JAER

2025, 1(3): 145-154

Journal of Animal Environmental Reaserch

Journal homepage: http://www.journalaer.com

Review Article

An overview of the impact of oil pollution on the marine ecosystem

Seyedeh Bahareh Azimi*

Research Group of Assessment and Environment Risks, Research Center of Environment and Sustainable Development, Department of Environment, Tehran, Iran

Key Words

Oil waste
Environment
Oil
Sea
Marine ecosystem

Article info

* Corresponding Author's email:
azimib@rcesd.ac.ir
baharazimi94@gmail.com

Received: 22 September 2024
Reviewed: 26 October 2024
Revised: 27 December 2024
Accepted: 28 January 2025

Abstract

The marine environment is one of the most important animal and plant ecosystems, which provides a part of the food needs of human societies. Ensuring the health of this ecosystem is essential and directly affects human health. One of the pollutants that affects this ecosystem is oil pollution entering the sea. Due to the fact that there are a large number of natural oil reservoirs in the seas and a large part of oil transportation is carried out through the sea, this ecosystem is highly exposed to oil pollution. The pollution of the sea with oil has caused serious damage to aquatic life and, as a result, the food cycle, which ultimately ends with humans, and every year in the world, it imposes large economic costs to societies. This environmental limitation is increasing rapidly. The country of Iran is connected to the sea from the north and south and has kilometers of coastline and is one of the oil-rich countries, the exploration, extraction and refining of oil has a special importance in Iran. Also, the South Sea is one of the important transportation routes. So, the pollution of the marine environment by oil has a particular importance in this country. In this article, the phenomenon of oil pollution of the sea, its sources, the environmental effects of this pollution and the ways of its control have been studied and useful content have been collected for experts in this field.

[Downloaded from www.journalaer.com on 2026-11-15]

[DOI: 10.22034/AER.1.1.145]

مقاله مروری

مروری بر تاثیر ورود آلودگی‌های نفتی بر زیست‌بوم دریایی

سیده بهاره عظیمی *

گروه پژوهشی ارزیابی و مخاطرات محیط زیست، پژوهشکده محیط زیست و توسعه پایدار، سازمان حفاظت محیط زیست، تهران، ایران

کلمات کلیدی

پسماند نفتی
محیط زیست
نفت
دریا
زیست بوم دریایی

چکیده

محیط زیست دریایی یکی از مهم‌ترین زیست‌بوم‌های جانوری و گیاهی می‌باشد که بخشی از نیاز غذایی جوامع بشری از این زیست‌بوم تامین می‌شود. تامین سلامت این زیست‌بوم ضروری بوده و مستقیماً بر روی سلامت انسان تاثیرگذار است. یکی آلاینده‌هایی که این زیست‌بوم را تحت تاثیر قرار می‌دهد ورود آلودگی نفتی به دریا می‌باشد. با توجه به این‌که تعداد زیادی مخازن طبیعی نفت در دریاها بوده و بخش زیادی از حمل و نقل نفت نیز از طریق دریا انجام می‌شود این زیست‌بوم به‌شدت در معرض آلوگی نفتی قرار دارد. آلودگی دریا با نفت باعث آسیب جدی به آبزیان و به تبع آن چرخه غذایی که در نهایت به انسان ختم می‌شود شده و هر ساله در جهان، هزینه‌های کلان اقتصادی زیادی را به جوامع تحمیل می‌کند. این تهدید محیط زیستی سرعت زیادی رو به افزایش است. با توجه به این‌که کشور ایران از شمال و جنوب به دریا متصل بوده و کیلومترها خط ساحلی دارد و یکی از کشورهای نفت‌خیز بوده که اکتشاف، استخراج و پالایش نفت در ایران جایگاه ویژه‌ای دارد و هم‌چنین دریای جنوب یکی از مسیرهای مهم حمل و نقل نفت می‌باشد، آلودگی محیط زیست دریایی توسط نفت در این کشور اهمیت ویژه‌ای دارد. در این مقاله تلاش‌شده، پدیده آلودگی نفتی‌دریا، منابع آن، اثرات محیط زیستی این آلودگی و راه‌های کنترل آن مورد مطالعه قرار گرفته و مطالبی راه‌گشا برای متخصصین این حوزه جمع‌آوری شود.

* پست الکترونیکی نویسنده مسئول:
azimib@rcesd.ac.ir
baharazimi94@gmail.com

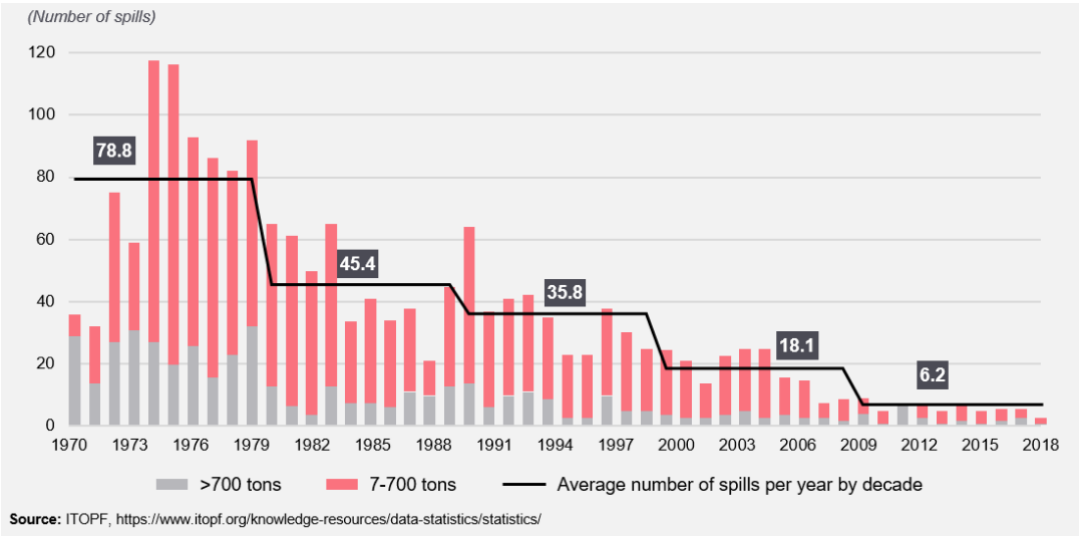
تاریخ دریافت: ۱ مهر ۱۴۰۳
تاریخ داوری: ۵ آبان ۱۴۰۳
تاریخ اصلاح: ۷ دی ۱۴۰۳
تاریخ پذیرش: ۹ بهمن ۱۴۰۳

[Downloaded from www.jourmalaer.com on 2026-11-15]

[DOI: 10.22034/AER.1.1.145]

