنای عاری از نفت را ترجیح می‌دهند و اکثر تفرج گاه‌های ساحلی، تلاش بسیار زیادی در جهت زدودن قیر و بقایای نفتی از سواحل اشان، به کار می‌بندند. آلودگی جدی ناشی از تصادفی شدید در محدوده یک تفرج گاه، مساله‌ای به طور کامل متفاوت است. شاید که این مورد، خارج از محدوده مسوولیت منطقه ای بوده و به عنوان یک وضعیت اضطراری ملی، نیاز به پاسخی کشوری داشته باشد. غرق تانکرها، از جمله توری کانپون، آموکوکادیز، آرو، بتلگوس از این دسته هستند.

جدول ۱- غلظت بنزو [α] پیرین (بر حسب Mg بر کیلوگرم) در غذاهای دریایی

غذاهای دریایی	آب های غیر آلوده	آب های آلوده
صدف clam	۱/۱-۳۸/۷	۱۶-۸/۲
میگوها	۰/۵	۹۰/۰
خرچنگ	۵/۰	۳۰/۰
ماهی هرینگ	۰/۱	۱۳-۰/۴
کفشک ماهی	-	۰/۰۵

### مواد و روش ها :

در این مقاله سعی شده است با توجه آزمایش های محیطی انجام شده روی نفت های منطقه پارس جنوبی به ارایه راه کاری عملی با عنایت به تجهیزات موجود که همان جاذب ها می باشند در هنگام بروز آلودگی نفتی بپردازیم و کارایی این جاذب ها در از بین بردن آلودگی نفتی را به نمایش در آوریم، هم چنین در پایان آخرین

تکنولوژی پیشنهادی به منظور به کارگیری در از بین بردن آلودگی نفتی با کمک جاذب های نفتی را تشریح نماییم و سپس با عنایت به تحقیقات جامع در داخل و خارج از کشور در خصوص استفاده از این روش و نوین و رباتیک که در آن از نانو ذرات به منظور جذب آلودگی و حذف آلودگی های نفتی استفاده می شود را به عنوان بهترین وسیله در جذب آلودگی نفتی بیان نماییم ، این روش و نوع فرآیند بومی آن در داخل کشور هنوز در مرحله تحقیقات ابتدایی بوده و ما آن را بیان خواهیم نمود.

### متن مقاله

#### جذب چیست ؟

جذب عبارت است از نفوذ مولکول ها و اتم های یک فاز به درون فاز دیگر به طوری که با فاز دوم تشکیل یک محلول یکنواخت را دهد. به طور معمول جذب به دو صورت انجام می گیرد، در صورتی که پیوندهای به وجود آمده بین جاذب و جذب شونده خیلی قوی باشد و انرژی جذب نیز بالا باشد، این فرآیند همواره برگشت ناپذیر بوده و گفته می شود جذب شیمیایی صورت گرفته است. از طرفی اگر پیوندهای به وجود آمده فوق العاده ضعیف باشند و از نوع نیروهای واندروالس که بالطبع انرژی جذب پایین دارند، می گویند جذب فیزیکی انجام گرفته است. مولکول هایی که به این ترتیب جذب می شوند با کوچک ترین غلظت ماده جذب شونده در محلول، جا به جا شده و دفع می شوند. به این ترتیب می گویند فرآیند جذب فیزیکی برگشت پذیر است. افزودن مواد جاذب به نفت شناور روی آب باعث تغییر فاز نفت از مایع به نیمه جامد می شود. وقتی که این تغییر حاصل شد، حذف نفت با استفاده از جداسازی جاذب از سطح آب مشکل نخواهد بود. یک جاذب نفت یک ماده یا مخلوطی از مواد می باشد که غیر قابل حل بوده و به منظور بازیافت نفت از طریق مکانیسم های جذب (Absorption) و یا جذب

سطحی (Adsorption) یا هر دوی آن‌ها به کار برده می‌شود. فرآیند جذب فرآیندی است که طی آن ماده نفتی در سراسر ساختار مولکولی ماده جاذب توزیع می‌شود. ماده جاذبی که از طریق مکانیسم جذب عمل می‌نماید. پس از جذب به اندازه ۵۰٪ یا بیش تر افزایش حجم خواهد داشت. یک ماده جاذب خوب شبیه اسفنج بوده و دارای منافذی در سطح خود می‌باشد، که نفت را به منافذ درونی هدایت می‌کنند. درصد فضای منفذ که تخلخل نامیده می‌شود یک خاصیت مهم جاذب‌ها می‌باشد. زیرا مواد با تخلخل بالا می‌توانند مقادیر زیادی از نفت را در یک بستر با ابعاد معلوم از طریق مکانیسم جذب نمایند. بسترهای حاوی الیاف نیز به دلیل این که قابلیت فشرده شدن دارند امکان بازیافت و احیا جاذب را فراهم می‌آورند. زمانی که این بسترها در معرض فشار قرار می‌گیرند، تخلخل آن‌ها کاهش می‌یابد. مقدار نفتی که می‌توان از یک بستر جاذب استخراج کرد به تخلخل، زمان تماس و فشار اعمال شده با غلطک، دیافراگم یا پیستون بستگی دارد. فرآیند جذب سطحی فرآیندی است که طی آن ماده نفتی بر سطح ماده جاذب توزیع می‌شود که میزان افزایش حجم جاذب پس از جذب نفت بیش از ۵۰٪ نخواهد شد. در این فرآیند، ماده‌ای که جذب سطحی انجام می‌دهد جاذب سطحی و ماده‌ای که در سطح ماده دیگر جذب سطحی می‌شود، جذب شونده نام دارد. جذب سطحی فیزیکی به نحو عمده به وسیله نیروهای واندروالس و نیروهای الکترواستاتیکی بین مولکول‌های جذب شونده و اتم‌های تشکیل دهنده سطح جاذب ایجاد می‌شود. بنابراین جاذب‌هایی که از طریق این مکانیسم عمل جذب را انجام می‌دهند با خواص سطحی نظیر سطح مساحت و قطبیت مشخص می‌شوند.

### انواع جاذب‌های نفتی

به طور کلی یک جاذب نفت ماده‌ای است که نفت را از طریق مکانیسم جذب



یا جذب سطحی یا هر دوی آن‌ها جذب می‌نماید. ظرفیت جذب جاذبی که از طریق مکانیسم جذب عمل می‌کند تابعی از مقدار سطح مساحتی که نفت می‌تواند جذب شود می‌باشد. بنابراین هر قدر سطح مساحت بزرگ‌تر باشد ظرفیت جذب از طریق این مکانیسم بیش‌تر خواهد بود. در مقابل جاذب‌هایی که از طریق مکانیسم جذب سطحی عمل می‌کنند جذب بالاتری را نشان می‌دهند. اما ایجاد سطح داخلی زیاد در یک حجم محدود به ناچار سبب افزایش تعداد منافذ کوچک بین سطوح می‌شود. اندازه منافذ ریز دست‌یابی مولکول‌های جذب شونده به سطح داخلی جاذب را تعیین می‌نماید. بنابراین توزیع اندازه منافذ خاصیت مهم دیگری برای قابلیت جذب جاذب‌ها می‌باشد. قطبیت سطح به تمایل آن به مواد قطبی نظیر آب یا الکل ارتباط دارد بنابراین جاذب‌های سطحی قطبی، آب دوست (Hydrophilic) نامیده می‌شوند. آلومینوسیلیکات‌ها نظیر زئولیت‌ها، آلومینای متخلخل، سیلیکات‌ها یا سیلیکا-آلومینا نمونه‌هایی از جاذب‌های قطبی هستند. از طرف دیگر جاذب‌های سطحی غیر قطبی، آب‌گریز (Hydrophobic) نامیده می‌شوند. جاذب‌های آب‌گریز برای بازیابی مواد غیر قطبی مورد استفاده قرار می‌گیرند. به عنوان مثال مواد هیدروکربن این مواد جاذب می‌توانند روی خشکی و در آب مورد استفاده قرار بگیرند. جاذب‌های تمام‌مایع برای بازیابی مواد قطبی و غیر قطبی در آب، مواد بر پایه اسید و هم‌چنین مواد هیدروکربنی روی خشکی مورد استفاده قرار می‌گیرند. جاذب‌های توده‌ای این دسته از جاذب‌ها، شکل خاصی ندارند و از موادی ساخته شده‌اند که هیچ‌گونه اتصالی با یکدیگر ندارند. این مواد می‌توانند به صورت رشته‌های کوتاه و یا مواد معدنی (مانند پرلیت، ورمیکولیت) مواد با منشا گیاهی (مانند کاه، زغال سنگ نارس) و یا مواد مصنوعی (مواد پلیمری مانند پلی‌اورتان، پلی‌پروپیلن، پلی‌استایرن) می‌باشند. دسته‌ای دیگر از جاذب‌ها به صورت ورقه‌ای هستند. ورقه‌های جاذب قابلیت ارتجاع دارند و ضخامت آن‌ها کم‌تر از 3 cm

است و طول و عرض آن ها از 1 m تجاوز نمی‌کند. جاذب هایی که به صورت استوانه‌ای هستند در حدود ۱۰ متر تجاوز نمی‌کند. جاذب هایی که به صورت استوانه‌ای هستند در حدود ۱۰m طول دارند که به طور معمول از جنس بدون بافت و نمدی هستند. استفاده از این جاذب ها آسان و آن ها را می‌توان به صورت دستی بازیافت نمود. این نوع از جاذب ها نسبت به کمربندهای شناور و بالشتک های جذب نفت نمونه نفت های با ویسکوزیته ۱۵۰ تا ۲۵۰ سانتی استوک جذب بالاتری را نشان می‌دهند. و این به دلیل سطح خارجی بزرگ تری است که این مواد دارند که باعث تماس زیاد این جاذب ها با آلودگی نفتی خواهد شد. کاربرد دیگر جاذب ها آن است که به عنوان مثال در قالب کمربندهای شناور جاذب به کار می‌روند. به این ترتیب که خطوط ساحلی آلوده شده به نفت را محاصره کرده و مقدار نفتی را که از ساحل رها می‌شود جذب می‌نمایند و هم چنین از آلودگی بیش تر خط وسط ساحلی به نفت جلوگیری می‌نمایند. بازیافت نفت، پارامتری است که معرف وزن یک نفت خاص بازیابی شده در مقایسه با وزن خود جاذب می‌باشد. به عنوان مثال جاذب‌های سنتزی با کارایی بالا ممکن است تا ۳۰ برابر وزن خود، نفت جذب نمایند. در حالی که جاذب های معدنی توانایی جذب نفت به میزان تنها ۲ برابر وزن خود را دارا هستند، مقدار آب جذب شده نیز مهم است. یک جاذب نفت ایده‌آل، آب را جذب نمی‌کند. در حالی که آب‌گریزی (Hydrophobic) و نفت دوستی (Oleophilic) عوامل تعیین کننده جاذب های خوب هستند. ویژگی دیگر جاذب ها عبارتند از: نگهداری نفت پس از جذب بر حسب زمان، بازیافت نفت از جاذب‌ها، مقدار نفت جذب شده به ازای واحد وزن جاذب، قابلیت احیا و زیست تخریب‌پذیری جاذب‌ها است.



