آثار تلوث النفط على البيئة البحرية
ورقة المعلومات الفنية رقم

ITOPF
PROMOTING EFFECTIVE SPILL RESPONSE

13

مقدمة

يمكن أن تؤثر الانسكابات النفطية على البيئة البحرية، سواء كنتيجة للآثار المسببة للاختناق أو الآثار السامة. وعادةً ما تعتمد شدة الأثر على كمية النفط المنسكب ونوعه، والظروف المحيطة، ومدى حساسية الكائنات المتضررة وموائلها بالنسبة للنفط.

وتصف هذه الورقة آثار انسكابات النفط الناتجة عن السفن، وأنشطة عمليات التنظيف التي تنتج عنها على النباتات والأحياء البحرية. وينصب الاهتمام بصفة خاصة على مناقشة التفاعلات بين النفط والأنظمة البيولوجية، والتي خضعت للكثير من الدراسات المتباينة على مدار سنوات عديدة. وهناك أوراق منفصلة صادرة عن الاتحاد الدولي المحدود لمالكي الناقلات المعني بالتلوث حول مصايد الأسماك والأحياء البحرية وحول الأنشطة الإنسانية بصفة أوسع.

نظرة عامة

يمكن أن تسبب انسكابات النفط نطاقًا واسعًا من الآثار على البيئة البحرية، وعادةً ما يصورها الإعلام "ككوارث بيئية" لها عواقب وخيمة متوقعة على بقاء الأحياء والنباتات البحرية. وعند وقوع حادث كبير، يمكن أن يكون الأثر البيئي شديدًا على المدى القصير، مسببًا أزمة خطيرة للأنظمة الإيكولوجية وللأشخاص الذين يعيشون بالقرب من الساحل الملوث، بالتأثير على سبلهم المعيشية وإعاقة جودة حياتهم (*الشكل رقم 1*). وتشجع صور الطيور الملوثة بالنفط في أعقاب الانسكاب على الشعور بالضرر البيئي الدائم ومتسع النطاق مع الخسارة التي لا يمكن تجنبها للموارد البحرية. وبالنظر إلى رد الفعل المشحون للغاية والمفعم بالعاطفة الذي يرتبط بانسكابات النفط، فإنه عادةً ما يصعب الحصول على منظور متوازن للحقائق المتعلقة بأثر الانسكاب وما يعقبه من تعافي.

▲ *الشكل رقم 1: نفط عالق على السواحل بجانب قرية صيد.*

وقد تمت دراسة آثار الانسكاب وتوثيقها في الأدبيات العلمية والفنية على مدار عدة عقود. وبالتالي، فإن آثار التلوث النفطي مفهومة بما يكفي للسماح بإعطاء مؤشرات واسعة حول مدى الضرر بالنسبة لحادثٍ معين ومدته. ويكشف التقييم العلمي لآثار انسكاب النفط عن أنه، على الرغم من أن هناك ضررًا يقع وأنه يمكن أن يكون عميقًا على مستوى الكائنات المنفردة إلا أن التجمعات تكون أكثر قدرة على التكيف. وبمرور الوقت، فإن عمليات التعافي الطبيعية قادرة على إصلاح الضرر وإعادة النظام إلى وظائفه الطبيعية. ويمكن مساعدة عملية التعافي عن طريق إزالة النفط من خلال عمليات تنظيف يتم تنفيذها جيدًا، ويمكن الإسراع بها أحيانًا عن طريق تدابير استعادة الأوضاع إلى طبيعتها التي تدار بحرص. وقد تم تسجيل أضرار على المدى الطويل في حالات معدودة. ولكن، في معظم الحالات، وحتى بعد أكبر انسكابات النفط، فإنه يمكن توقع تعافي الموائل المتضررة والحياة البحرية المرتبطة بها على نطاق واسع في غضون فصول قليلة.