مقدمه

یکی از پیامدهای تحولات جامعه جهانی در یک سده اخیر توسعه شهرنشینی و تمرکز بیش از پیش اجتماعات بشری در مناطق شهری است. در حقیقت رشد جمعیت و تمایل به شهرنشینی از تحولات قرن حاضر است که این امر به نوبه خود استفاده بیش‌تر از منابع و تولید ضایعات را تشدید نموده است (۱). یکی از صنایع مهم در دنیا که زندگی امروزه بشر را به خود وابسته کرده است، صنعت نفت می‌باشد. علی‌رغم پیشرفت‌های فنی در ایمنی استخراج و حمل و نقل نفت خام و گاز، محیط‌زیست دریایی به‌طور مداوم توسط نشت نفت در معرض تهدید قرار گرفته است (۲). بسیاری از مواد شیمیایی که در دریا حمل می شوند ذاتاً برای محیط زیست دریایی مضرهستند. یکی از این مواد شیمیایی آلوده کننده دریا، نفت و محصولات نفتی مانند پلاستیک‌ها می‌باشد (۳). اگرچه تأثیر آلودگی نفتی تنها بخش کوچکی از آلودگی عمومی محیط زیست دریایی را تشکیل می‌دهد، اما پیامدهای نشت‌نفت و ضایعات‌نفتی برای زیستگاه دریایی بسیار مضر است. نفت، حتی در غلظت‌های نسبتا کم می‌تواند برای آبزیان کشنده باشد. هم چنین ممکن است باعث اختلالات فیزیولوژیکی گونه شود. نشت نفت هم‌چنین از طریق جلوگیری از تغذیه طبیعی، عملکردهای تنفسی و حرکتی نه تنها آبزیان اقیانوس، بلکه حیات دریایی در سواحل دریا را نیز تحت تاثیر قرار می‌دهد. نشت گاهی منجر به آلوده شدن ماهی و صدف‌ها شده و حتی برای پرندگان نیز خطرناک می‌باشد. گاهی اوقات می‌توان نشت نفت را با اثر بر روی طعم یا بوی نفت در غذاهای دریایی احساس کرد. نشت نفت به‌طور مستقیم نه تنها به جانوران، گیاهان و مرجان‌ها آسیب می‌زند، بلکه فعالیت های انسانی در مناطق ماهیگیری را از طریق آسیب رساندن به قایق‌های ماهیگیری، وسایل ماهیگیری، تجهیزات ماهیگیری شناور تحت تأثیر قرار می دهد (۴، ۵). آلودگی نفتی دریاها عمدتاً از فعالیت‌های کشتیرانی ناشی می‌شود. فعالیت‌های بستر دریا در اکتشاف و تولیدنفت بخش نسبتاًکمی در میزان کلی آلودگی محیط‌زیست دریایی با نفت را تشکیل می‌دهند. به‌طورکلی حمل و نقل به‌عنوان صنعت آلاینده در نظر گرفته می‌شود. ناوگان نفتکش جهان تقریباً ۷۰۰۰ کشتی با ظرفیت بار بین ۷۶۰۰۰ تا ۱۷۵۰۰۰ تن دارد (۶). عملیات معمول کشتیرانی، به‌ویژه حمل و نقل نفت با تانکرها و حوادث آن، منجر به نشت حدود ۶۰۰۰۰۰-۱۷۵۰۰۰۰ تن نفت در سال در اقیانوس می‌شود (۷). در سال‌های اخیر نشت عمده نفت بارها رخ داده است؛ به‌عنوان مثال Exxon Valdez در ۱۹۸۹، Prestige در ۲۰۰۲ و Horizon در سال ۲۰۱۰ (۸). تعداد نشنت نفت از سال ۱۹۷۰ تا ۲۰۱۹ در شکل ۱، نشان داده شده است. تا زمانی که کشتی‌ها بیش‌تر تولیدات نفتی را در سراسر جهان انتقال دهند، نشت نفت هم‌چنان یک مشکل مهم و منبع آلودگی خواهد بود. فرآورده‌های نفتی در سراسر جهان و اکتشاف نفت از منابع اقیانوسی به‌طور مداوم در حال افزایش است (۸، ۹).



شکل۱: تعداد نشت‌های نفتی بیش‌تر از ۷ تن از ۱۹۷۰ تا ۲۰۱۹ (۸)

هنگامی‌که نفت وارد محیط دریایی می‌شود، تحت تأثیر عوامل محیطی مختلف مانند دما، باد و اموج، تحت تاثیر تغییرات شیمیایی مانند تجزیه‌زیستی و تبدیل فیزیکی قرار می‌گیرد (۱۰). نفت ریخته شده در آب‌دریا اغلب به‌دلیل جریان جزر و مد و باد به‌ساحل می‌رسد و در خاک نفوذ می‌کند (۱۱). نفت ترکیب پایداری بوده و با سرعت کمی تجزیه می‌شود و می‌تواند چندین سال در رسوبات حتی پس از

[Downloaded from www.journalaer.com on 2026-11-15]
[DOI: 10.22034/AER.1.1.145]

فرآیندهای پاک سازی باقی بماند (۱۲). ماندگاری دراز مدت این ترکیبات نفتی در رسوبات، احتمال ورود به چرخه غذایی را افزایش داده و به تبع آن سلامت انسان را تحت تاثیر قرار می‌هد (۱۳).

منابع آلاینده نفتی: مواد نفتی از منابع مختلف مانند چاه‌های نفت، دکل‌ها و سکوهای بهره‌برداری نفت و حمل و نقل وارد دریا می‌شود. به‌طورکلی منابع هیدروکربن های نفتی که موجب آلودگی آب دریا می‌گردند را می‌توان به‌صورت زیر دسته‌بندی نمود: عملیات حفاری و استخراج نفت در نزدیکی آب‌های ساحلی، عملیات کشتی‌ها شامل شستشو، تمیز کردن کف مخازن، تخلیه آب توازن و ...، حوادث مربوط به نفتکش‌ها، پالایشگاه‌ها و تأسیسات نفتی ساحلی و کارخانه‌های پتروشیمی، تخلیه پسماندهای شهری و صنعتی در نزدیکی سواحل، مناطق تفریحی قایقرانی، چاه‌های طبیعی نفت، رسوبات و گرد و غبار. اگرچه منابع ورودی نفت به دریا متنوع است، اما موارد ذکر شده در چهار دسته اصلی شامل نشت‌های طبیعی، استخراج نفت، حمل و نقل و مصرف نفت طبقه‌بندی می‌شود. تراوش طبیعی پدیده‌های کاملاً طبیعی هستند که زمانی رخ می‌دهند که نفت خام از لایه‌های زمین‌شناسی زیر بستر دریا به بیرون نشت می‌کند. این نشت‌ها که توسط زمین‌شناسان برای دهه‌ها به‌عنوان نشان‌دهنده وجود ذخایر بالقوه اقتصادی نفت شناخته می‌شوند، سالانه مقادیر زیادی نفت خام آزاد می‌کنند. با این‌حال، این حجم زیاد با سرعتی کم منتشر می‌شوند که زیست‌بوم اطراف می‌تواند با حضور آن‌ها سازگار شود و حتی رشد کند. استخراج نفت می‌تواند منجر به انتشار نفت خام و محصولات پالایش شده در نتیجه فعالیت‌های انسانی مرتبط با تلاش برای اکتشاف و تولید نفت شود. ماهیت و اندازه این انتشار بسیار متغیر است، اما محدود به مناطقی است که اکتشاف و توسعه فعال نفت و گاز در آن در حال انجام است. حمل و نقل نفت می‌تواند منجر به انتشار در اندازه‌های بسیار متفاوت شود، از نشت‌های عمده مرتبط با حوادث نفتکش‌ها، تا رهاسازی‌های عملیاتی نسبتاً کوچک که به‌طور منظم رخ می‌دهد. مصرف نفت نیز می تواند منجر به نشت آن متناسب با فعالیت های مربوطه شود که به‌دلیل فعالیت های انسانی می‌باشد (۱۴، ۱۵). علی رغم قوانین سازمان بین المللی دریانوردی، آلودگی دریایی ناشی از کشتی‌ها هنوز به‌طور گسترده وجود دارد و حدود ۲۰ درصد از کل آلودگی دریا را تشکیل می‌دهد و می‌تواند هم در اثر تصادفات و هم در اثر فعالیت‌های روزانه کشتی‌ها ایجاد شود. تخمین زده می‌شود که حدود ۸۰ درصد از کل آلودگی کشتی‌ها از تخلیه‌های عملیاتی (مانند تخلیه نفت‌های باقی‌مانده در مخازن یا عملیات تمیز کردن مخازن) ناشی می‌شود که عمداً و برخلاف قوانین بین المللی به دلایل متعددی از جمله نبود امکانات کافی در بنادر برای دریافت ضایعات کشتی‌ها، صرفه‌جویی در هزینه‌ها (هزینه‌های تحویل به ساحل ممکن است گزاف باشد و ممکن است باعث تاخیر قابل توجه کشتی‌ها شود)، یا صرفاً راحتی خدمه کشتی می‌باشد (۱۶). نشت نفت ناشی از تخلیه تصادفی در طول حمل و نقل، آسیب به مخازن، اکتشافات دریایی و نشت از خطوط لوله زیر آب با شواهد متعدد تایید شده و بر زیستگاه و جامعه دریایی تأثیر منفی می‌گذارد (۱۷).