شکل ۱- جاذب ها در دریا برای حذف آلودگی های نفتی

جاذب ها انواع متفاوتی دارند که هر کدام برای کاربرد خاصی مورد استفاده قرار می گیرند. تحقیق درخصوص استفاده از مواد جاذب به منظور حذف مواد نفتی از روی آب دریا هم چنان ادامه دارد و جاذب های متفاوتی تا به امروز برای رفع این معضل کشف شده است. از مزایای جاذب ها می توان به ارزان بودن، آسانی کاربرد آن ها توسط پرسنل حذف لکه نفتی و ظرفیت جذب بالای بعضی از انواع آن ها اشاره کرد. جاذب ها از نظر جنس به سه دسته تقسیم می شوند.

۱- جاذب های طبیعی.

۲- جاذب های طبیعی فرآوری شده.

۳- جاذب های معدنی.

۴- جاذب های سنتزی.

با توجه به انواع جاذب های ذکر شده در بالا، جدول ۲- میزان جذب انواع

جاذب های مختلف بر اساس مراجع را نشان می دهد.

جدول ۲- میزان جذب جاذب های مختلف بر اساس مراجع

ماده جذب	نوع آلودگی	ظرفیت جذب	شکل	مرجع
ضایعات چوب	نفت خام	7x	اسفنجی	[۴۵]
بالی اورتان - ایزواکتان الکل	نفت خام	34/4 x	گرانولی	[۴۶]
پلیمر آکریلات - نیتریل الکل	نفت خام	12 x		[۴۷]
بالی پروپین	نفت خام	7 x		[۴۷]
بالی پروپین	نفت خام سبک	10 x	فیبر/ شیکه	[۴۸ و ۴۹]
بالی پروپین	نفت خام سبک- نفت سنگین	4/5 x	شیکه بدون بافت	[ ۵۰ ]
فیبر سلولزی	گاز سبک نفت سنگین	3/75x 5x	چوبی ورقه‌ای	[ ۵۰ ]
پرلیت	نفت سبک	3/5 x تا	گرانولی	[ ۵۰ ]
پرلیت	نفت سنگین	3/25 x	گرانولی	[ ۵۰ ]
علف پادزهر Milk weed Asclepias	نفت سبک	40 x	گرانولی	[ ۴۸ ]
گرافیت ورقه‌ای	نفت خام	80 x		[ ۵۱ ]
زغال سنگ نارس	نفت خام	6 x	گرانولی	[ ۵۲ ]
امیزه لاستیکی + پلی اولفین	نفت خام	4 x	پودر	[ ۵۳ و ۵۴ ]
خاک رس + NR <sub>4</sub> <sup>+</sup>	سیال عبوری خودکار ATF	6 x	پودر	[ ۵۵ و ۵۶ ]
خاک رس + NR <sub>4</sub> <sup>+</sup>	روغن معدنی	0/5 x	پودر	[ ۵۵ و ۵۶ ]
سلولز	نفت خام	18-22 x		[ ۵۷ ]
بالی ویتیل الکل/ بالی پروپین	روغن موتور	2x	پودر	[ ۵۸ ]
استات سلولز	نفت خام	9x		[ ۵۹ ]
خاکستر اصلاح سطحی شده با CH <sub>3</sub> SiCl <sub>3</sub>	روغن ترمز	0/5 x	پودر	[ ۶۰ ]
سیلیکات کلسیم آبدار	روغن چرخ دنده	4/9 x	پودر	[ ۶۰ ]
سیلیکات کلسیم آبدار	نفت خام	6/3 x	پودر	[ ۶۰ ]
سیلیکا آتروزل اصلاح سطحی شده با CF3	نفت خام	4 تا 16 x	پودر	[ ۶۱ ]
سیلیکا آتروزل اصلاح سطحی شده با CF3	نفت خام	تا 237 x	پودر	[ ۶۲ ]
سیلیکا آتروزل	نفت خام	< 0.1 x	پودر	[ ۶۱ ]
کاه برنج استیله شده	روغن ماشین	16/8 تا 24 x	کاه	[ ۶۳ ]

$X =$  برابر وزن جاذب

جاذب های طبیعی

شامل مواد آلی و معدنی می‌باشند. از جاذب های آلی می‌توان کاه، چوب ذرت و کف را نام برد. به طور نسبی مواد طبیعی ارزان بوده، در دسترس هستند و شدت جذب قابل قبول دارند. بسیاری از جاذب های طبیعی عمل آوری شده اند و به صورت جاذب مخصوص لکه های نفتی در دسترس هستند. این عمل باعث افزایش کارایی

جاذب برای جذب نفت می‌شود. استفاده از مواد آلی طبیعی نظیر کاه، چوب ذرت، پوست برنج، پرها، خرده‌های چوب و پشم به دلایلی مانند زیست تخریب پذیری، تجدیدپذیری، هزینه پایین و اثر کم تر بر اکوسیستم در صورتی که در حین عملیات پاک سازی یک لکه بزرگ رها شوند یا از دست بروند رواج دارند. البته مواد مذکور معایبی نیز دارند که عبارتند از احتمال آتش گیری در حین ذخیره، جذب حشرات به محصولات جانبی چوب که به عنوان جاذب استفاده می‌شوند، ایجاد گرد و غبار و پراکندگی مواد بدون بسته بندی، راندمان جذب کم تری نسبت به جاذب‌هایی از جنس پلی پروپیلن و هم چنین جاذب های معدنی (بیش تر رس‌ها) و جاذب های سنتزی (بیش تر پلی پروپیلن) جاذب های انتخابی در بیش تر موارد هستند.

#### جاذب های طبیعی فرآوری شده

جاذب های طبیعی تا سطح قابل توجهی ارزان بوده، در دسترس هستند و شدت جذب قابل قبول دارند. بسیاری از جاذب های طبیعی عمل آوری می‌شوند. این عمل آوری باعث افزایش کارایی جاذب برای جذب نفت می‌شود، اما قیمت جاذب را نیز افزایش می‌دهد. یکی از این روش ها، استیله کردن گروه هیدروکسیل آزاد موجود در جاذب های مختلف طبیعی مانند کاه، کلش برنج، با گاس به وسیله ایندريد استیک می‌باشد. از کاتالیست های مورد استفاده در این آزمایش می‌توان به ۴ دی میتل آمینو پیریدین (DMAP)، N میتل پیرولیدین (MPO) به عنوان مهم ترین کاتالیست ها اشاره کرد. به عنوان مثال میزان جذب نفت کاه برنج استیله شده به ازای هر ۱ گرم وزن جاذب در حدود 16/82 g/g گزارش شده است.

با افزایش دما و میزان کاتالیست مورد استفاده ظرفیت و قدرت جذب بالا خواهد رفت و از مزایای آن می‌توان به قیمت پایین و ظرفیت جذب بالا و جذب آسان به

دلیل این که کاه استیله شده به طور مشخص دارای خاصیت آب گریزی است و جذب آب پایینی دارد، هم چنین بازپایی نفت از کاه برای چندین مرتبه امکان پذیر است. در نتیجه استیله کردن کاه برنج و دیگر موادی که قابلیت زیست تخریب پذیری دارند، مانند باگاس و دور ریزهای چوب یکی از روش های اقتصادی برای حذف آلودگی های نفتی موجود در آب می باشد. جدول ۳- جذب نفت کاه برنج استیله شده تحت شرایط دمایی مختلف به وسیله کاتالیست ۴- دی میتل آمینو پیریدین (DMAP) را نشان می دهد.

جدول ۳- جذب نفت کاه برنج استیله شده تحت شرایط دمایی مختلف به وسیله

کاتالیست (DMAP) را نشان می دهد

شرایط استیله کردن			کاه استیله شده		
نسبت جامد به مایع (g/ml)	دما °C	مدت زمان واکنش (ساعت)	نسبت کاتالیست به وزن کاه خشک	درصد افزایش وزنی (%)	جذب نفت (g/g)
۱.۲۰	۱۲۰	۰.۵	۰	۱۱.۲	۱۶.۸
۱.۲۰	۱۲۰	۱.۰	۰	۱۱.۸	۱۸.۲
۱.۲۰	۱۲۰	۱.۵	۰	۱۲.۰	۱۸.۷
۱.۲۰	۱۲۰	۲.۰	۰	۱۲.۲	۱۸.۸
۱.۲۰	۱۲۰	۳.۰	۰	۱۲.۴	۱۹.۲
۱.۲۰	۱۲۰	۴.۰	۰	۱۲.۸	۲۰.۱
۱.۲۰	۱۲۰	۰.۵	۱	۱۳.۶	۲۰.۹
۱.۲۰	۱۲۰	۰.۵	۲	۱۳.۸	۲۱.۶
۱.۲۰	۱۲۰	۰.۵	۳	۱۴.۰	۲۱.۸
۱.۲۰	۱۲۰	۰.۵	۴	۱۴.۲	۲۲.۰
۱.۲۰	۱۲۰	۰.۵	۶	۱۵.۰	۲۳.۵
۱.۲۰	۱۲۰	۰.۵	۷	۱۵.۴	۲۴.۰

جاذب های معدنی

آئروژل

آئروژل ها مواد متخلخلی هستند که به وسیله فرایند تغییر و تفکیک سل (محلول چسب دار به ژل) تحت فرایند خشک شدن و در شرایط فوق بحرانی ایجاد می شوند. این مواد اکسید فلزات جامد هستند که حالت اسفنجی باز دارند که این

ساختار به آن ها اجازه نفوذ ترکیبات مختلف به ساختار جامد را می دهد. ترکیب فرایند تغییر و تفکیک سل-ژل و شرایط فوق بحرانی خشک شدن که برای سنتز این مواد به کار می رود به این مواد ویژگی هایی هم چون سطح مقطع زیاد تا حدود  $1000 \text{ m}^2/\text{g}$  و بیش تر را نشان می دهد، که باعث کاربرد این مواد در عایق های حرارتی، میکروفیلتر و جاذب های سطحی نفت می شود. اولین بار سیلیکا آئروژل توسط محلول غلیظ سیلیکات سدیم و پتاسیم به دست آمد. پیشرفت های چشم گیری در تهیه آئروژل ها به وجود آمده است به عنوان مثال استفاده از آلکوکسید باعث حذف مرحله شستشو و مراحل تعویض حلال می شود که به این نحو باعث شتاب دادن به واکنش می شود. علی رغم ویژگی های جاذب سیلیکا آئروژل مسایلی است که قبل از تجاری شدن آن ها باید مورد توجه واقع شود. یکی از این مشکلات و موانع هم راه با آن ها خراب شدن ساختار آن ها به دلیل جذب آب است. جایگزینی الکل با  $\text{CO}_2$  در شرایط بحرانی خشک شدن باعث بهبود وضعیت خواهد شد. به دلیل این که  $\text{CO}_2$  از لحاظ اقتصادی با صرفه تر، ایمن تر و برای استفاده و قابلیت آتش گیری و انفجار هستند و از لحاظ شیمیایی خنثی و دارای دمای بحرانی پایینی هستند. آئروژل هایی که به وسیله  $\text{CO}_2$  تهیه می شوند به دلیل وجود گروه آلکوکسی جانشین روی شبکه سیلیکا قدرت آب گریزی کم تری را دارند. سیلیکا آئروژل هایی که گروه عاملی  $\text{CF}_3$  دارند نیز برای پاک سازی لکه های نفتی کاربرد دارند. خاصیت آب گریزی آئروژل ها با افزایش درجه اصلاحی سطحی به وسیله  $\text{CF}$  افزایش پیدا می کند. آئروژل های اصلاح سطحی شده با  $\text{CF}_3$  خاصیت آب گریزی بیش تری نسبت به سایر آئروژل ها دارند.