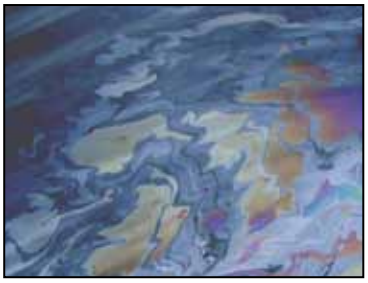
آليات أضرار انسكاب النفط

قد يؤثر النفط على البيئة بواحدة أو أكثر من الآليات التالية:

- الخنق المادي مع التأثير على الوظائف الفسيولوجية؛
- السُمِّيَّة الكيميائية التي تؤدي إلى آثار قاتلة أو دون قاتلة أو تسبب تعطيل الوظائف الخلوية؛
- التغيرات الإيكولوجية، وتمثل بصفة أساسية فقدان الكائنات الأساسية من المجتمع واحتلال الموائل من قِبَل السلالات الانتهازية؛
- الآثار غير المباشرة، مثل فقدان الموئل أو المأوى وما يستتبعه من القضاء على سلالات إيكولوجية هامة.

وتعتمد طبيعة انسكاب النفط وآثاره على العديد من العوامل. وهذه العوامل تشمل: كمية ونوع النفط المنسكب، وسلوكه في البيئة البحرية، وموضع الانسكاب بالنسبة للظروف المحيطة والخصائص المادية؛ والتوقيت، وبخاصة بالنسبة للفصل من السنة والظروف الجوية الغالبة. ومن العوامل الرئيسية الأخرى التركيب البيولوجي للبيئة المتضررة، والأهمية الإيكولوجية للسلالات المكوِّنة ومدى حساسيتها للتلوث النفطي. كما يمكن أن يكون لاختيار أنسب أساليب إجراء عمليات التنظيف ومدى فعالية تنفيذ العمليات تأثير كبير على آثار انسكاب النفط.

كما تعتمد الآثار المحتملة للانسكاب على سرعة تخفيف المادة المسببة للتلوث أو تشتتها بفعل العمليات الطبيعية. وهذا يحدد المدى الجغرافي للمنطقة المتضررة وما إذا كانت الموارد البيئية الحسّاسة معرضة لتركيزات مرتفعة من النفط، أو لمكوناته السامة لفترة زمنية طويلة. ويعتبر مدى تعرض الكائنات الحية للخطر وحساسيتها بالنسبة للتلوث النفطي على نفس القدر من الأهمية. والكائنات الحية المعرضة للخطر هي تلك التي، نظرًا لمكانها في البيئة البحرية، عادة ما تكون على سطح البحر أو عند



▲ *الشكل رقم 2: تتراوح الآثار المعتادة على الكائنات البحرية على مدار الطيف من السمية (وبخاصة بالنسبة لأنواع النفط الخفيفة ومنتجات النفط) إلى الاختناق (وقود النفط المتوسط (IFO) والثقيل (HFO) والرواسب التي تعرضت لعمليات التجوية).*

حافة المياه، فتزداد ملامستها للنفط. والكائنات الحية الحساسة هي التي يمكن أن تتأثر بصورة حادة بالنفط أو بمكوناته الكيميائية. أما الكائنات الحية الأقل حساسية فيمكن أن تكون أكثر احتمالاً للتعرض على المدى القصير. وفي عدد من البلدان، تم وضع خرائط للسواحل ومؤشرات تختص بمختلف الموائل طبقًا للحساسية. وعلى سبيل المثال، تعطي الخرائط الناتجة أو أطلس الحساسية مؤشرًا مرتفعًا لغابات المنغروف أو الأهوار المالحة، بينما عادةً ما تكون الشواطئ الرملية ذات مؤشر منخفض.

وتعد خصائص النفط المنسكب هامة في تحديد مدى أي أضرار (*الشكل رقم 2*). ويمكن أن يسبب انسكاب كمية كبيرة من نفط عالي الثبات، مثل نفط الوقود الثقيل (HFO)، أضراراً على نطاق واسع في مناطق السواحل الواقعة بين المد والجذر من خلال الأثر الخانق. ولكن احتمال حدوث الآثار السامة يكون أقل بالنسبة لنفط الوقود الثقيل أو غيره من أنواع النفط عالية اللزوجة وذات القابلية المحدودة للذوبان في الماء، نظرًا لأن المكونات الكيميائية للنفط لها إتاحة بيولوجية محدودة. والنفط الموجود داخل "الرصيف الأسفلتي" (وهو تكتل من النفط المتعرض بشدة لعوامل التجوية والحصى) هو بالمثل أقل إتاحة بيولوجية، بغضّ النظر عن فترة وجوده على الساحل، رغم أن هناك أضرارًا غير مباشرة يمكن أن تحدث نتيجةً لتغيير الموئل.