دامنه آلودگی نفتی در دریا: نشت نفت نه تنها فضای اقیانوس اطراف خود را تحت تأثیر قرار می‌دهد، بلکه سواحل، آب‌های آزاد و بستر دریا را نیز تحت تأثیر قرار می‌دهد. آسیب پذیری خط ساحلی از نشت نفت در دریا قابل توجه است. این موضوع بیش‌تر به نزدیکی منبع آلودگی به خط ساحلی بستگی دارد. به‌عنوان مثال، نشت ۹۰۰۰ تن سوخت دیزل از تامپیکو مارو، در باخا کالیفرنیا در سال ۱۹۵۷، به بیش از ۱۰ کیلومتر از خط ساحلی آسیب رساند. از سوی دیگر، ۱۰۰۰۰ تن نفت خام تخلیه شده در پورتوریکو در سال ۱۹۶۲، خسارت بسیار کمی ایجاد کرد. نشت ۴۷۶۰۰۰ تن نفت خام، ناشی از انفجار سکوی نفتی در خلیج مکزیک، خسارت نسبتا کمی به بار آورد. خسارات ناشی از زمین‌گیر شدن کشتی آرگو مرچنت در سال ۱۹۷۶ و نشت نفت ۵۰۰۰۰ تن بسیار جدی بود. هم‌چنین نشت ۴۰۰۰۰ تن نفت در آلاسکا در سال ۱۹۸۹ منجر به یک فاجعه محیط زیستی و عملیات پاکسازی بسیار طولانی و پرهزینه شد. در عملیات نظامی ایران و عراق و عراق و کویت نیز همین پدیده مشاهده شد و نشت نفت در پی داشت. نشت نفت با آتلانتیک امپراس با از دست دادن تقریباً ۳۰۰۰۰۰ تن نفت خام در سال ۱۹۷۸ در اقیانوس اطلس هیچ تأثیر قابل توجهی بر اقتصاد نداشت، اما به زیست‌بوم دریایی در اطراف محل فاجعه آسیب جدی وارد کرد (۴، ۱۸). پروژه‌های جدید توسعه نفت و گاز نیز نگرانی‌های جدی‌تری را برای دوست‌داران محیط زیست ایجاد می‌کند. به‌عنوان مثال، تصمیم آغاز حفاری در قطب شمال به‌ویژه با توجه به موضوع تغییرات اقلیمی که به‌طور گسترده در رسانه‌های جمعی مورد بحث قرار گرفته است، دوست‌داران محیط زیست را به‌شدت نگران کرده‌است. این منطقه احتمالاًحدود ۱۳ درصد از منابع نفتی کشف نشده و ۳۰ درصد از گاز طبیعی را در اختیار دارد. اگر نفت ریخته شده به خط ساحلی یا ساحل برسد، وضعیت پیچیده و بدتر می‌شود زیرا بهره‌وری بیولوژیکی در این مکان‌ها بیش تر است و نفت گیر افتاده در خطوط ساحلی ممکن است برای دوره های طولانی باقی بماند (۱۹). بسیاری از مطالعات گزارش کردند که نفت بسته به شرایط جغرافیایی می‌تواند برای مدت طولانی تری در رسوبات باقی بماند (۱۳، ۲۰). به‌عنوان مثال، هیدروکربن‌های آروماتیک چند حلقه‌ای در رسوبات یازده سال پس از حادثه نشت نفت تاسمان (کراچی، پاکستان) یافت شدند و در مقایسه با زمانی که نشت نفت رخ داد، تنها ۴۷ برابر از مقدار این ترکیبات کاهش یافته بود (۱۳).

[Downloaded from www.journalaer.com on 2026-11-15]

[DOI: 10.22034/AER.1.1.145]

نفت خام عمدتاً شامل مواد آروماتیک، آلکان، آسفالتین و سیکلوآلکان است. مواد آروماتیکی برای محیط زیست سمی‌تر در نظر گرفته می‌شوند. با این حال، یافتن ترکیب واقعی نفت ریخته شده به‌دلیل فرآیند هوازدگی دشوار است (۲۱).

تاثیر آلودگی نفت در زیست‌بوم دریایی: زمانی‌که نفت خام در دریا پخش می‌شود، بر روی سطح آب پراکنده شده و تشکیل فیلم نازکی می‌دهد و سپس تحت تأثیر عوامل محیطی (فیزیکی، شیمیایی و بیولوژیکی) دریا قرار می‌گیرد. تغییرات فیزیکی- شیمیایی عبارتند از تشکیل لکه، انحلال، تشکیل پلیمر، امولسیون به‌صورت امولسیون آب در نفت و نفت در آب، فتواکسیداسیون، تجزیه میکروبی، تراسب، مصرف پلانکتونی و تشکیل گلوله و تکه‌های جامد نفتی. پسماند نفت به‌ویژه در محیط آبی معمولاً در بین آلاینده‌های خاص و خطرناک در جهان رتبه‌بندی می‌شود. حضور نفت در دریا تأثیر مخربی بر زیست بوم آبی دارد زیرا پوشش نازکی را روی سطح تشکیل می‌دهد که از رسیدن اکسیژن به گیاهان و حیوانات ساکن در آب جلوگیری می‌کند. نفتی که به دریا ریخته می‌شود باعث آسیب جدی به زیستگاه شده و تهدیدی جدی برای همه موجودات زنده می‌باشد (۲۲). اثرات آلاینده نفتی بر موجودات دریایی می‌تواند از گونه‌ای به گونه دیگر متفاوت باشد. قرار گرفتن در معرض نفت می‌تواند ارگانیسم‌ها را به‌صورت خارجی از طریق پوست یا از طریق استنشاق مستقیم و بلع داخلی تحت تأثیر قرار دهد (۲۳).