## زئولیت

در چند دهه گذشته بیش تر تحقیقات روی سیلیکا با خاصیت آب‌گریزی متمرکز شده است. زئولیت‌ها به عنوان جایگزین برای جذب آلودگی‌های نفتی کاربرد دارند. زئولیت‌ها از نظر گرمایی بسیار پایدار هستند (تا  $30^{\circ}\text{C}$  پایدار هستند) و مانند دیگر ترکیبات آلومینوسیلیکات آن‌ها دارای منافذ مشخصی در حدود  $0.2-0.9\text{nm}$  هستند که مربوط به سطح ویژه آن‌هاست. زئولیت‌های آب‌گریز نسبت به کربن فعال دارای مزیت‌های زیر هستند:

- نیاز به تجهیزات ایمنی کم تر به دلیل این که زئولیت‌ها آتش‌گیر نیستند.
  - به وسیله بخار می‌توان آن‌ها را احیای مجدد کرد یا به وسیله کلسینه کردن در دمای بالا.
  - جذب رطوبت کم تری نسبت به کربن فعال دارند. کربن فعال در حدود  $70\%$  جذب رطوبت می‌کند و زئولیت در حدود  $50\%$  جذب رطوبت دارد.
- یکی از معایب زئولیت‌های آب‌گریز ظرفیت جذب کم تر آن‌ها نسبت به کربن فعال است. اصلاح سطحی زئولیت‌ها به وسیله حذف آلومین صورت می‌گیرد. عوامل سیلیس‌دار کننده زیادی برای اصلاح سطحی زئولیت‌ها مانند آلکیل کلروسیلان و آمینوسیلان وجود دارد. اصلاح سطحی زئولیت باعث خاصیت آب‌گریزی در آن‌ها می‌شود. زئولیت‌های آب‌گریز قادر به جدا کردن ترکیبات فرار آلی هستند. بسیاری از محققین بر خواص جذب نفت زئولیت‌ها در مخلوط آب و نفت مطالعه کردند. قابل توجه است که زئولیت‌هایی با کیفیت جذب بالای آب و نفت و تعویض یون به سادگی به وسیله مواد ارزانی هم چون خاکستر آتشفشانی و دیگر مواد جامد که دارای سیلیکا و آلومینیوم هستند قابل تهیه هستند و به عنوان جاذب نفتی مورد استفاده قرار می‌گیرند.



از خاکستر آتشفشانی نیز می‌توان به عنوان تصفیه آب های فاضلاب و آب های آلوده به مواد نفتی استفاده نمود. ژئوپلیمرها حالت بدون شکل و نیمه کریستال سه بعدی و ساختار سیلیکواآلومینات شبیه به ژئولیت‌های آلومینو سیلیکات دارند. و سطح آن ها ۱ تا ۲ برابر بزرگ تر از ژئولیت‌هاست و پایداری حرارتی آن ها در حدود (1000- 1200) °C است. اصلاحات سطحی بر روی ژئوپلیمرها آن ها را تبدیل به یک جاذب نفتی خوب می‌کند، مثل ژئولیت‌ها، ژئوپلیمرها هم گاهی، از مواد ارزات صنعتی و ضایعات صنعتی که دارای آلومینیوم و سیلیسیم هستند تهیه می‌شوند. مانند خاکستر آتشفشانی، خاک، دورریزهای معدنی و ساختمانی مانند مواد رسی که می‌توان کائولینیت و متاکائولینیت ها را نام برد.

### خاک های معدنی

خاک های معدنی که شامل ذرات کوچک کریستالی که از ورق های چهاروجهی سیلیکا تشکیل شده اند (یون های سیلیکون که به صورت چهاروجهی با اتم های اکسیژن پیوند تشکیل داده‌اند) و ورق های هشت وجهی که یون های آلومینیوم و منیزیم به صورت هشت وجهی با شش مولکول اکسیژن و هیدروکسیل پیوند دارند. خاک های معدنی با جایگزینی یون های سیلیکون به جای یون های آلومینیوم در شبکه چهار وجهی و جایگزینی به وسیله یون های منیزیم و دیگر کاتیون هایی که از لحاظ اندازه برابر هستند و در لایه هشت وجهی به بار خنثی می‌رسند. به این طریق به دلیل خنثی بودن سطحی این مواد یون های سدیم و پتاسیم و کلسیم به عنوان کاتیون های جایگزین می‌توانند به سطح این مواد معدنی جذب شوند. این کاتیون ها قابل تعویض با کاتیون های دیگر موجود در خاک های معدنی مثل مواد معدنی و کاتیونهای فلزی هستند. مواد قطبی آلی (مثل الکل، آمین، کتون) به لایه

خارجی سطحی خاک های معدنی جذب می شوند. همین طور می توانند در فضای بین سطحی قرار بگیرند که یکی دیگر از کاربردهای خاک های معدنی به شمار می رود.

هم چنین از خاک های معدنی می توان به عنوان جاذب سطحی برای مواد آلی در فاز آبی به صورت کنترل شده در مصارف کشاورزی استفاده کرد. هرچند خاک های معدنی تمایل بیشتری برای جذب مواد معدنی نسبت به مواد آلی از خود نشان می دهند که این به دلیل اندازه بزرگتر مواد آلی است و خاصیت آب دوستی ترکیبات خاک های معدنی که به این مواد اجازه می دهد سطح خاک های معدنی را به وسیله مولکولهای قطبی آب در بر گیرند که این باعث کاهش حلالیت گونه های آلی که در آب قابل حل هستند می شود، در نتیجه برای افزایش خاصیت آب گریزیدر خاک های معدنی نیاز به افزایش خاصیت لغزش بین لایه ای در ترکیبات معدنی است. کاتیون های آمونیوم چهار ظرفیتی مانند هگزا دسیل تری میتل آمونیوم (HDTMA) با خاک های معدنی واکنش می دهند و جایگزین ترکیب های معدنی در سطح برای تشکیل یک فاز ثابت می شوند. به دلیل اندازه بزرگ کاتیون های HDTMA که جایگزین کاتیون های دیگر هستند، فاصله بین لایه ای (فاصله اصلی) مواد معدنی افزایش و باعث ایجاد فضای اضافی بین لایه ای در مواد که این باعث جذب مواد آلی می شود. به عبارت دیگر ویژگی خاک های معدنی تغییر می کند و مولکول های آب کم تری را جذب می کنند و این باعث تغییر خصوصیت آن ها می شود. این چنین خاک های معدنی که اصلاح سطحی روی آن ها توسط کاتیو های چهار ظرفیتی مانند سدیم، پتاسیم و کلسیم است، به نام خاک های ارگانیک گفته می شوند. معمول ترین آمین چهار ظرفیتی مورد استفاده دی میتل (هیدروژنه) است که شامل مولکول های بنزیل نیز می باشد. از زنجیره های بلند آمین های چهار ظرفیتی در حدود ۱۸-۱۲ اتم کربن برای اصلاح سطحی خاک های معدنی استفاده می شود. خاک های معدنی رسی از جاذب های معدنی مورد استفاده در

حذف لکه های نفتی به شمار می‌روند. هم چنین استفاده از خاک های بنتونیت اصلاح سطحی شده به وسیله دی میتل (دی هیدروژنه) ترکیبات آروماتیک را از آب های دارای نفت پاک سازی می‌کند. ترکیبات دانه‌ای خاک های معدنی در حذف آلودگی‌های نفتی از روی آب موثرتر از کربن فعال هستند. مشکل بسته شدن منافذ که در کربن فعال وجود دارد در کربن فعال وجود دارد در خاک های معدنی چنین مشکلی وجود ندارد و خاک های معدنی با شکل دانه ای حدود ۷ برابر و یا بیش تر از کربن فعال نفت را جذب می‌کنند که این مقدار بسته به نوع نفت مقدار متفاوتی خواهد بود. خاک های معدنی به عنوان ماده مکمل، هم راه با کربن فعال و هم چنین برای پایین آوردن هزینه پاک سازی لکه نفتی به کار می‌روند. استفاده از خاک های معدنی به همراه کربن فعال در مواردی توصیه می‌شود که مقدار آلودگی نفتی در آب بسیار پایین است. از مخلوط دانه‌های انواع خاک معدنی بنتونیت و مخلوط آنتراسیت در تصفیه آب های آلوده به مواد نفتی استفاده می‌شوند. از ویژگی بارز خاک های معدنی می‌توان به وجود ترکیب آهن و خواص آب گریزی آن ها اشاره کرد که آن ها را ماده‌ای مناسب برای پاک سازی لکه های نفتی از روی آب می‌کند. از خاک های معدنی برای حذف ترکیبات فریت و کبالت از روی آب نیز استفاده می‌شود. چه آن که سطح این ترکیبات به وسیله سدیم اشباع می‌شود به این وسیله نانوذرات به وسیله مراحل تعویض یونی بر روی سطح خارجی خاک های معدنی جذب می‌شوند. به طور معمول خاک های معدنی در جایی که هزینه کم و حداقل آموزش در مورد کاربرد مواد جاذب نیاز است به کار می‌روند. معایب مواد معدنی، راندمان پایین، محتوای سیلیکای بالا و مقادیر زیاد ضایعات تولیدی می‌باشد.

## پرلیت

از دیگر مواد معدنی می‌توان به کاربرد گرافیت ورقه‌ای و پرلیت و کربن فعال در حذف آلودگی‌های نفتی اشاره کرد. پرلیت یکی از جاذب‌های صنعتی می‌باشد که به فراوانی در معادن یافت می‌شود. از ویژگی بارز پرلیت می‌توان به دانسیته کم (200-40 kg/m<sup>3</sup>) (فضای تخلخل زیاد بیش از ۹۰٪) ساختار لایه لایه ای آن، پخش شدن سریع پرلیت روی نفت، نفوذپذیری بالا و جمع آوری آسان آن اشاره کرد. پرلیت بلافاصله بعد از جذب نفت به صورت لخته روی سطح آب شناور می‌ماند که جمع آوری آن از روی سطح آب را به آسانی امکان پذیر می‌کند. فرایند جذب لکه نفتی توسط پرلیت از نوع جذب سطحی است که به شدت بستگی به نوع ماده جاذب، سطح تماس، ساختار آن مقدار و ترکیب ماده آلی دارد، در فرایند جذب سطحی، جذب از نوع جذب فیزیکی می‌باشد. خاصیت آب‌گریزی پرلیت باعث برتری این جاذب برای کاربرد آن در محیط‌های آبی می‌شود.