وفي المقابل، فإن المكونات الكيميائية للكيروسين أو غيره من أنواع النفط الخفيفة لها إتاحة بيولوجية أكبر، ويعتبر حدوث الضرر عن طريق السميّة أكثر احتمالاً. ولكنّ الانتشار السريع، من خلال التبخر والتشتت، يعني أن أنواع النفط الخفيفة قد تكون أقل ضررًا بوجه عام، طالما كانت الموارد الحسّاسة بعيدة بالقدر الكافي عن موقع الانسكاب. وعلى جانبٍ آخر، يمكن توقع أن تكون الآثار أكبر وأطول استدامة في المواقف التي يتم فيها الإبطاء بعمليات التخفيف، كما في الحالات التي تصبح فيها المادة الملوِّثة محتجزة في تربة طينية أو في مناطق مغلقة مثل البحيرات الصغيرة ذات التبادل المائي المحدود. وعند مستويات تعرض أقل ممّا يكفي لحدوث الوفيات، فإن وجود المكونات السامة قد يؤدي إلى آثار دون المميتة مثل تعطيل وظائف تناول الغذاء أو التكاثر.

وتعتبر البيئة البحرية معقدة إلى درجة كبيرة، وتعد التفاوتات الطبيعية في تكوين السلالات ووفرتها وتوزيعها المكاني والزمني، أحد الخصائص الأساسية لعملها الطبيعي. وفي داخل هذه البيئة، تتفاوت درجة التكيف الطبيعي للحيوانات والنباتات الطبيعية مع التغيرات التي تحدث داخل موائلها. وتوفر المواءمات الطبيعية للكائنات الحية مع الضغوط البيئية، ومع استراتيجيتها تربيتها، وآليات هامة لتحمل التفاوتات اليومية والموسمية في الظروف المحيطة. وتعني هذه القدرة المتضمنة على التكيف أن بعض النباتات والحيوانات قادرة على تحمل مستوى معين من التلوث النفطي. ورغم ذلك، فإن الانسكابات لا تشكل الضغط الإنساني الوحيد على الموائل البحرية. كما يمكن أن يسهم استنزاف الموارد الطبيعية على نطاق واسع والتلوث الصناعي والحضري المزمن، بصورة كبيرة، في درجة التفاوت داخل الأنظمة الإيكولوجية البحرية. وعلى خلفية التفاوت الطبيعي الكبير، فقد يصعب اكتشاف الضرر الأخف الذي يسببه انسكاب النفط، مثل انخفاض معدلات نجاح التربية أو الإنتاجية أو التنوع البيولوجي.

تعافي البيئة البحرية

تتوقف قدرة البيئة البحرية على التعافي من التقلبات الشديدة على مدى تعقيدها وقدرتها على التكيف. والتعافي من الظواهر الطبيعية المدمرة للغاية، مثل الأعاصير والتسونامي، يبيّن كيفية إعادة إنشاء الأنظمة الإيكولوجية مع مرور الوقت، وذلك حتى بعد التقلبات الشديدة التي تسبب وفيات على نطاق واسع. ورغم أن هناك جدل واسع النطاق يتعلق بتعريف التعافي والنقطة التي يمكن القول عندها بأن النظام الإيكولوجي قد تعافى، إلا أن هناك قبولاً عاماً لأن التغير في الأنظمة الإيكولوجية يجعل العودة إلى ظروف ما قبل الانسكاب بالضبط أمرًا بعيد الاحتمال. وتركز معظم تعريفات التعافي بدلاً من ذلك على إعادة إنشاء مجتمع من النباتات والأحياء البحرية مميّز للموئل ويعمل بصورة طبيعية من جهة التنوع البيولوجي والإنتاجية.