تاثیر آلودگی نفتی بر روی جوامع جانوری: نفت ریخته شده به دریا در چرخه غذایی جانوران وارد شده و از جانوران دریایی تا انسان‌ها را می‌تواند آلوده کند. پرندگان وحشی نیز در برابر آلودگی‌های نفتی آسیب‌پذیر هستند. وجود هیدروکربن‌های آروماتیک در نفت می‌تواند منجر به سرطان کبد، پوست و مثانه شود. هم‌چنین ترکیبات کلردار موجود در نفت سمیت را تشدید می‌کنند. حیواناتی که بیش‌تر تحت تأثیر نفت قرار می‌گیرند پرندگان دریایی، لاک‌پشت‌ها و پستانداران دریایی (مانند سمور دریایی و فوک‌ها) هستند (۲۴). با این حال، بررسی تأثیر دقیق بر پرندگان دریایی آسان نیست زیرا این گونه‌ها می‌توانند بیش‌ترین مسافت را برای جستجوی غذا و در طول فصول تولیدمثل طی کنند (۲۵). برای جوجه ریزی و لانه‌سازی، بیش تر لاک پشت‌های دریایی به سواحل شنی می‌روند که در آن‌جا ممکن است مستقیماً یا از طریق غذا با مواد نفتی آلوده شوند (۲۵). علاوه بر این، تخم‌های لاک‌پشت‌ها و بچه‌های تازه متولد شده در برابر آلودگی نفتی ساحلی در طول فصل لانه‌سازی خود نیز آسیب‌پذیر هستند. فوک‌ها و شیرهای دریایی نیز در معرض آلودگی‌های نفتی تجمع یافته در ساحل و در معرض خطر هستند (۲۶). سخت پوستان دریایی مانند خرچنگ‌ها نیز در مناطقی که آلاینده نفتی تجمع یافته گیر افتاده و از بین می‌روند (۲۴). تخم و لارو ماهیان و سایر آبزیان از قربانیان اولیه آلودگی نفتی به‌شمار می‌روند. از نشانه‌های بارز آلودگی نفتی، بد طعم شدن گوشت ماهیان در غلظت‌های بسیار کم مواد نفتی (حدود ۰/۰۲ واحد در هزار) است. از عواص ناهنجار آلودگی نفتی اختلال و کاهش باروری ماهیان و ترک نمودن زیستگاه‌های طبیعی خود و هم‌چنین تغییر در حالات رفتاری آن‌ها است. مواد نفتی و مشتقات آن از طریق شبکه غذایی وارد بدن موجودات آبزی شده و در جگر و کیسه صفرا تجمع می‌یابد. مواد نفتی بلعیده شده مستقیماً وارد معده می‌شود که پس از مصرف از طریق ادرار و مدفوع ماهی، در محیط آلوده خارج می‌گردد. پوشیده شدن سطح آبشش‌ها به مواد نفتی و عدم امکان تبادل گازهای اکسیژن و دی اکسیدکربن میان خون و هوا، منجر به خفگی و مرگ آن‌ها می‌شود. بیش‌ترین خسارت ناشی از آلودگی نفتی متوجه اجتماعات ماهیان جوان و بالغ می‌گردد که در آب‌های کم‌عمق زیست می‌کنند. بررسی‌های به‌عمل‌آمده نشان داده که ماهیان صید شده آلوده به ترکیبات سبک نفتی، دچار تغییرات ژنتیکی و سرطان پوست و آبشش شده‌اند (۲۷). در زیست بوم‌های دریایی آن دسته از آبزیانی که در ناحیه جزر و مدی زیست می‌کنند، متحمل خسارت بیش‌تری می‌گردند. هیدروکربن‌های نفتی که حاوی ترکیبات سمی می‌باشند، در اولین ساعات پس از نشت، در ساحل دریا ترسیب نموده و با ایجاد اختلال در سیستم تنفسی موجب مرگ‌ومیر نرم‌تنان می‌گردد. به طورکلی صدف‌ها در برابر آلودگی نفتی تقریباً مقاومند و در شرایط نامساعد زیست، با بسته نگاه داشتن پوسته‌های صدفی، خود را محافظت می‌کنند و با دارا بودن قابلیت دفع مواد نفتی از بدن با مساعد شدن شریط محیطی به زندگی خود ادامه می‌دهند (۲۸). وجود غلظت کم مواد نفتی در آب دریا باعث تغییر رفتاری و بی‌اشتهایی خرچنگ بالغ و لابستر می‌گردد. غلظت کشنده لارو خرچنگ بین ۲۰ تا ۳۰ میکروگرم در میلی‌لیتر از ترکیبات نفتی می‌باشد. به‌نظر می‌رسد خرچنگ در تمام مراحل مختلف رشد در برابر آلودگی نفتی مقاومت نشان می‌دهد ولی میل جفت‌گیری خرچنگ در محیط آلوده کاهش می‌یابد (۲۴). در هر نشت نفتی، پرندگان دریایی از عمده موجوداتی هستند که بیش‌ترین خسارات را متحمل می‌شوند. زیرا بیش‌تر اوقاتشان را روی سطح آب می‌گذرانند و از نظر صید هم به آب شیرجه می‌زنند و پر و بال آن‌ها نفتی می‌شود که این حالت اولین اثرات آلودگی نفتی بر آن‌هاست. نهایتاً مواد نفتی زیادی وارد معده می‌شود و به سوزش روده، آسیب کبد و سایر ارگان‌ها ختم می‌شود. اثرات سوء حاصله باعث ایجاد شوک و اضطراب در گونه‌های آسیب‌دیده می‌شود و در نهایت مرگ را به‌دنبال دارد (۲۹). بستر دریا نیز از خطر آلودگی نفتی

[Downloaded from www.journalaer.com on 2026-11-15]

[DOI: 10.22034/AER.1.1.145]

مصون نخواهد ماند به‌طوری که مواد سنگین نفتی با ته‌نشین شدن تدریجی، موجودات ساکن در لایه کف را از جمله انواع بنتوزها و میگوها و حتی گیاهان ریشه‌ای را تحت تاثیر مخرب خود قرار می‌دهد.

تاثیر آلودگی نفتی بر جوامع گیاهی: در زیست‌بوم‌های دریایی آلوده به نفت، هیدروکربن‌های نفتی بلافاصله پس از انتشار بر روی سطح آب از میزان نفوذ خورشید به اعماق دریا تا میزان ۹۰ درصد می‌کاهند در نتیجه پدیده فتوسنتز توسط فیتوپلانکتون‌ها دچار اختلال می‌گردد. به‌طور طبیعی موجودات فیتوپلانکتونی در اثر آلودگی نفتی به‌شدت آسیب می‌بینند و از آن‌جایی که این موجودات به‌طور مستقیم تولیدمثل می‌کنند، نشت مواد نفتی دارای اثرات سوء کوتاه‌مدتی بر روی جامعه پلانکتونی آن ناحیه است و خسارات حاصله از نواحی دیگر قابل جبران می‌باشد. ترکیبات محلول نفت بر روی جلبک‌های دریایی اثرات سوء داشته به‌طوری که باعث ایجاد اختلال در سیستم انتقال الکترون‌ها و اتصال با پیوندهای فسفراسیون می‌شود. ترکیبات نفتی با عبور از دیوار سلولی در فیزیولوژی جلبک‌ها اختلال ایجاد می‌کند و مانع از رشد آن‌ها می‌گردد. جلبک‌های دریایی در ناحیه جزر و مد شدیداً در معرض آلودگی نفتی قرار دارند. جلبک‌های قرمز رنگ از حساس‌ترین جبلک‌ها در برابر آلودگی نفتی می‌باشند و عموماً از بین می‌روند. حساس‌ترین زیستگاه‌هایی که می‌توانند در معرض خطر آلودگی نفتی باشند، صخره‌های مرجانی هستند. صخره‌های مرجانی بسیار حساس به آلودگی نفتی هستند و زمان زیادی برای بازیابی نیاز دارند. نفت شناور در سطح آب می‌تواند به‌طور مستقیم در زیستگاه‌های مرجانی، رسوب کند (۳۰). یکی دیگر از زیستگاه‌هایی که به‌دلیل نشت نفت در معرض خطر هستند حرا یا مانگروها هستند. مانگروها محیط اکولوژیک بی‌همتایی هستند که میزبان اجتماعات گونه‌های زیستی متنوعی هستند (۳۱). این زیستگاه گیاهان چوبی هستند که در حد فاصل خشکی و دریا در مناطق گرمسیری و نیمه گرمسیری زیست می‌کنند. مانگروها برای اکولوژی بسیار مهم است زیرا حفاظت از خط ساحلی مناطق داخلی را در برابر طوفان‌های شدید و زیستگاه پستانداران، پرندگان، حشرات، گیاهان و جلبک‌های مختلف متصل به ریشه درختان را فراهم می‌کند (۳۲). نفت زمانی که در معرض جریان آب‌های جزر و مدی قرار می‌گیرد می‌تواند به ریشه درختان حرا بچسبد و این زیستگاه بی‌همتا را آلوده کند (۳۳). باتلاق‌های نمکی یا شوره‌زارها در مناطق جزر و مدی نیز در برابر نفت شناور در آب دریا آسیب‌پذیر هستند (۳۴). سواحل صخره‌ای ناهموار با شیب‌های متغیر، شکاف‌ها، غارها، حفره‌ها و سطوح زیر تخته‌سنگ‌ها زیستگاه بسیاری از گونه‌ها می‌باشد (۳۵، ۳۶). سنگ‌ها نفت را جذب نمی‌کنند، اما رشته‌های نفت روی سطح سنگ ممکن است منجر به مرگ و میر بسیاری از گونه‌ها شود (۳۶). برای مثال، حلزون‌هایی که می‌توانند در شکاف‌های کوچک پناه بگیرند و جلبک‌های که معمولاً روی سنگ‌ها یافت می‌شوند، به‌دلیل تماس مستقیم با نفت از بین می‌روند (۳۷).