## کربن فعال

کربن فعال به طور گسترده‌ای برای جذب ترکیب‌های آلی و به ویژه برای جداسازی ترکیب فرار آلی مورد استفاده قرار می‌گیرد. از مزایای کربن فعال می‌توان به قابل دسترس بودن و تهیه آن از بسیاری از کارخانه‌ها و قدرت جذب بالای آن اشاره کرد. با توجه به مزایای کربن فعال از معایب این جاذب می‌توان به خطر آتش‌گیری، بسته شدن منافذ به دلیل پلیمریزاسیون کاتالیست‌ها به وسیله خاکسترهای موجود بر سطح کربن فعال اشاره کرد ولی با استفاده از ترکیب دو ماده خاک‌های آلی و کربن فعال ظرفیت جذب نفت را بالا می‌برند. بنابراین مخلوط کردن کربن فعال و دیگر مواد متخلخل مانند سیلیکا آئروژل، زئولیت و ژئوپلیمرها می‌توانند به عنوان جاذب آلودگی

نفتی مورد استفاده قرار گیرند، هم چنین این مواد قدرت و جذب نفت را نیز دارا هستند.

### جاذب های سنتزی

پلی پروپیلن و پلی یورتان متداول ترین مواد سنتزی آلی در حذف آلودگی های نفتی به شمار می آیند. دلیل این پدیده خاصیت نفت دوستی و آب گریزی آن ها و همین طور وزن سبک این ترکیب هاست. فرم شبکه ای باز پلی یورتان این فوم ها را قادر می سازد تا چند برابر وزن خود، نفت را از محلول آب و نفت جذب کنند، که این موضوع مستلزم اصلاحات سطحی است که باید روی شبکه فوم پلی یورتان انجام شود. پلی پروپیلن یک جاذب سنتزی با راندمان بالاست و نسبت به جاذب های معدنی دورریزهای کم تری را ایجاد می کند. مزیت دیگر پلی پروپیلن، قیمت بالای آن، عدم زیست تخریب پذیری و سطح بالاتر آموزش مورد نیاز برای پرسنل در خصوص کاربرد آن برای حذف لکه نفتی می باشد. مواد جاذب ممکن است با ترکیبات آب گریز و نفت دوست به منظور بهبود عملکرد جاذب ها عمل آوری شوند. ترکیبات نفت دوست تمایل به جذب نفت دارند. در حالی که ترکیبات آب گریز آب را دفع می کنند. این نوع عمل آوری ها از آن جایی که به شناوری جاذب ها بر روی آب نیز کمک می کنند، مفید می باشد.

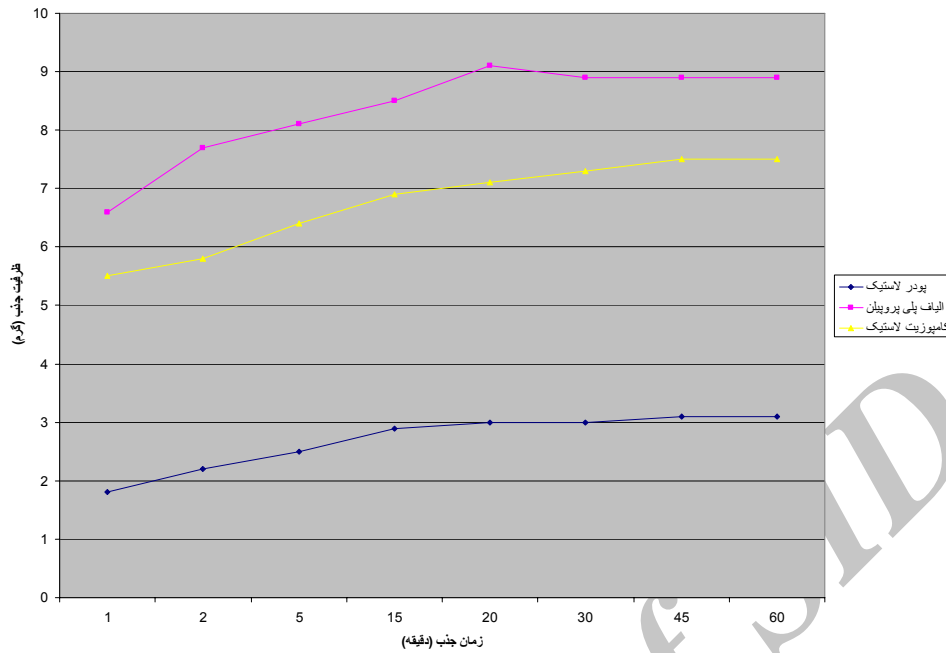
از دیگر مواد سنتزی که در سال های اخیر در حذف لکه های نفتی مورد توجه قرار گرفته است، ضایعات لاستیک و آمیزه های لاستیکی است که با توجه به تولید ضایعات جهانی لاستیک که در حدود ۳۱ میلیون تن در سال تخمین زده شده است، و با گسترش صنایع لاستیک، میزان این ضایعات تولیدی رو به افزایش است و هم چنین با توجه به خاصیت ذاتی پودر لاستیک در جذب هیدروکربن های مایع و گاز استفاده از

ترکیبات لاستیکی در جذب لکه‌های نفتی می‌تواند یکی از راه‌حل‌های مناسب و یکی از ارزان‌ترین روش‌های بازیافت این ماده در صنعت باشد. در این تحقیق با توجه به ASTM D95 و محاسبه از رابطه میزان جذب آب پودر لاستیک  $2.8 \pm 0.2$  گرم، میزان جذب آب الیاف پلی پروپیلن  $5.5 \pm 0.29$  گرم و میزان جذب آب برای کامپوزیت الیاف پلی پروپیلن/پودر لاستیک  $3.6 \pm 0.31$  به دست آمد. با توجه به ASTM F72-99 و محاسبه میزان جذب نفت از رابطه  $Ss/So$  میزان جذب نفت خام برای ۱ گرم پودر لاستیک  $3.0 \pm 0.28$  گرم و میزان جذب نفت خام الیاف پلی پروپیلن/پودر لاستیک  $7.4 \pm 0.31$  گرم به دست آمد. جهت ارزیابی متغیر مدت زمان تماس در میزان جذب جاذب‌ها میزان جذب ۱ گرم نمونه جاذب‌های مختلف برای دو نمونه نفت خام آسماری (HCO) و نمونه نفت خام امیدیه (LCO) در مدت زمان ۱ ساعت مورد بررسی قرار گرفت. جدول ۴- و نمودار ۱- میزان جذب نفت سه نمونه جاذب در مدت زمان یک ساعت برای نمونه نفت خام آسماری (HCO) را نشان می‌دهد.

Archive of SID

جدول ۴- میزان جذب نفت سه نمونه جاذب برای نمونه نفت خام آسماری

جاذب	زمان (min) نتایج	1	2	5	15	20	30	45	60
		پودر لاستیک	جذب نفت (g)	1.8	2.2	2.5	2.9	3	3
	درصد بازیابی (l)	12	14.6	16.6	19.3	20	20	20.6	20.6
	انحراف استاندارد	0.21	0.25	0.36	0.32	0.28	0.26	0.29	0.27
الیاف پلی پروپیلن	جذب نفت (g)	6.6	7.7	8.1	8.5	9.1	8.9	8.9	8.9
	درصد بازیابی (l)	44	51.3	54	56.6	60	59	59	59
	انحراف استاندارد	0.28	0.36	0.26	0.30	0.28	0.31	0.26	0.27
کامپوزیت لاستیک والیاف پلی پروپیلن	جذب نفت (g)	5.5	5.8	6.4	6.9	7.1	7.3	7.5	7.5
	درصد بازیابی (l)	36.6	38.6	42.6	46	47.3	48.6	50	50
	انحراف استاندارد	0.35	0.27	0.36	0.31	0.34	0.36	0.34	0.35



نمودار ۱- میزان جذب نفت خام سه نمونه جاذب برای نمونه نفت خام آسماری

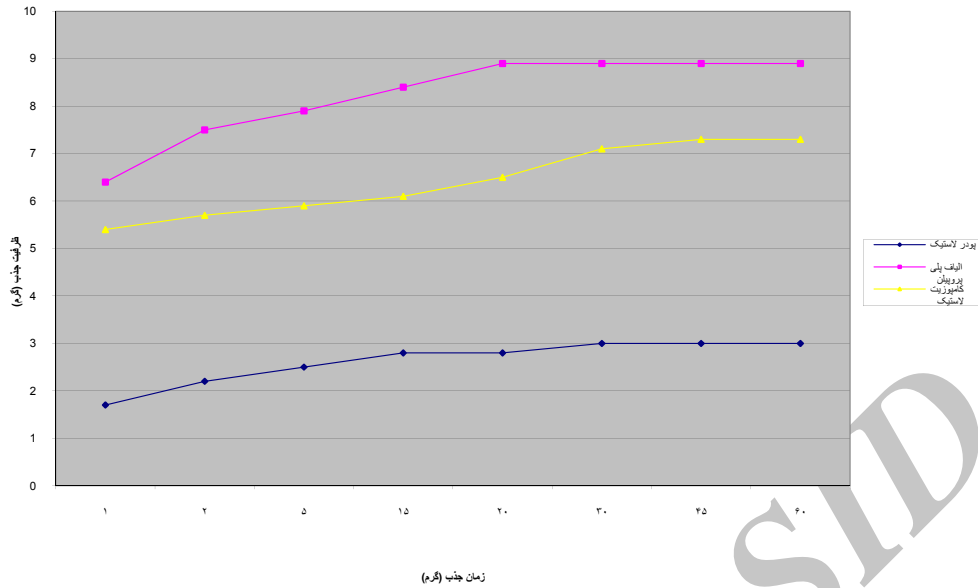
در این آزمایش پودر لاستیک در ۱ دقیقه اول آزمایش  $1.8 \pm 0.21$  گرم نفت جذب می کند و بعد از ۴۵ دقیقه بعد از شروع آزمایش میزان جذب آن به  $3.1 \pm 0.29$  گرم می رسد و هیچ گونه تغییری تا پایان واکنش ندارد. الیاف پلی پروپیلن در دقیقه اول آزمایش  $6.6 \pm 0.28$  گرم نفت جذب می کند و ۲۰ دقیقه پس از شروع مقدار آن به  $9.1 \pm 0.28$  می رسد و بعد از گذشت ۳۰ دقیقه میزان جذب آن به  $8.9 \pm 0.28$  کاهش و تا پایان واکنش ثابت می ماند. از معایب الیاف پلی پروپیلن جذب بالای آب و عدم توانایی نگهداری نفت جذب شده است. کامپوزیت لاستیک /الیاف پلی پروپیلن در ۲ دقیقه اول واکنش حدود  $5.5 \pm 0.35$  گرم نفت جذب می کند و ۴۵ دقیقه پس از واکنش میزان جذب آن به  $7.5 \pm 0.34$  می رسد و تا پایان واکنش مقدار ثابتی دارد. ویسکوزیته بالای



نفت خام بر نفوذ نفت در منافذ ماده جاذب و ماندگاری در آن کمک می کند. جدول ۵-۱ و نمودار ۲- میزان جذب نفت سه نمونه جاذب در مدت زمان یک ساعت برای نمونه نفت خام امیدیه (LCO) را نشان می دهد.