ويمكن توضيح هذا المبدأ من خلال تجربة عمليات التنظيف غير الملائمة التي أعقبت فقدان الناقلة "توري كانيون" قبالة سواحل إنكلترا في عام 1967، والتي أدى فيها استخدام عوامل التنظيف السامة على السواحل الصخرية إلى وقوع أضرار كبيرة. ورغم أنه من الممكن تتبع آثار التقلبات لأكثر من عقدين من الزمن، إلا أن العمل بوجه عام، والتنوع البيولوجي والإنتاجية للنظام الإيكولوجي قد تم استعادتها في غضون عام واحد إلى عامين. وطبقًا للتعريف المقترح أعلاه، يمكن القول بأن مجتمع الساحل الصخري قد تعافى في خلال فترة العامين. ورغم ذلك، يمكن التعرف على أوجه القصور في هذا التعريف من خلال التدبر في توزيع الأعمار بالنسبة للكائنات التي تكوّن البيئة البحرية. وبدلاً من تواجد الأعمار بكامل النطاق قبل الحادث، من الكائنات الصغيرة إلى الناضجة، فإن النباتات والحيوانات المستقدمة حديثًا تقع في نطاق عمري ضيق، وبالتالي فإن المجتمع كان، في البدء، أكثر صلابة.

وبالمثل، إذا تلف صف من نباتات المنغروف، إما من أثر الانسكاب أو لظواهر طبيعية، مثل عاصفة استوائية، فإن المنطقة المتضررة، بمرور الزمن، سوف يعاد استعمارها من قِبل نباتات صغيرة من المناطق المجاورة. ولكن، هذه النباتات البديلة ستكون جميعها من أعمار متشابهة ولن تعطي نفس التكامل الكامل للخدمات البيئية حتى تصل النباتات إلى نضجها الكامل. وتؤدي هذه الملاحظات إلى التفرقة بين الآثار والأضرار، حيث يمكن الكشف، في بعض الأحيان، عن الآثار الأقل أهمية (من ناحية العمل الطبيعي للنظام الإيكولوجي)، بعد تعافي النظام الإيكولوجي من أضرار التلوث.

وقد تطورت آليات التعافي للتعامل مع ضغوط الضراوة والأسباب الأخرى للوفيات. وعلى سبيل المثال، أحد أهم استراتيجيات التكاثر للكائنات البحرية هي التفريخ على نطاق واسع، حيث توضع أعداد كبيرة من البيض واليرقات في العوالق، ثم يتم توزيعها على نطاق واسع عن طريق التيارات المائية. وفي معظم الحالات، لا ينجو سوى بضعة أفراد من ملايين ليصبحوا من البالغين. وتؤدي هذه الخصوبة العالية إلى زيادة الإنتاج في المراحل المبكرة، مما يضمن مخزونًا كبيرًا ليس فقط لاستيطان مناطق جديدة والجذب إلى المناطق المتضررة من الانسكاب، بل يضمن استبدال الأفراد المفقودين من التجمعات. وفي المقابل، يحتمل أن تستغرق السلالات التي تعيش طويلاً والتي لا تصل إلى البلوغ الجنسي لعدة سنوات، والتي تنتج عددًا قليلاً من الذرية، وقتًا أطول في التعافي من آثار حادث التلوث.

وفي معظم الحالات يحدث التعافي في غضون عدة دورات موسمية ويحدث لمعظم الموائل في غضون عام واحد إلى ثلاثة أعوام، وتعتبر نباتات المنغروف من الاستثناءات البارزة، كما يبين الجدول رقم 1 أدناه.

الموئل	فترة التعافي
العوالق	أسابيع/شهور
الشواطئ الرملية	1 – 2 عام
شواطئ صخرية مفتوحة	1 – 3 عام
شواطئ صخرية مغطاة	1 – 5 عام
الأهوار المالحة	3 – 5 عام
نباتات المنغروف	10 أعوام فأكثر

▲ *الجدول رقم 1: مؤشرات لفترات التعافي بعد التلوث بالنفط، لموائل مختلفة. تعتمد الفترة على العديد من العوامل والتي تشمل كمية النفط المنسكب ونوعه. هنا يتم تعريف الاستعادة على أنها النقطة التي يعمل فيها الموئل بصورة طبيعية.*

البيئات البحرية

تدرس الأقسام التالية الأنواع المختلفة من الأضرار التي يسببها انسكاب النفط من السفن في مختلف البيئات.