روش‌های جلوگیری و پاکسازی آلاینده نفتی در دریا: از آن‌جا که چگالی نفت کم‌تر از آب است، هنگام نشت نفت به دریا، نفت روی سطح آب شناور می‌شود که فرصتی برای جمع‌آوری آن از سطح آب فراهم می‌کند. روش‌های مختلفی وجود دارد که می‌تواند به‌منظور پاکسازی نشت نفت استفاده شود. برخی از چند روش مهم و معمول در ادامه مورد بررسی قرار گرفته است.

بازیافت و استفاده از لجن و پسماند نفتی کشتی‌ها به‌عنوان سوخت: محققان روشی برای بازیافت پسماند نفتی کشتی‌ها و تبدیل آن به سوخت قابل مصرف برای کشتی با هدف جلوگیری از تخلیه این پسماندها به دریا پیشنهاد داده‌اند. در این مقاله امکان سنجی اولیه فناوری بازیافت زباله نفتی با هدف به‌دست آوردن سوخت از لجن، از طریق فرآیند پیرولیز که در یک راکتور کوچک روی کشتی انجام می‌شود، ارائه شده است. تبدیل پسماندها به سوخت توسط محققین زیادی انجام شده است اما در این کار به‌طور خاص پسماند نفتی برای استفاده روی کشتی مورد بررسی قرار گرفته است. این فرآیند از لحاظ فنی قابل انجام می‌باشد ولی باید برای به صرفه بودن بهینه سازی شود. هم‌چنین با توجه به این‌که قانون الزام آوری برای استفاده از این راکتور روی کشتی وجود ندارد، مالکان کشتی معمولاً هنوز انگیزه سرمایه‌گذاری در این زمینه را ندارند (۱۷).

استفاده از بوم‌های نفتی: استفاده از بوم‌های نفتی یک روش بسیار ساده برای کنترل نشت نفت است. تجهیزات موسوم به بوم مهار، مانند حصار برای جلوگیری از پخش شدن بیش‌تر نفت و یا شناور شدن آن عمل می‌کنند. در شکل ۲، نمونه‌ای از جمع‌آوری نفت از سطح دریا توسط بوم نفتی نشان داده شده است. این روش فقط زمانی مؤثر است که نفت در یک منطقه خاص و محدود نشت کرده باشد. این روش در طی چند ساعت پس از وقوع که نفت در دسترس است قابل استفاده است، در غیر این صورت، ناحیه نشت خیلی زیاد شده و بوم‌های نفتی کاربری خود را نخواهند داشت. هم‌چنین نمی‌توان آن را تحت موج‌های خشن دریا، سرعت زیاد باد یا نوسان جزر و مدی استفاده کرد. در برخی موارد با استفاده از بوم‌ها و جمع نمودن نفت شناور امکان حذف نفت به‌وسیله آتش زدن نیز به‌صورت کنترل شده فراهم می‌باشد (۳۸، ۳۹).

[Downloaded from www.journalaer.com on 2026-11-15]

[DOI: 10.22034/AER.1.1.145]



شکل ۲: نمونه بوم نفتی

استفاده از اسکیمرها (Skimmers): هنگامی که نشت نفت با استفاده از بوم‌های نفت محدود شد، می‌توان اسکیمرها را روی قایق‌ها مستقر کرد تا آلودگی‌ها را از سطح آب پاک کنند. اسکیمرها ماشین‌هایی هستند که به‌طور خاص برای مکش نفت از سطح آب مانند جاروبرقی طراحی شده‌اند. از آن ها برای جداسازی فیزیکی نفت از آب استفاده می‌شود تا بتوان آن را جمع‌آوری و برای استفاده مجدد فرآوری کرد. از اسکیمرها می‌توان برای بازیابی مؤثر بیش‌تر نفت‌ریخته‌شده استفاده کرد، بنابراین از نظر اقتصادی مقرون به‌صرفه است. وجود برخی پسماندهای ریز، سد اصلی این تکنیک است، زیرا اسکیمرها می‌توانند به‌راحتی مسدود شوند. اخیرا اسکیمرهای اصلاح شده با هدف بهبود کارایی تجهیز با بهینه‌سازی هندسه سطح بازیافت اسکیمر و اولئوفیل شدن آن مورد توجه قرار گرفته است. استفاده از این اسکیمرها راندمان بازیافت نفت را تا ۳ برابر افزایش می‌دهد (۴۰).

استفاده از جاذب‌ها: جاذب‌ها موادی هستند که با جذب (جذب در منافذ) و یا جذب سطحی (تشکیل یک لایه روی سطح) مایعات را جذب می‌کنند. هر دوی این خصوصیات روند پاکسازی را بسیار آسان می‌کنند. موادی که معمولاً به‌عنوان جاذب‌های نفتی استفاده می‌شوند یونجه (علف خشک)، پیت ماس (نوعی کود از خزه)، پوشال یا ورمیکولیت است. در این روش نفت قابل بازیابی است و این از هدر رفتن و آلودگی بیش‌تر جلوگیری می‌شود. پس از جذب، مواد جاذب باید به‌طور مؤثر بازیابی یا دفع شوند. احیاء آن‌ها دشوار است و اگر نادیده گرفته شود ممکن است خسارات بیش‌تری به محیط زیست وارد نماید. جاذب‌ها پس از جذب سنگین‌تر می‌شوند (۳ تا ۱۵ برابر وزن آن‌ها) و در نتیجه ممکن است غرق شود، بازیابی آن‌ها دشوار می‌شود و هم‌چنین برای زندگی آبزیان در کف دریا خطراتی ایجاد می‌کند. جاذب‌ها نقش بسیار مهمی در فرآیندهای حذف نفت ریخته شده در دریا ایفا می‌کنند. اخیراً تعداد زیادی جاذب پیشرفته مختلف و دستگاه‌ها و فناوری‌های جمع‌آوری نفت مبتنی بر جاذب‌ها توسعه یافته‌اند. درخصوص استفاده از جاذب‌ها برای حذف نفت ریخته شده در دریا کارهای زیادی انجام شده است. در این زمینه مقاله مروری به چاپ رسیده که هدف از آن ارائه یک بررسی جامع از فناوری‌های پیشرفته ترکیب جاذب‌ها و دستگاه‌های جمع‌آوری نفت می‌باشد(۹). در این زمینه جنس و ظرفیت جاذب، طراحی دستگاه‌هایی که به همراه جاذب استفاده می‌شوند مانند جمع‌کننده‌ها مهم بوده و باید در طراحی مورد بررسی قرار گیرد. نمونه‌ای از جاذب الیاف که به‌صورت شناور مورد استفاده قرار می‌گیرد در شکل ۳، نشان داده شده است (۴۱).