جدول ۵- میزان جذب نفت سه نمونه جاذب برای نمونه نفت خام امیدیه

جاذب	زمان (min) نتایج	1	2	5	15	20	30	45	60
		پودر لاستیک	جذب نفت (g)	1.7	2.2	2.5	2.8	2.8	3
	درصد بازیابی (%)	11.3	14.6	16.6	19	19	20	20	20
	انحراف استاندارد	0.36	0.28	0.39	0.26	0.28	0.27	0.28	0.26
الیاف پلی پروپیلن	جذب نفت (g)	6.4	7.5	7.9	8.4	8.7	8.8	8.5	8.5
	درصد بازیابی (%)	42.6	50	52.6	56	59.3	59.3	59.3	59.3
	انحراف استاندارد	0.28	0.30	0.26	0.34	0.23	0.28	0.33	0.23
کامپوزیت لاستیک و الیاف پلی پروپیلن	جذب نفت (g)	5.4	5.7	5.9	6.1	6.5	7.1	7.3	7.3
	درصد بازیابی (%)	36	38	39.3	40.6	43.3	47.3	48.6	48.6
	انحراف استاندارد	0.28	0.3	0.23	0.26	0.21	0.26	0.28	0.29



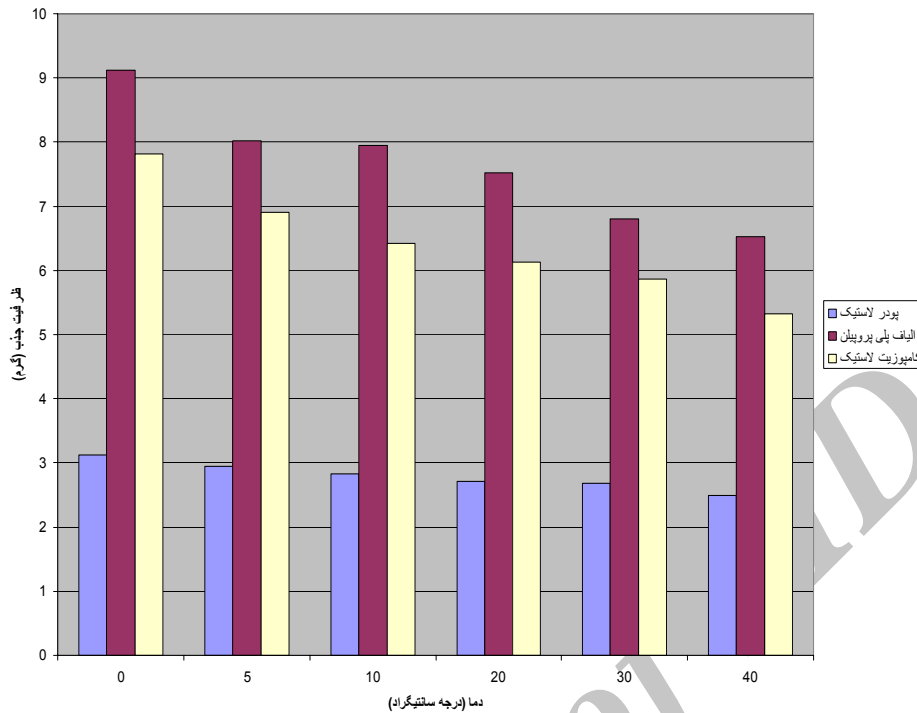
نمودار ۲- میزان جذب نفت خام سه نمونه جاذب برای نمونه خام امیدیه

در این آزمایش پودر لاستیک در دقیقه اول آزمایش  $۱,۷ \pm ۰,۳۶$  گرم نفت جذب می کند بعد از ۳۰ دقیقه این مقدار به  $۳ \pm ۰,۲۷$  می رسد و تا پایان واکنش این مقدار ثابت باقی می ماند. الیاف پلی پروپیلن در دقیقه اول واکنش  $۶,۴ \pm ۰,۲۸$  گرم نفت جذب می کند. بعد از ۴۵ دقیقه جذب آن  $۸,۵ \pm ۰,۳۳$  می رسد و تا پایان واکنش ثابت می ماند. کامپوزیت پودر لاستیک /الیاف پلی پروپیلن در دقیقه اول واکنش  $۵,۴ \pm ۰,۲۸$  گرم نفت جذب می کند و ۴۵ دقیقه پس از شروع واکنش، مقدار آن به  $۷,۳ \pm ۰,۲۸$  گرم می رسد، تا پایان جذب مقدار آن ثابت باقی می ماند. در نوع نفت هایی با ویسکوزیته پایین نفت جذب شده توسط جاذب بعد از خارج کردن جاذب از آب به سرعت خارج می شود و این باعث کاهش جذب در نفت های با ویسکوزیته پایین خواهد شد. جدول ۶- و نمودار ۳- اثرات دما در محدوده  $۰\text{ }^{\circ}\text{C}$  -  $۴۰\text{ }^{\circ}\text{C}$  بر میزان جذب نفت

سه نمونه جاذب را نشان می دهد.

جدول ۶- اثر دما بر میزان جذب سه نمونه جاذب

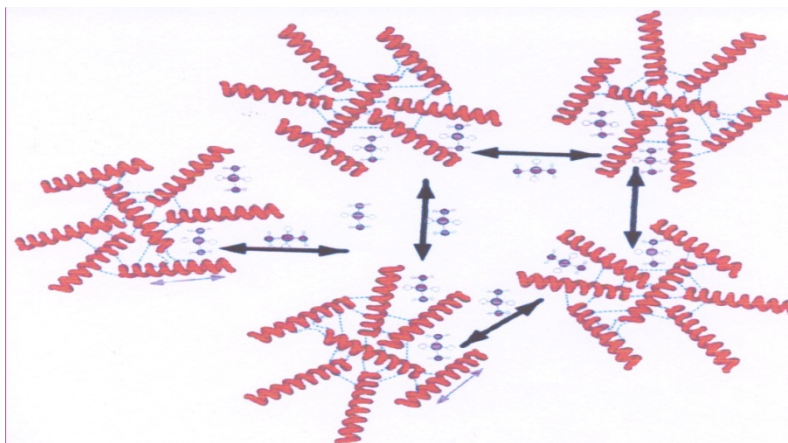
جاذب	دما (°C)	0 °C	5 °C	10 °C	20 °C	30 °C	40 °C
	نتایج						
پودر لاستیک	جذب نفت (g)	3.12	2.94	2.83	2.71	2.69	2.50
	درصد بازیابی (%)	20.8	19.6	18.8	18.0	17.9	16.6
	انحراف استاندارد	0.28	0.31	0.33	0.32	0.35	0.30
الیاف پلی پروپیلن	جذب نفت (g)	9.12	8.02	7.94	7.52	6.81	6.53
	درصد بازیابی (%)	60.8	53.4	52.9	50.1	45.4	43.5
	انحراف استاندارد	0.29	0.30	0.32	0.34	0.35	0.32
کامپوزیت لاستیک و الیاف پلی پروپیلن	جذب نفت (g)	7.81	6.91	6.42	6.13	5.86	5.32
	درصد بازیابی (%)	52.0	46.0	42.8	40.8	39.0	35.4
	انحراف استاندارد	0.31	0.33	0.30	0.34	0.32	0.30



نمودار ۳- اثرات دما در محدوده  $0^{\circ}\text{C}$  -  $40^{\circ}\text{C}$  بر میزان جذب نفت سه نمونه

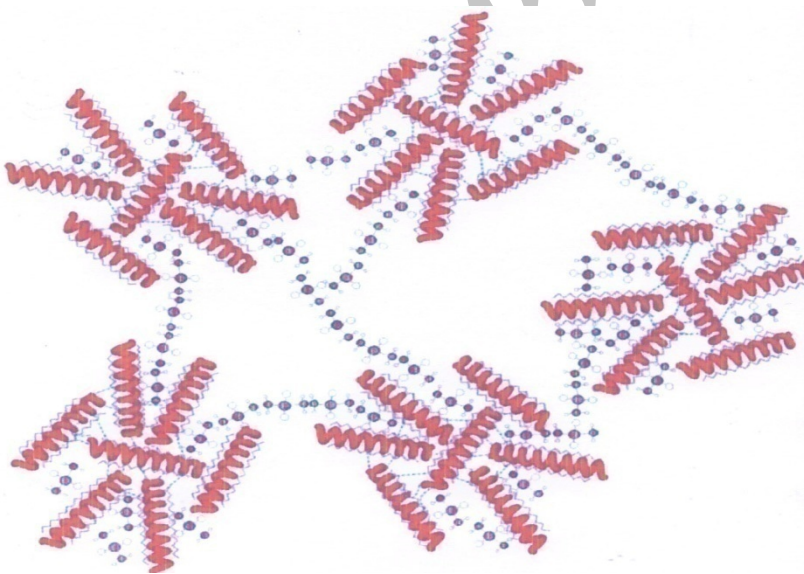
با توجه به نتایج به دست آمده تمام جاذب ها بیشترین جذب را در دمای  $0^{\circ}\text{C}$  از خود نشان دادند. پودر لاستیک در دمای  $0^{\circ}\text{C}$  در حدود  $3.1 \pm 0.28$  گرم، الیاف پلی پروپیلن  $9.1 \pm 0.29$  گرم و کامپوزیت الیاف پلی پروپیلن/پودر لاستیک به میزان  $7.8 \pm 0.31$  گرم نفت جذب کردند. با توجه به این که پدیده واجذب در دمای بالا رخ می دهد افزایش دما منجر به کاهش جذب نفت خواهد شد. کاهش دما باعث ویسکوز شدن نفت و افزایش ویسکوزیته باعث افزایش جذب نفت توسط جاذب ها خواهد شد و در نتیجه با توجه به رابطه میزان جذب نفت و دما بهتر است پاک سازی لکه های نفتی در آب و هوای سرد یا معتدل به منظور افزایش میزان جذب صورت گیرد. در این تحقیق سه جاذب پودر لاستیک، الیاف پلی پروپیلن و کامپوزیت پودر لاستیک / الیاف

پلی پروپیلن به منظور تعیین توانایی آن ها در حذف آلودگی های نفتی از روی آب بررسی شدند. نفت امیدیه (LCO) که دارای دانسیته و ویسکوزیته پایین تری بود جذب کم تری را نسبت به نفت آسماری (HCO) که دانسیته و ویسکوزیته بالاتری داشت نشان داد. در بین جاذب های مور آزمایش پلی پروپیلن با جذب  $8,9 \pm 0,29$  گرم نفت بیش ترین میزان جذب نفت را داراست. بعد از پلی پروپیلن، کامپوزیت لاستیکی با جذب حدود  $7,4 \pm 0,31$  گرم و پودر لاستیک دارای میزان جذب قابل قیاس و کم تر نسبت به دو مورد قبل و در حدود  $3,1 \pm 0,28$  گرم است. الیاف پلی پروپیلن میزان جذب نفت بالایی دارد و از معایب آن می توان به عدم توانایی نگهداری نفت جذب شده که در آزمایش الیاف پلی پروپیلن مشاهده شد اشاره کرد. کامپوزیت لاستیکی نسبت به دو جاذب دیگر از ظرفیت جذب بالاتری نسبت به زمان برخورد است. پودر لاستیک به کار رفته در کامپوزیت به علت عدم تخریب پذیری و از دست ندادن خاصیت لاستیک توانایی استفاده مجدد از کامپوزیت های لاستیکی را فراهم می کند. نیروهای موئینگی و جذب باعث افزایش حجم و کشش در بین ذرات لاستیک می شود که این پدیده باعث متورم شدن مولکول ها و اجازه نفوذ مولکول های هیدروکربنی و اشغال فضای شبکه ای مولکولی می شود.