المياه الخارجية والساحلية

تطفو معظم أنواع النفط على سطح البحر وتنتشر عبر مناطق واسعة بفعل الأمواج والرياح والتيارات المائية. وقد تتشتت بعض أنواع النفط منخفضة الكثافة بصورة طبيعية داخل الأمتار العلوية القليلة من عمود المياه، وبخاصة في وجود الأمواج المتلاطمة، حيث يتم تخفيفها بسرعة. وإذا كان انبعاث النفط متصلاً مع الزمن، فقد تظل هناك تركيزات عالية من النفط المتشتت في المستويات العليا من عمود المياه بالقرب من نقطة الانبعاث. وبغض النظر عن هذا، فإن تأثير النفط المنسكب على سلالات الكائنات الحية الموجودة في الجزء السفلي من عمود المياه أو في قاع البحر يكون منخفضًا، رغم أن الضرر قد يقع من الحطام الغارق، أو انسكابات أنواع النفط الثقيلة للغاية (أو ذات قيم API° المنخفضة)* أو من الرواسب المشبعة بالقطران التي تبقى في أعقاب حرائق النفط.

العوالق

المناطق المفتوحة من البحار والمحيطات تدعم العديد من الكائنات المجهرية البسيطة العالقة، والتي تتألف من البكتريا والنباتات (العوالق النباتية) والحيوانات (العوالق الحيوانية). وهي تشمل بيض ويرقات الأسماك واللافقاريات، وتشمل تلك التي تستقر في النهاية على قاع البحر أو الساحل. وعادةً ما تتعرض العوالق إلى مستويات عالية للغاية من الفناء، وهي تحدث في المقام الأول نتيجة تعرضها لهجمات الكائنات الضارية، ولكنها تحدث أيضًا من خلال التغيرات في الظروف البيئية والانتقال إلى مناطق تستحيل فيها استدامة البقاء. وفي المقابل، يمكن أن تؤدي الظروف المواتية بشكل خاص، والموارد الوفيرة من المواد الغذائية إلى ازدهار العوالق مما يجعل تعدادها يزيد إلى درجة كبيرة، وبالأخص في الربيع في الجو المعتدل. وبمجرد انحسار المدخلات الغذائية أو استهلاك الغذاء بالكامل، فإن تلك التجمعات تنهار وتتحلل الكائنات الميتة حيويًا وتسقط إلى قاع البحر. وقد تحسّن النظام الإيكولوجي ليستجيب إلى هذه الظروف القصوى من خلال الإنتاج الغزير في غضون زمن عدة أجيال قليلة. ونتيجة لذلك، فإن العوالق عادة ما يكون توزيعها غير منتظم للغاية سواء في المكان أو الزمان، مما يضعها بين أكثر المجتمعات البحرية تباينًا.

وقد أثبتت حساسية العوالق للتعرض للنفط جيدًا، ويبدو أن هناك إمكانية لحدوث آثار بعيدة المدى. ولكن التكاثر المفرط المعتاد في المراحل العمرية الصغيرة يعطي حاجزًا يسمح باجتذاب الصغار من المناطق المجاورة التي لم تتأثر بالانسكاب، مما يكفي لتعويض الخسائر في مرحلة البيض واليرقات، بحيث لم يتم ملاحظة انخفاضات كبيرة في تعداد البالغين في أعقاب الانسكابات.