شکل ۳: الیاف شناور جاذب نفت (۴۱)

جاذب‌های طبیعی آلی به‌دلیل در دسترس بودن به‌عنوان جاذب نفت مورد توجه هستند، علاوه بر این، خود این مواد زیست تخریب پذیر بوده که از لحاظ محدودیت‌های محیطی زیستی برای استفاده در دریا مناسب می‌باشد (۴۲). برخی از جاذب‌های ساخته شده از مواد طبیعی دارای خواص اولئوفیلی قوی (یعنی جذب کننده نفت) و آبگریز هستند (۴۳، ۴۴). برخی از نمونه‌های جاذب طبیعی عبارتند از موی انسان (۴۵)، پشم (۴۶)، پنبه یا الیاف (۴۷، ۴۸)، پوست موز و ... (۴۹). جاذب‌های سنتزی جدید مانند جاذب با چارچوب آلی-فلزی با عنوان (MOF) نیز برای جذب نفت مورد بررسی قرار گرفته‌اند که برای این منظور جاذب مطلوبی هستند (۵۰، ۵۱).

سوزاندن درجا: در این روش نفت شناور روی سطح مشتعل می‌شود تا سوزانده شود. این سوختن درجا نفت می‌تواند به‌طور موثر تا ۹۸٪ نشت نفت را از بین ببرد، که راندمان آن بیش‌تر از سایر روش‌ها است. حداقل غلظت (ضخامت) سطح صاف نفت روی سطح آب برای هرگونه اثربخشی قابل‌اندازه‌گیری سوختن درجا ۳ میلی‌متر

[Downloaded from www.journalaer.com on 2026-11-15]

[DOI: 10.22034/AER.1.1.145]

است. این بدان دلیل است که اشتعال لایه‌ای که ضخامت کافی ندارد بسیار دشوار (و حتی تقریباً غیرممکن) است. در این روش بخارات سمی منتشرشده از سوختن می‌تواند به محیط‌زیست و هم‌چنین حیات دریایی آسیب جدی برساند. این روش روی نشت‌های نسبتاً تازه که قبل از پخش شدن نفت در یک منطقه بزرگ‌تر و کاهش ضخامت هستند، مؤثر است (۵۲، ۵۳).

استفاده از پراکنده‌کننده‌ها: هنگامی که با استفاده از بوم نمی‌توان نفت ریخته شده را مهار کرد، تنها گزینه باقی‌مانده تسریع در تجزیه نفت است (۵۴). عوامل پراکنده‌کننده، مانند کروکسیت (Corexit) ۹۵۰۰، مواد شیمیایی هستند که با کمک بالگردها و قایق‌ها روی نشت پاشیده می‌شوند، که به تجزیه طبیعی اجزای نفت کمک می‌کند. آن‌ها با افزایش سطح هر مولکول اجازه می‌دهند نفت از نظر شیمیایی با آب پیوند یابد. این روش به‌طور مؤثر می‌تواند برای نشت در مناطق وسیع استفاده شود. استفاده از مواد پراکنده‌کننده می‌تواند گویچه‌های نفتی (tarballs) (توپ‌های قیری) ایجاد کند. همان‌طور که نفت با آب ترکیب می‌شود، با شن و ماسه و پسماندهای موجود در آب نیز مخلوط می‌شود. این امر منجر به تشکیل گلوله‌های بزرگ قیر شناور روی سطح آب می‌گردد که اغلب به سواحل راه پیدا می‌کنند. سمیت پراکنده‌کننده‌ها می‌تواند بر موجودات دریایی تأثیر بگذارد، به‌ویژه موجودات غیرمتحرک مانند مرجان‌ها و گیاهان دریایی را تحت تاثیر قرار دهد (۵۵، ۵۶).

زیست پالایی: زیست پالایی، که با افزودن جمعیت‌های میکروبی برون‌زا یا تحریک جمعیت‌های بومی انجام می‌شود، تلاش می‌کند تا نرخ تخریب طبیعی را به نرخ‌های بسیار بالاتری افزایش دهد. میکروارگانیسم‌های استفاده کننده از هیدروکربن به‌دنبال نشت نفت در همه جا در محیط‌های دریایی توزیع می‌شوند. این میکروارگانیسم‌ها به‌طور طبیعی هیدروکربن‌های نفتی آلوده کننده متعددی را تجزیه می‌کنند و در نتیجه اقیانوس‌ها را از آلاینده‌های نفتی پاک می‌کنند. نشان داده شده است که افزودن کودهای نیتروژن دار باعث افزایش نرخ تجزیه زیستی نفت می‌شود. در مورد نشت اکسون والدز، بزرگ‌ترین و به‌طور کامل ترین کاربرد پاک‌سازی زیستی، کاربرد کود (آهسته رهایش یا اولئوفیلیک) نرخ تخریب زیستی را ۳ تا ۵ برابر افزایش داد (۵۷، ۵۹).

جمع بندی: با توجه به نفت خیز بودن کشور ایران و محیط زیست دریایی این کشور که مسیر حمل و نقل بخش قابل توجهی از نفت دنیا می‌باشد، بررسی آلودگی نفتی دریا و اثرات محیط زیستی آن اهمیت ویژه‌ای دارد، که در این مقاله مورد بررسی قرار گرفته است. بررسی منابع نشان داد که این چالش جهانی بوده و دنیا برای حل این مشکل تلاش می‌کند. از طرفی با پیشرفت تکنولوژی، زندگی امروزی وابستگی بیش‌تری به نفت پیدا کرده و مشکلات ناشی از آن را چند برابر کرده است. بررسی‌ها نشان داد که دلیل اصلی آلودگی نفتی محیط زیست دریایی مشکلات ناشی از حمل و نقل آن می‌باشد. هم‌چنین نشت نفت اثرات زیان‌باری بر آبزیان داشته که در چرخه غذایی انسان قرار دارد. بنابراین آلودگی نفتی دریا موضوع بسیار با اهمیتی بوده و باید توسط متخصصین این حوزه مورد توجه قرار گیرد. با توجه به بررسی‌ها درخصوص فرآیندهای کنترل آلودگی نفتی دریا و حذف آن، پتانسیل تکنولوژی و تخصصی در کشور ایران وجود دارد و باید در این زمینه مطالعات بیش‌تری انجام شود. در این مقاله نیز تلاش بر این بود که موضوع آلودگی نفتی محیط زیست دریایی و اثرات آن بر زیست‌بوم دریایی و روش‌های مدیریت آن بررسی شده و مطالبی گردآوری شود که مورد استفاده پژوهشگران این زمینه قرار گیرد.