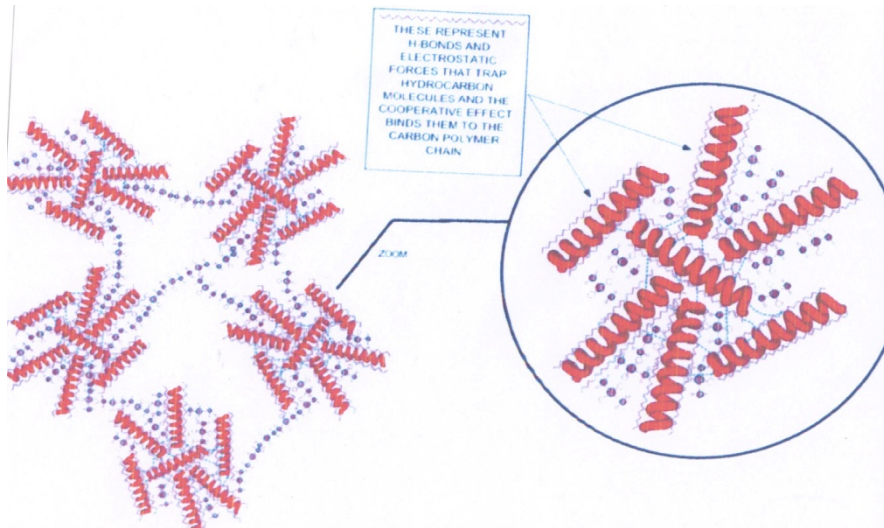
شکل ۲- نفوذ مولکول های هیدروکربنی و اشغال فضای بین شبکه ای ذرات لاستیک

در ادامه شکل ۳- ذرات پودر لاستیک که توسط مولکول های هیدروکربن اشباع شده اند را نشان می دهد.



شکل ۳- ذرات پودر لاستیک اشباع شده توسط مولکول های هیدروکربنی

و شکل ۴، به دام افتادن نفت در فضای بین شبکه ای لاستیک به وسیله اثر توام نیروهای مولکولی و هم چنین پیوند های هیدروژنی، واندروالس و نیروهای الکتروستاتیک را نشان می دهند.

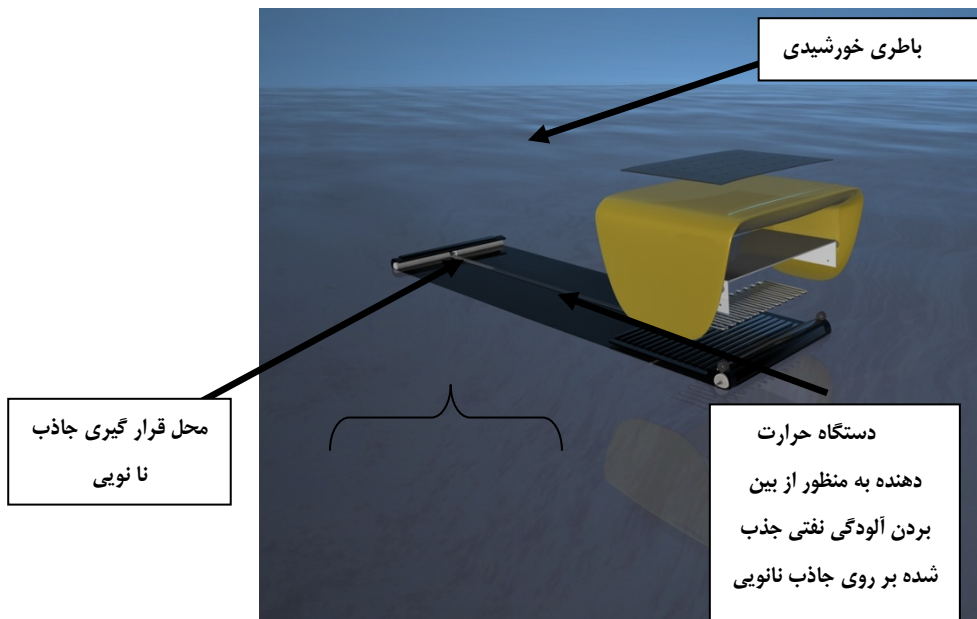


شکل ۴- نفت در فضای بین شبکه ای ذرات لاستیک

با توجه به مسایل اکولوژیکی و محیط زیستی هم راه بآلودگی های نفتی و مشکلات مالی هم راه با پاک سازی لکه های نفتی، یکی از ایده آل ترین راه حل ها برای صنایع جستجو کردن مواد دورریز ضایعاتی و ارزان قیمت است که یکی از این مواد دورریزهای لاستیکی است و با توجه به این که استفاده از پودر لاستیک به عنوان جاذب نفتی می تواند به عنوان یکی از ارزان ترین و آسان ترین روش های بازیافت لاستیک باشد. همین طور استفاده از پودر لاستیک در کامپوزیت های لاستیکی باعث بهبود در خواص جذب الیاف پلی پروپیلن می شود. الیاف پلی پروپیلن نسبت به پودر لاستیک جاذب گران تری است که استفاده از لاستیک باعث کاهش قیمت جاذب به کار رفته و کارایی جذب بالاتر خواهد شد.

بهترین راه حل استفاده از فن آوری جاذب نانویی در از بین بردن آلودگی نفتی در

دریای پارس



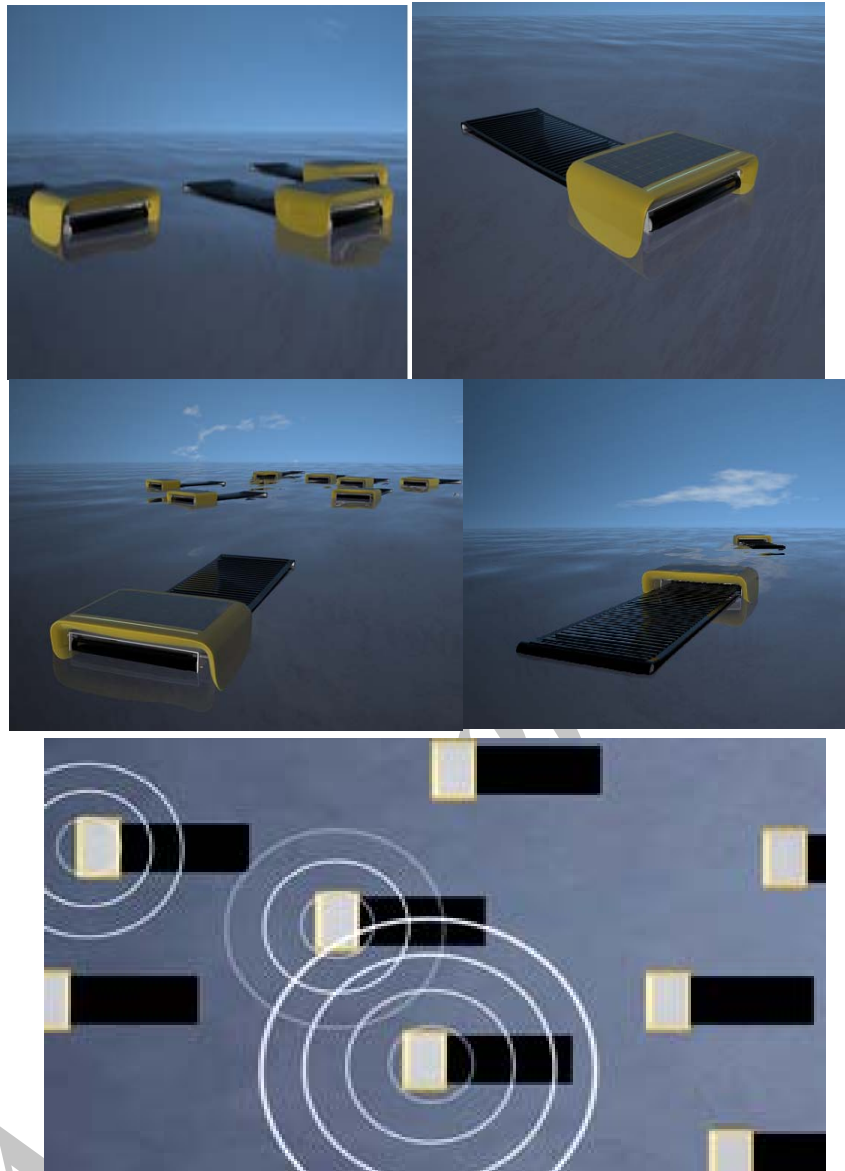
شکل ۵ - نمایی شماتیک از وسیله ای که در آن جاذب نانویی نصب می شود را نمایش می دهد.

### چکیده طرح :

می توان یک پاک کننده ( جاذب ) نانویی شبیه نوار نقاله مسطحی ساخته که بتواند مؤثرتر از هر جاذب که تاکنون استفاده شده است، نفت خام ریخته شده در سطح آب دریاها را جمع آوری کند. نکته کلیدی در این فن آوری، استفاده از یک روکش شبکه ای دفع کننده آب حاوی نانوذرات است که روی یک نوار نقاله ایجاد شده است.



نکته مهم دیگر این است که این جاذب می‌تواند به طور خودگردان کار کند؛ اما این وسیله پاک کننده چگونه کار می‌کند؟ هر جاذب پاک کننده نانویی ۲ تا ۵ متری در داخل دستگاهی برای جمع‌آوری نفت خام از روی سطح آب از نوار نقاله خود استفاده می‌کند و در همان حال خود را به سمت جلو می‌راند قرار می‌گیرد این دستگاه با کمک حس گرهای شناساگر نفت خام و GPS می‌توانند مسیر خود روی سطح آب دریا را پیدا کنند و همانند کپه‌ای از هزارپاهای گرسنه روی یک ورقه، به نفت خام حمله و آن را جذب کنند. نوار نقاله این جاذب دارای یک روکش شبکه‌ای دفع‌کننده آب حاوی نانوذرات است. اگر دست خود را روی این نانوماده بکشید، احساس می‌کنید که نرم است. یک اسفنج را تصور کنید که دارای خلل و فرج بسیار ریزی است. این نانو ماده مختص جذب نفت خام نیست، بنابراین به طور بالقوه می‌تواند به خوبی برای تمیز کردن انواع دیگری از مواد شیمیایی از سطح آب استفاده شود. می‌توان تخمین زد که این روکش شبکه‌ای (جاذب) حاوی نانوذرات که قابل استفاده مجدد نیز است، می‌تواند تا ۲۰ برابر وزن خود نفت خام را جذب کند. این روکش شبکه‌ای (جاذب) را با گرم کردن به منظور سوختن نفت خام، می‌توان تمیز کرد و دوباره مورد استفاده قرار داد. هر یک از این وسیله‌ها به وسیله یک پانل خورشیدی دو متر مربعی توان می‌گیرد و طوری طراحی شده است که با یک توان ۱۰۰ واتی رانده می‌شود. دلیل این‌که این وسیله پاک کننده مسطح طراحی شده نیز این است که برای جلوگیری از واژگون شدن باید به سطح آب بچسبد و همراه با امواج حرکت کند