السمك

على الرغم من سهولة تعرض الأسماك في مراحلها العمرية المبكرة للضرر من وجود النفط في عمود المياه، إلا أن السمك البالغ يكون أكثر قدرة على التكيف ونادرًا ما تكتشف آثار على مستويات القطعان غير الأليفة. ويعتقد أن السمك الذي يسبح بحرية يتجنب النفط. وفي بعض الظروف الاستثنائية تم تسجيل القضاء على مواليد العام من بعض السلالات ولكن النفوق على نطاق واسع يندر حدوثه. وقد ارتبطت حالات النفوق التي حدثت بتركيزات مرتفعة للغاية، ومحدودة من النفط المتشتت في عمود المياه في ظروف العواصف، مع انبعاث كميات كبيرة من أنواع النفط الخفيفة إلى الأمواج المتلاطمة على طول الساحل، أو الانسكابات في الأنهار. ويتم استعراض آثار انسكاب النفط على قطعان الأسماك المستغلة والمنتجات البحرية التي تتم زراعتها بمزيد من التفصيل في ورقة أخرى منفصلة صادرة عن الاتحاد الدولي المحدود لمالكي الناقلات المعني بالتلوث بعنوان "آثار تلوث النفط على مصائد الأسماك وتربية الأحياء البحرية"

* *مقياس الوزن الخاص بالمعهد الأمريكي للبترول.*

▲ *الشكل رقم 3: تجمّع من البطاريق الأفريقية (باللاتينية Spheniscus demersus) الملوثة بالنفط.*

▲ *الشكل رقم 4: تستفيد البطاريق من عمليات التنظيف أكثر من أي سلالة أخرى من الطيور. هنا، يتم إعادة توطين البطريق نطّاط الصخور (باللاتينية Eudyptes moseleyi)*

الطيور البحرية

تعتبر الطيور البحرية أكثر الكائنات التي تعيش في المياه المفتوحة تعرضًا للخطر، وقد تفنى أعداد كبيرة منها في الحوادث الكبيرة. ويعتبر البط البحري، وغيره من السلالات التي تسبح معًا في أسراب على سطح البحر معرضة للخطر بصورة خاصة. ولكن، يمكن أن يحدث أيضًا نفوق على نطاق واسع في تجمعات الطيور البحرية من أسباب غير مرتبطة، مثل العواصف أو فقدان مصدر الغذاء أو الموئل. وقد يتطلب الأمر إجراء دراسات بعد حدوث النفوق لتحديد سبب الوفاة وما إذا كان هذا يُعزى إلى حادثٍ معين.

ويعد إتلاف ريش الطيور أكثر آثار النفط وضوحًا على الطيور. فالريش يعمل على حجز الهواء الساخن في مواجهة الجلد، مما يوفر كلاً من القدرة على الطفو والعزل الحراري. وحين يتلوث الريش بالنفط، فإن الهيكل البنائي الرقيق لطبقة الحماية والعزل يتعطل، مما يسمح لمياه البحر بالدخول مباشرة إلى الجلد، ويؤدي ذلك إلى فقدان حرارة الجسم مما يؤدي إلى إصابة الطائر في النهاية بانخفاض حرارة الجسم. وفي الأجواء الباردة، قد يكفي وجود بقعة صغيرة من النفط على ريش الطائر لتسبب النفوق. وفي العديد من السلالات، تعمل طبقة من الدهن تحت جلد الطائر كطبقة عزل إضافية، وأيضًا كمخزن للطاقة. وقد يستهلك هذا المخزن بسرعة مع محاولة الطائر تدفئة نفسه. وقد يغرق الطائر الذي يعاني من البرودة، والإرهاق وفقدان القدرة على الطفو. وبالإضافة إلى ذلك، فإن الريش المتلوث بالنفط يقلل من قدرة الطائر على الإقلاع والطيران بحثًا عن الطعام أو للهروب من الجوارح.

وبمجرد تلوثه بالنفط، فإن الغريزة الطبيعية للطائر تدعوه إلى تنظيف نفسه عن طريق تسوية الريش، وهو ما قد ينشر النفط إلى المناطق النظيفة من جسده. ومن المحتمل أن يبتلع النفط مما قد يكون له آثار خطيرة، مثل انسداد الرئتين، ونزيف الأمعاء أو الرئتين، أو الالتهاب الرئوي وفشل الكبد أو الكلى. وعند العودة إلى العش، يمكن أن ينتقل النفط من ريش الطائر إلى ريش صغاره أو إلى البيض الذي ينتظر الفقس. ويمكن أن يؤدي تلوث البيض بالنفط إلى تقليل سُمك قشر البيض، وعدم فقس البيض وأطوار غريبة في النمو.