منابع

1. **Kaza, S., Yao, L., Bhada-Tata, P. and Van Woerden, F., 2018.** What a waste 2.0: a global snapshot of solid waste management to 2050: World Bank Publications.
2. **Joye, S.B., 2015.** Deepwater Horizon, 5 years on. Science. 349(6248):592-593. doi: 10.1126/science.aab4133
3. **Nouri, M., Amiri, p. and Naji, A., 2019.** Distribution and frequency of microplastics in Bivalve of Pinctada radiata and sediments of Bandar Lengehe. Journal of Animal Environment. 11(4): 337-344. (In Persian)
4. **Anyanova, E., 2012.** Oil pollution and international marine environmental law. Sustainable development Authoritative and leading edge content for environmental management. 2-26. doi: 10.5772/37399
5. **Shirani, M., Mirvaghefi, A., Farahmand, H. and Abdollahi, M., 2012.** Assessing the antioxidant enzymes activity as biomarkers of oil pollution in mudskipper (*Periophthalmus waltoni*) from Bushehr coastal area (Persian Gulf). Journal of Animal Environment. 3(4): 63-72. (In Persian)
6. **De Gennaro, M.A., 2004.** Oil pollution liability and control under international maritime law: market incentives as an alternative to government regulation. Vand J Transnat'l L. 37:265.
7. **Brubaker, D., 1993.** Marine pollution and international law: principles and practice: London: Belhaven Press.
8. **ITOPF. 2019.** Oil Tanker Spill Statistics London.
9. **Hoang, A.T., Nguyen, X.P., Duong, X.Q. and Huynh, T.T., 2021.** Sorbent-based devices for the removal of spilled oil from water: a review. Environmental Science

[Downloaded from www.journalaer.com on 2026-11-15]

[DOI: 10.22034/AER.1.1.145]

and Pollution Research. 28(23): 28876-28910. doi: 10.1007/s11356-021-13775-z

10. **Crawley, G.M., 2016.** Fossil Fuels: Current Status and Future Directions. doi: 10.1142/9698

11. **Fingas, M. and Brown, C.E., 2017.** A review of oil spill remote sensing. sensors. 18(1): 91. doi: 10.3390/s18010091

12. **Wang, Z., An, C., Lee, K., Owens, E., Chen, Z. and Boufadel, M., 2021.** Factors influencing the fate of oil spilled on shorelines: a review. Environmental Chemistry Letters. 19(2): 1-8. doi: 10.1007/s10311-020-01097-4

13. **Kahkashan, S., Wang, X., Ya, M., Chen, J., Wu, Y. and Cai, Y., 2019.** Evaluation of marine sediment contamination by polycyclic aromatic hydrocarbons along the Karachi coast, Pakistan, 11 years after the Tasman Spirit oil spill. Chemosphere. 233: 652-659. doi: 10.1016/j.chemosphere.2019.05.217

14. **National Research Council. 2003.** Oil in the sea III: inputs, fates, and effects: national academies Press. doi: 10.17226/10388

15. **Zhang, B., Matchinski, E.J., Chen, B., Ye, X., Jing, L. and Lee, K., 2019.** Marine oil spills-Oil pollution, sources and effects. World seas: an environmental evaluation: Elsevier. 391-406. doi: 10.1016/B978-0-12.805052-1.00024-3

16. **Ringbom, H., 1999.** Preventing Pollution from Ships Reflections on the Adequacy of Existing Rules. Rev Eur Comp & Int'l Envtl L. 8(1): 21-28. doi: 10.1111/1467.9388.00174

17. **Mazzoccoli, M., Altosole, M., Vigna, V., Bosio, B. and Arato, E., 2020.** Marine Pollution Mitigation by Waste Oils Recycling Onboard Ships: Technical Feasibility and Need for New Policy and Regulations. Frontiers in Marine Science. 7: 566363. doi: 10.3389/fmars.2020.566363

18. **Chen, J., Zhang, W., Wan, Z., Li, S., Huang, T. and Fei, Y., 2019.** Oil spills from global tankers :Status review and future governance. Journal of cleaner production. 227(4): 20-32. doi: 10.1016/j.jclepro.2019.04.020

19. **Chughtai, R. and Asif, Z., 2021.** Study fate of pollutants due to oil spill in sea water through multimedia environmental modeling. International Journal of Environmental Science and Technology. 18(3): 761-770. doi: 10.1007/s13762-020-02849-z

20. **Ferguson, A., Solo-Gabriele, H. and Mena, K., 2020.** Assessment for oil spill chemicals: Current knowledge, data gaps, and uncertainties addressing human physical health risk. Marine pollution bulletin. 150: 110746. doi: 10.1016/j.marpolbul.2019.110746

21. **Iskander, L., Khalil, C.A. and Boufadel, M.C., 2021.** Fate of crude oil in the environment and remediation of oil spills. STEM Fellowship Journal. 6(1): 1-7. doi: 10.17975/sfj-2020-013

22. **Michel, J., Fegley, S.R., Dahlin, J.A. and Wood, C., 2017.** Oil spill response-related injuries on sand beaches: when shoreline treatment extends the impacts beyond the oil. Marine Ecology Progress Series. 576: 203-218. https://doi.org/10.3354/meps11917

23. **Bejarano, A.C. and Michel, J., 2016.** Oil spills and their impacts on sand beach invertebrate communities: A literature review. Environmental pollution. 218: 709-722 doi: 10.1016/j.envpol.2016.07.065.

24. **Adzigbli, L. and Yuewen, D., 2018.** Assessing the impact of oil spills on marine organisms. Oceanography Open Access. 6(179): 472-479. doi: 10.4172/2572-3103.1000179

25. **Beyer, J., Trannum, H.C., Bakke, T., Hodson, P.V. and Collier, T.K., 2016.** Environmental effects of the Deepwater Horizon oil spill: a review. Marine pollution bulletin. 110(1): 28-51. doi: 10.1016/j.marpolbul.2016.06.027

26. **Jarvela Rosenberger, A.L., MacDuffee, M., Rosenberger, A.G. and Ross, P.S., 2017.** Oil spills and marine mammals in British Columbia, Canada: development and application of a risk-based conceptual framework. Archives of environmental contamination and toxicology. 73(1): 131-153. doi: 10.1007/s00244-017.0408-7

27. **Langangen, Ø., Olsen, E., Stige, L.C., Ohlberger, J., Yaragina, N.A. and Vikebø, F.B., 2017.** The effects of oil spills on marine fish: Implications of spatial variation in natural mortality. Marine Pollution Bulletin. 119(1): 102-109. doi: 10.1016/j.marpolbul.2017.03.037

28. **Bado-Nilles, A., Gagnaire, B., Thomas-Guyon, H., Le Floch, S. and Renault, T., 2008.** Effects of 16 pure hydrocarbons and two oils on haemocyte and haemolymphatic parameters in the Pacific oyster, Crassostrea gigas (Thunberg). Toxicology in Vitro. 22(6): 1610-1617. doi: 10.1016/j.tiv.2008.04.011

29. **King, M.D., Elliott, J.E. and Williams, T.D., 2021.** Effects of petroleum exposure on birds: A review. Science of The Total Environment. 755: 142834. doi: 10.1016/j.scitotenv.2020.142834

30. **Guzman, H.M., Kaiser, S. and Weil, E., 2020.** Assessing the long-term effects of a catastrophic oil spill on subtidal coral reef communities off the Caribbean coast of Panama (1985–2017). Marine Biodiversity. 50(3): 1-19. doi: 10.1007/s12526-020-01057-9

31. **Sharifian, S., Kamrani, E. and Saeedi, H., 2022.** The prediction distribution of mangrove crab *Macrophthalmus* (*Macrophthalmus*) sulcatus H. Milne Edwards, 1852 in response to global warming. Journal of Animal Environment. 13(4): 253-258. (In Persian) doi: 10.22034/AEJ.2020.249393.2360

[Downloaded from www.journalaer.com on 2026-11-15]

[DOI: 10.22034/AER.1.1.145]

electroplating industrial wastewater. Chemosphere. 262: 128031. doi: 10.1016/j.chemosphere.2020.128031

43. **Patowary, M., Pathak, K. and Ananthakrishnan, R., 2016.** Robust superhydrophobic and oleophilic silk fibers for selective removal of oil from water surfaces. Rsc Advances. 6(77): 73660-73667. doi: 10.1039/C6RA14723B