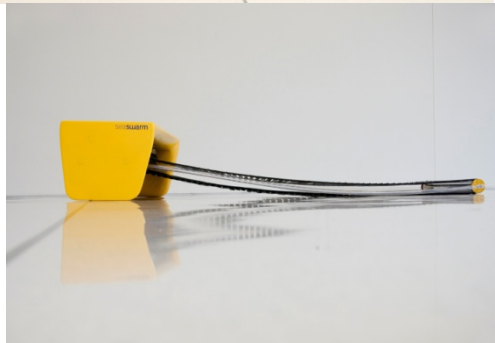


شکل ۶- نمایی از کار گروهی در قالب یک ناوگان، این وسیله پاک کننده در منطقه آلودگی را به منظور از بین بردن آلودگی نشان می دهد



شکل ۷ - نمایی از این وسیله پاک کننده را در آب نشان می دهد

Archiv



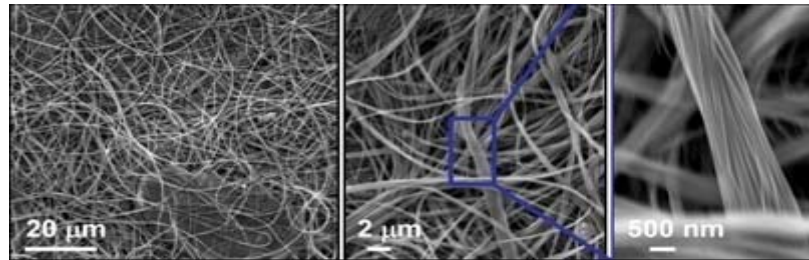
شکل ۸ - نمایی از این وسیله پاک کننده را در خشکی نشان می دهد

### اطلاعات فنی دستگاه پاک کننده :

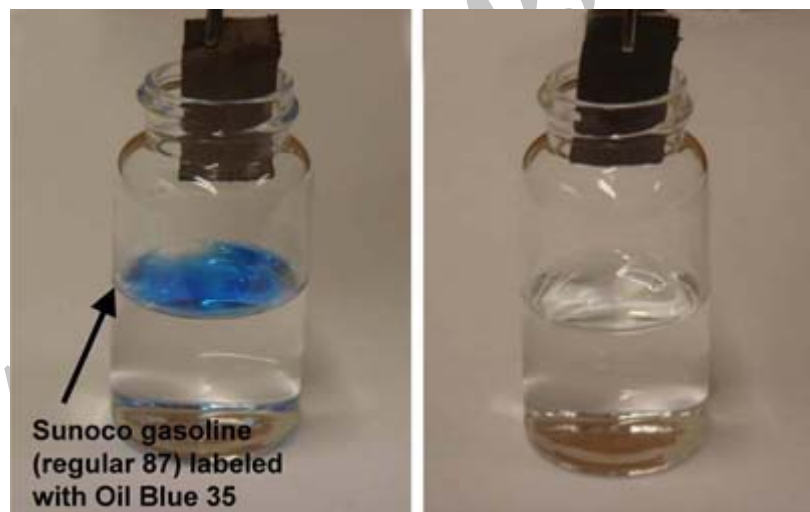
هر وسیله پاک کننده متشکل از یک سر پوشیده شده که توسط یک لایه سلول های فتو ولتائیک و نوار نقاله پوشیده توسط از الیاف نانویی (Nanowire) است می باشد. سلول های فتو ولتائیک انرژی الکتریکی کافی برای کار و حرکت رو به جلو ربات را برای هفته ها ایجاد می نماید. درحالی که شناور در آب حرکت می کند نوار نقاله به صورت مداوم چرخیده و آلودگی را جذب می کند. نوار پوشیده شده توسط الیاف نانویی تحت فشار قرار می گیرد تا مواد نفتی را دفع کند. زمانی که قسمت پاکیزه نوار از قسمت سر بیرون می آید به سرعت جذب مواد نفتی را شروع نموده در نتیجه مرحله جذب مواد نفتی مداوم و موثر خواهد بود.

این فرآیند ساده تر و موثرتر از تکنولوژی های موجود اسکیمرها می باشد چرا که این ربات ها به صورت خودکار عمل نموده و نیازی به بازگشت به ساحل برای نگهداری و تعمیرات ندارد. چنان چه این ربات ها به صورت گروهی به کار گرفته شوند می توانند سطح وسیعی از آلودگی را تحت پوشش قرار دهند و با برقراری ارتباط با یکدیگر و هم چنین با ارتباط با مسوولین در خشکی، می توانند عملیات جمع آوری خود را هم آهنگ نمایند. با توجه به ابعاد 16\*17 فوت، این ربات ها می توانند به مناطقی که دسترسی به آن ها سخت می باشد مانند خط ساحلی و مصب رودها دست یابد. در این وسیله یا ربات پاک کننده از تکنولوژی پارچه های متشکل از الیاف نانویی با قابلیت جذب مواد نفتی تا ۲۰ برابر وزن خود، استفاده شده است که پس از جذب مواد و مشتقات نفتی می توان با حرارت دادن پارچه مواد نفتی را زدود. زمانی که مواد نفتی زدوده شدند، شبکه الیاف نانویی می توانند به صورت مجدد مورد استفاده قرار گیرند. شبکه الیاف نانویی به قدری نازک می باشد که پارچه شبیه به کاغذ به نظر می آید. خاصیت

بی وزنی به تیم در مطرح شدن ایده ساخت وسیله ای که می تواند به آرامی روی سطح آب سر بخورد کمک نمود. مانند یک حوله کاغذی، این وسیله پاک کننده از این نانو مواد برای جذب پیوسته مواد نفتی استفاده می نماید در شکل های زیر نمونه هایی از این الیاف نانویی تشریح شده است.



شکل ۹- شبکه الیاف نانویی پشت ماده جدید جاذب نفت و سایر آلاینده ها به صورت بزرگ نمایی در شکل بالا نشان داده شده است.



شکل ۱۰- ماده جدیدی که برای جذب نفت و سایر آلاینده های آلی تولید شده است.

در این جا ماده مذکور برای زدودن لایه ای از بنزین (آبی رنگ) در ظرفی از آب نشان داده شده است.

### نتیجه گیری :

با توجه به این که در حال حاضر پتانسیل خود پالایی دریاها قادر به حذف آلودگی‌های بیش از حد ناشی از ورودی ترکیبات نفتی به آن‌ها نمی‌باشند، بنابراین لزوم بهره‌گیری از روش بیولوژیکی و پس از آن استفاده از جاذب‌ها به ویژه جاذب‌های نانویی با عنایت به ویژه گی‌های چشم‌گیر آن‌ها نیز علاوه بر روش‌های شیمیایی و مکانیکی محرز می‌شود. در این روش با استفاده از ساخت پارچه ای با ویژگی‌های منحصر به فرد و نصب آن روی یک سیستم با قابلیت‌های رباتیک می‌تواند تا حد زیادی ما را به آرزوی از بین بردن تمامی آلودگی‌های نفتی پس از انتشار نزدیک نماید. مواد نفتی نزدیک سطح آب و مواد نفتی که به طور کامل در آب پراکنده شده‌اند به راحتی می‌توانند توسط این سیستم جاذب، جذب شوند. در بخش مقابله با آلودگی‌های ناشی از نفت می‌توان به بهترین شکل و به صورت رباتیک و منطبق با شرایط قابل تحمل در محیط زیست به از بین بردن آلودگی‌های نفتی اقدام نمود.

### پیشنهادها و کارهای آینده :

با عنایت به این مقاله پیشنهاد می‌شود کلیه مراکز مقابله با آلودگی نفتی وابسته به سازمان بنادر و دریانوردی به طور مستقیم با مراکز تحقیقاتی داخلی و خارجی که روی موضوع جاذب‌های نانویی تحقیق می‌نمایند، هم‌کاری نموده تا با استفاده از تحقیقات جامع صورت گرفته روی این موضوع، آن‌را در فاز عملیاتی نیز اجرا نمایند و

بتوان گامی موثر در ایجاد محیط زیست دریایی پاک مناسب و عاری از هر نوع آلودگی برداشت .

### مراجع:

- ۱) فرهنگ، م، ۱۳۸۴، آلودگی دریا، تهران، انتشارات آوای قلم.
- ۲) دبیری، م، ۱۳۸۲، آلودگی محیط زیست- هوا- آب- خاک- صوت، انتشارات آیلا، چاپ سوم.
- 3) Bucas, G., Saliot, A., 2002. sea transport of animal and vegetable oils and its environmental consequences. Marine pollution Bulletin 44 (12), 1388-1396.
- ۴) زاهد، ع، ۱۳۷۹، آلودگی دریا، تهران، انتشارات نقش مهر.
- 5) [www. Cedre. Fr/uk/spill](http://www.Cedre.Fr/uk/spill).
- ۶) مطالعه و بررسی تصفیه آلاینده های نفتی آب دریا توسط سیستم های بیوفیلیم، رقیه ابراهیم خانی قاضی، دکتر منوچهر وثوقی، دانشکده مهندسی شیمی- دانشگاه شریف.
- ۷) محمد میلادی، بررسی تجزیه بیولوژیکی آلودگی های نفتی در آب دریا، "پایان نامه کارشناسی ارشد"، دانشکده مهندس شیمی، دانشگاه صنعتی شریف، ۱۳۷۵.
- 8) Ahmed, M. H etal, socio Economic impact of pollution on Ecosystem of the Arabicm Gulf, Environmental International vol. 24, No. 1/2 pp 224-237, 1998.
- 9) From oil and Gas Development and coastal zone management, U. S. Senate Commerce committee Hearings, 93<sup>rd</sup> congress, 2<sup>nd</sup> session, April-May 1974 (serial 93-99) p. 323.
- 10) Fingas, M., The Basics of oil spill clean up 2<sup>nd</sup> edition, Lewis publishers, 2001.



11) Bioremediation of marine oil spill "OTA Project, us congress, 1991.

12) Dispersants Tour, www. Response. Restoration. Noaq.gov.

۱۳) مهرنیا، م، ر، حذف آلودگی نفتی دریاها توسط میکروارگانیزمها، دانشکده فنی

و مهندسی، دانشگاه تربیت مدرس، ۱۳۷۶.

14) Smith, A. N. Oil Pollution and Ecology, London, Paul Elek, 1972.

15) Karbassi, A. Rahimi, N. "Bioenvironmental Dangers in Persian Gulf" the fourth international on beach & marine ecosystem Iran/ 379.

16) Sedigh, E. .P "the study on Bioenvironment of Persian Gulf" the fourth international conference on beaches and Marine ecosystem, Iran Bandar abbas, 1379.

17) Al- Muzaini, S. Jacob, P. G, "Marine Plants of Arabian Gulf, Environmental International vol 22, No3, PP 369-376, 1996.

18) Dicks, B. "The Environmental Impact of Marine oil spill "International tanker owners pollution Federation Ltd, 1999.