44. **Zheng, Y., Wang, J., Zhu, Y. and Wang, A., 2015.** Research and application of kapok fiber as an absorbing material: A mini review. Journal of Environmental Sciences. 27: 21-32. doi: 10.1016/j.jes.2014.09.02

45. **Ifelebuegu, A.O., Nguyen, T.V.A., Ukotije-Ikwut, P. and Momoh, Z., 2015.** Liquid-phase sorption characteristics of human hair as a natural oil spill sorbent. Journal of Environmental Chemical Engineering. 3(2): 938-943. doi: 10.1016/j.jece.2015.02.015

46. **Ciufu, A.G., Al Janabi, A.A.A., Parvulescu, O.C., Dobre, T. and Raducanu, C., 2018.** Romanian Merino wool sorbent for oil spill cleanup. Rev Chim (Bucharest) . 69(9): 2585-2587. doi: 10.37358/RC.18.9.6580

47. **Wang, C.F. and Lin, S.J., 2013.** Robust super hydrophobic/superoleophilic sponge for effective continuous absorption and expulsion of oil pollutants from water. ACS applied materials & interfaces. 5(18): 8861-8864. doi: 10.1021/am403266v

48. **Xu, Y., Su, Q., Shen, H. and Xu, G., 2019.** Physicochemical and sorption characteristics of poplar seed fiber as a natural oil sorbent. Textile Research Journal. 89(19-20): 4186-4194.

49. **El-Din, G.A., Amer, A., Malsh, G. and Hussein, M., 2018.** Study on the use of banana peels for oil spill removal, Alexandria Eng. J. 57(3): 2061-2068. doi: 10.1016/j.aej.2017.05.020

50. **Xu, Z., Wang, J., Li, H. and Wang, Y., 2019.** Coating sponge with multifunctional and porous metal-organic framework for oil spill remediation. Chemical Engineering Journal. 370(5): 1181-1187. doi: 10.1016/j.cej.2019.03.288

51. **Li, H., Yin, Y., Zhu, L., Xiong, Y., Li, X. and Guo, T., 2019.** A hierarchical structured steel mesh decorated with metal organic framework/graphene oxide for high efficient oil/water separation. Journal of hazardous materials. 373: 725-732. doi: 10.1016/j.jhazmat.2019.04.009

52. **Mullin, J.V. and Champ, M.A., 2003**, Introduction/overview to in situ burning of oil spills. Spill Science & Technology Bulletin. Elsevier. 8(4): 323-330. doi: 10.1016/S1353-2561(03)00076-8

53. **Fingas, M., 2011.** An overview of in-situ burning. Oil spill science and technology.737-903.

54. **Tansel, B. and Lee, M., 2019.** Removal of crude oil from highly contaminated natural surfaces with corexit

32. **Iturbe-Espinoza, P., Bonte, M., Gundlach, E., Brandt, B.W., Braster, M. and van Spanning, R.J., 2022.** Adaptive changes of sediment microbial communities associated with cleanup of oil spills in Nigerian mangrove forests. Marine Pollution Bulletin. 176: 113406. doi: 10.1016/j.marpolbul.2022.113406

33. **Duke, N.C., 2016.** Oil spill impacts on mangroves: recommendations for operational planning and action based on a global review. Marine pollution bulletin. 109(2): 700-715. doi: 10.1016/j.marpolbul.2016.06.082

34. **Challenger, G.E., Gmur, S. and Taylor, E., 2021.** A review of Gulf of Mexico coastal marsh erosion studies following the 2010 Deepwater Horizon oil spill and comparison to over 4 years of shoreline loss data from Fall 2010 to Summer 2015. Marine Pollution Bulletin. 164: 111983. doi: 10.1016/j.marpolbul.2021.111983

35. **Balogun, A.L., Yekeen, S.T., Pradhan, B. and Yusof, K.B.W., 2021.** Oil spill trajectory modelling and environmental vulnerability mapping using GNOME model and GIS. Environmental Pollution. 268: 115812. doi: 10.1016/j.envpol.2020.115812

36. **Fales, R.J. and Smith, J.R., 2022.** Long-term change in a high-intertidal rockweed (Pelvetiopsis californica) and community-level consequences. Marine Biology. 169(3): 34. doi: 10.1007/s00227-022-04022-1

37. **Keesing, J.K., Gartner, A., Westera, M., Edgar, G.J., Myers, J. and Hardman-Mountford, N.J., 2018.** Impacts and environmental risks of oil spills on marine invertebrates, algae and seagrass: A global review from an Australian perspective. Oceanography and Marine Biology. 56: 311-370.

38. **Sharma, V., Ramish, A. and Sahu, O., 2021.** Oil spill recovery techniques in petroleum industry: a review on treatment process. J Oil Gas Petrochem Sci. 3(1): 1-5. doi: 10.30881/jogps.00029

39. **Blomberg, E., Terling, O. and Terling, G., 1981.** Experiences gained from deployment of booms and skimmers in various oil recovery applications. Proceedings: 1981 Oil Spill Conference(Prevention, Behavior, Control, Cleanup) March 2-5, Atlanta, GA, 11 fig. 649-653.

40. **Broje, V. and Keller, A.A., 2006.** Improved mechanical oil spill recovery using an optimized geometry for the skimmer surface. Environmental science & technology. 40(24): 7914-7918. doi: 10.1021/es061842m

41. **Pagnucco, R. and Phillips, M.L., 2018.** Comparative effectiveness of natural by-products and synthetic sorbents in oil spill booms. Journal of environmental management. 225: 10-16. doi: 10.1016/j.jenvman.2018.07.094

42. **Gayathri, R., Gopinath, K. and Kumar, P.S., 2021.** Adsorptive separation of toxic metals from aquatic environment using agro waste biochar: Application in

[Downloaded from www.journalaer.com on 2026-11-15]

[DOI: 10.22034/AER.1.1.145]

dispersants. Journal of environmental management. 247: 363-370. doi: 10.1016/j.jenvman.2019.06.091

55. **Amundsen, T., 2022.** The use and environmental impacts of dispersants for marine oil spill cleanup focusing on Corexit: a literature review.

56. **Zheng, M., Ahuja, M., Bhattacharya, D., Clement, T.P., Hayworth, J.S. and Dhanasekaran, M., 2014.** Evaluation of differential cytotoxic effects of the oil spill dispersant Corexit 9500. Life sciences. 95(2): 108-117. doi: 10.1016/j.lfs.2013.12.010

57. **Sayed, K., Baloo, L. and Sharma, N.K., 2021.** Bioremediation of total petroleum hydrocarbons (TPH) by bioaugmentation and biostimulation in water with floating oil spill containment booms as bioreactor basin. International Journal of Environmental Research and Public Health. 18(5): 2226. doi: 10.3390/ijerph18052226

58. **Okeke, E.S., Okoye, C.O., Ezeorba, T.P.C., Mao, G., Chen, Y. and Xu, H., 2022.** Emerging bio-dispersant and bioremediation technologies as environmentally friendly management responses toward marine oil spill: A comprehensive review. Journal of Environmental Management. 322: 116123. doi: 10.1016/j.jenvman.2022.116123

59. **Ganesan, M., Mani, R., Sai, S., Kasivelu, G., Awasthi, M.K. and Rajagopal, R., 2022.** Bioremediation by oil degrading marine bacteria: An overview of supplements and pathways in key processes. Chemosphere. 303: 134956. doi: 10.1016/j.chemosphere.2022.134956

[Downloaded from www.journalaer.com on 2026-11-15]

[DOI: 10.22034/AER.1.1.145]