۱۹) آلودگی های دریایی و آثار زیست محیطی آن، احسان سلمانی تهرانی، مجموعه

مقاله های ششمین همایش علوم و فنون دریایی و اولین همایش آبنگاری ایران،

اسفند ۸۴، تهران.

۲۰) سایت دانشگاه MIT در خصوص SEASWARM

21) NOAA/ HMARO Oil Spill case Histories

www. Response. Restoration. Noaa. gov.

۲۲) آلودگی نفتی در دریاها و روشهای حذف آن، سید فواد آقا میری، احمد بیات،

احمد محب، مجله مهندس شیمی ایران، سال سوم، شماره ۱۲، آبان ۸۳.

23) Mullin, J. V. and M. A. champ. Introduction Overview to in situ Burning of oil spills. "spill science & Technology Bulletin vol 8. No4.

pp. 323-330. 2003.

۲۴) عباسپور، مجید، مهندسی محیط زیست، مرکز انتشارات علمی دانشگاه آزاد

اسلامی، چاپ اول، ۱۳۷۱.

- 25) IPIECA, Dispersants and their role in oil spill response, IPIECA Report Series, volumes.
- 26) Concave, the oil companies international study group for conservation of clean air and water- Europe (established in 1993).
- 27) Topham, D. R, "An analysis of the performance of weir type oil skimmers spill science& technology Bulletin, vol 7, No 5-6, pp 289-297, 2002.
- 28) Lessard, R. R. and G. Demarco, "The significance of oil spill dispersants" spill science Technology Bulletin, Vol 6, No1, pp59-68,200.
- 29) International Maritime organization Final Report of the Persian Gulf oil pollution disaster fund, IMO, London 1993.
- ۳۰) بررسی روشهای پاکسازی سواحل خلیج فارس از آلودگی‌های نفتی، نگارش- علیرضا رفائی- دانشکده علوم و فنون دریایی- سال ۱۳۷۷.
- 31) Ghalam bor A., Composting Technology For practical and safe remediation of oil spill residuals, technical Report series 98-003.
- 32) Ghalambor, A., Evaluation and characterization of sorbents in removal of oil spill, Technical report 95-006 , university of southwestern, Louisiana, 1995.
- ۳۳) عبدالمهدی، الف، اثر آلودگی‌ها بر محیط زیست دریایی، وزارت جهاد سازندگی، سازمان تحقیقات و آموزش شیلات ایران، مرکز تحقیقات شیلات دریایی عمان، ۱۳۶۷.
- 34) Bragg, J. R, Yong S. H. (1995) clay oil flocculation and its effects on the rate of natural cleansing in prince William sound Following the Exxon valdez oil spill. Exxon valdez oil spill: fate and effects in Alaskan waters, ASTM. STP 1219, (well P. G. Butler J. N. Hughes J. S. eds) 175-214.
- 35) Berridge, SA (1968) the properties of persistent oil at sea, symposium on scientific aspects of pollution of the sea by oil , Institute of petroleum, 299-309.

- 36) Dr Brian Decks, Hugh parker, Karen purnell and Richard saniter (2002) paper presented out CEDRE Technical lessons learnt from the Erika Incident and other spill "seminar, Brest, France.
- 37) Pasila, A., 2004, Abiological oil adsorption Filter Marine pollution Bulletin 49 (11-12), 1006-1012.
- 38) Armenante, P. M., collella, L. S, KaFkewitz, D. and Larkin, M. J. , EFFECT of Biofilm on the adsorption of 4- chlorophanol on activated carbon, Applied Microbiology Bio technology, 46, 667 (1996).
- 39) Fredenick, W. P, Water Quality and treatment, Mcgraw- Hill companies Inc, United states of America (1990).
- 40) Cooper, D. S, penton, K. Rafuse, and A. B. Nordvik, "An evaluation of oil sorbent materials" Proceeding of the seventeenth arctic and marine oil spill program (AMOP) Technical seminar, Environmental Canada, vancoure, B. C., PP. 581-592, 1996.
- 41) Suzuki, M., 1990 Adsorption Engineering, Elsevier, Amesterdam.
- 42) Slejko, F. L., 1995, Adsorption Technology, Marcel Dekker, New yourk.
- 43) www. Vikoma. Net/ site/ sorbents. Html.
- 44) Bayat, A, Aghamiri, F, 2005, Oil spill clean up from sea water by sorbent material, chem.. Eng. Technol. 28, NO. 12.
- 45) Adebajo, M.O, Frost, R. L, 1998, porous Materials for oil spill clean up: A Review of synthesis and absorbing properties, George street, Australia.
- 46) T. L. Faudree, (1980), Foamaceous hydrocarbon adsorption medium and method and system for making some, Usapatent 4, 230, 566.
- 47) H. Yoshiyuki, I. Toru, G. Toru, G. Tomoki, (1994), Hydrophobic Aerogels For oil spill clean- up intrinsic absorbing properties, Europeam patent, 441, 512, B1.
- 48) H. M. choi and R. M. Cloud, 1992 ,Natural sorbents in oil spill clean up, Environmental science and technology 26:4, 772.
- 49) H. M. choi, 1996, swelling and Network parameters of oil sorbents based on alkyl acrylates and cinnamoyloxy ethylmethacrylate

- copolymers, Part A: Environmental science and Engineering & toxic and Hazardous substance control A 31:6, 1441.
- 50) C. Teas, S. Kalligeros, F. Zanicos S. Stournas, 2001, adsorption of hydrocarbons on organo- clays implications for oil spill remediation, Desalination 140:3, 259.
- 51) M. Toyoda, J. Aizawa, 1998, sorption and recovery of heavy oil by using exfoliated graphite, Desalination 115:2, 199.
- 52) P. B. Fransham and D. Lynch, 1991, symp pap. Energy Biomass wastes (Institute of Gas Technology) Chicago, IL, P.895.
- 53) A. Gabrick, 1989, Controlling and recovering oil spills from the environment, us patent 4,941, 978.
- 54) A. Gabrick 1992, Controlling and recovering oil spills from the environment, us patents, 104, 548.
- 55) S. Kemnetz and C. A. 1998, composition of matter useful as an oil spill Flocculating agent, us patent 5, 725, 805.
- 56) S. Kemnetz and C. A. cody, 1996 oil spill flocculating agent and method of remediating oil spills, us patent 5,558, 777.
- 57) C. A. Blaney and H. L. Griesbach, 1998, oil sorbing article and methods for making and using some, us patent 5, 834, 385.
- 58) L. M. Robeson, R. Axelrod And T. A. Manuel, 1992, Fibrous material for oil spill cleanup, us patent 5, 120, 598.
- 59) J. A. 1999. oil spill recovery articles and method, us patent 5, 971, 659.
- 60) B. J. Houston, 1968, Defense technical Information centre Report AEWES- MISC- PAPER-C-68-5 (Defense Technical Information center).
- 61) J. G. Reynolds, P. R. Coronado, 2001, structure and characterization of sol-gel and aerogel materials. And oxidation products from the reaction of  $(\text{CH}_3\text{O})_4\text{Si}$  and  $\text{C}_{16}\text{H}_{33}\text{Si}(\text{OCH}_3)_3$ , Energy sources 23, 831.
- 62) J. G. Reynolds, P. R. Cornado, 2001, Hydrophobic aerogels for oil spill clean up synthes is and characterization, Journal of Non-Crystalline solids 292, 127.

- 63) X. -F. sun, R. Sun and J.-x. sun, 2002, Acetylation of rice straw with or without catalysts and its characterization as natural sorbent in oil spill clean up, *Journal of agricultural and food chemistry* 50:22, 6428.
- 64) H.-M, choi, 1996, *Journal of Environmental science and Health PArtA: Environmental science and Engineering 2 Toxic and Hazardous substance control A* 31:6, 1441.
- 65) H. M. Choi and R. M. coud, 1992, *Environmental science and technology* 26:4, 772.
- 66) M. Fingas, 1995, oil spills and their clean up, *chemistry and industry*, 24, 1005.
- 67) T.Maesen and B. Marcus, 2001, *instrudie in surface science and catalysis Introduction tozeolite science and practice*, vol 137, (Elsevier science, Amesterdam) P.1.
- 68) J. C. Jansen, 2001, *studies in surface science and catalysis- Introduction to zeolite science and practice*, edited by J. C. Jansen. (Elsevier science Amesterdam) p. 175.
- 69) H. K. Beyer and Beleny Kaja, 1980, in *studies insurface science and catalysis by zeolite*, vo 15, edited by Elsevier science amesterdam, p203.
- 70) J. A. raussell- colom and J. M. Serratosa, 1998, In *chemistry of clays and clay minerals*, Edited by A. C. D. Newman (langman, London) P371.
- 71) B. K. G. theng, 1994, *The chemistry of clay-organic Reactions* (John Wiley, New yourk).
- 72) J. C. Swone poel and C. A. Strydem, 2002, *Applied geochemistry*, 17, 1143.
- ۷۳) حسینی، ا. زمستان ۸۳، بررسی عملکرد پرلیت در جذب لکه نفتی از آب دریا، علوم و تکنولوژی محیط زیست، شماره ۲۳.
- 74) M. O. Adebajo, R. L. Frost, 1998, *Porous materials for oil spill clean up: A Review of synthesis and absorbing properties*, school of physical2 chemical sciences, Queensland university of technology.

- 75) Q. F. Wei, R. R. Mather, 2003, Evaluation of nonwoven polypropylene oil sorbents in marine oil spill recovery, Marine pollution Bulletin, 46, 780-783.
- 76) Chitsonlin, 2005, Apparatus and method for oil spill recovery, united states patents us 2005/ 0252861A1.
- 77) <http://www.bipc.org/fa/sub/pp-f.htm>
- 78) <http://www.ppsolutions.com.tw/default.asp>

(۷۹) طالبیان، احمد، ۱۳۸۴، مقاوم سازی الیاف پلی پروپیلن در برابر شعله و ر شدن با

استفاده از نانو کلی ها، دانشگاه صنعتی امیر کبیر-دانشکده مهندسی نساجی

80) Heitzman Michael, 1992, design and construction of asphalt paving materials with crumb Rubber modifier ,transportation research 1339, TRB, national Research council ,washinhgton D.C, pp.1-8

(۸۱) فراهانی، محمد حسن، ۱۳۸۵، روش های تولید خرده لاستیک از تایر های

فرسوده، مجله صنعت لاستیک ایران، سال یازدهم، شماره ۴۲

(۸۲) دشتیان، زینب، ۱۳۸۵، کاربردهای پودر لاستیک، مجله صنعت لاستیک ایران

، سال یازدهم، شماره ۴۲

(۸۳) کامکار دلاکه، مهدی، ۱۳۸۵، بازیافت تایر به عنوان یک صنعت و حفاظت از

محیط زیست، مجله صنعت لاستیک ایران سال یازدهم، شماره ۴۲

84) <http://www.bareztires.com>

85) ASTM F726, 1999, Annual Book of ASTM Standards, American Society Testing and Materials, Philadelphia, PA, Vol 15.09

86) ASTM D95, 1998, Annual Book of ASTM Standards, American Society of Testing and Materials ,Philadelphia, PA, Vol05,01

87) US Patent Application No.11/473-541, From waste Rubber to super sorbent