وليس هناك رابط واضح بين كمية النفط المنسكب وبين احتمال التأثير على الطيور البحرية. فيمكن أن يكون انسكاب صغير يحدث أثناء موسم التكاثر أو أثناء وجود تجمعات كبيرة من الطيور البحرية، أكثر ضررًا من انسكاب كبير في وقتٍ آخر من العام أو في بيئة أخرى. وتستجيب بعض السلالات لفناء المستعمرة من خلال وضع المزيد من البيض، والتكاثر بمعدل أعلى أو اشتراك طيور أصغر عمرًا في المجموعة التي تقوم بالتكاثر في وقتٍ مبكر. ويمكن أن تساعد هذه العمليات في التعافي، رغم أن التعافي قد يستغرق عدة سنوات ويعتمد أيضًا على مصدر الطعام، ومدى إتاحة الموئل وغيرها من العوامل. ورغم أنه من الشائع تسجيل خسائر على المدى القصير والمدى المتوسط، إلا أن آليات الاستعادة المبينة أعلاه قد تنجح في الوقاية من الآثار على المدى الطويل على مستوى التجمعات الكبيرة. ولكن، في بعض الحالات، قد يكون هناك خطر من أن يؤدي انسكاب النفط إلى دخول مستعمرة تعيش بالكاد إلى انحدار دائم.

وقد تبذل محاولات لتنظيف الطيور الملوثة بالنفط وإعادة تأهيلها، ولكن بالنسبة للعديد من السلالات لا ينجو من عملية التنظيف إلا نسبة ضئيلة من الطيور التي تمت معالجتها. وتنجو نسبة أقل من هذه الطيور التي يتم إطلاقها في البرية وتتكاثر بنجاح. وتعتبر طيور البطريق استثناءً من هذه القاعدة، وهي أكثر قدرة على التكيف بصفة عامة من العديد من السلالات الأخرى. وعند التعامل معها بصورة مناسبة، فإنه يحتمل أن ينجو معظمها من عمليات التنظيف وأن تعاود الانضمام إلى المجموعات المتكاثرة (*الشكل رقم 3 و الشكل رقم 4*). وحتى بالنسبة لطيور البطريق، فقد وجد أن نجاح تكاثر الطيور التي تم تنظيفها يكون أقل من تلك التي هربت من النفط تمامًا. ورغم ذلك، فإن تطور الممارسات الفضلى لتنظيف الطيور وانتشارها يساعد على تحسين المخرجات.

الثدييات والزواحف البحرية

قد تتعرض الحيتان والدلافين وغيرها من الحوتيات للخطر من جراء النفط الطافي حين تصعد إلى السطح للتنفس أو الوثب في المياه. وهناك فرضيات بحدوث أضرار في الأنسجة الأنفية والعينين من جراء النفط. ولكن، في حالات النفوق المسجلة، خلصت عمليات تشريح الجثث بوجه عام إلى أن النفوق قد حدث من أسباب أخرى بخلاف النفط. وفي حين أن الثدييات البحرية الاستوائية البكيرة، مثل الخيلانيات العاشبة (أبقار البحر والدلافين)، قد تتعرض للخطر أيضًا، إلا أنه من النادر جدًا ورود تقارير تشير إلى تعرض هذه الحيوانات للأضرار من جراء انسكاب النفط. ولكن، الفقمة وثعالب الماء والثدييات البحرية الأخرى التي تخرج من المياه أو تقضي بعض الوقت على السواحل، تكون أكثر احتمالاً للتعرض للنفط والمعاناة من آثاره. وتعتبر السلالات

▲ *الشكل رقم 5: يمكن أن يؤثر النفط تأثيرًا سلبيًا على قدرة الثدييات، مثل حيوان الفقمة هذا من فصيلة فقمة جنوب أمريكا الفرائية (باللاتينية Arctocephalus australis) على الحفاظ على وظائفه الفسيولوجية الحيوية.*

التي تعتمد على الفراء لتنظيم درجة حرارة أجسامها الأكثر تعرضًا للخطر من النفط نظرًا لأن هذه الحيوانات قد تموت من فقدان الحرارة أو فرط الحرارة، طبقًا للفصل من السنة، إذا أصبحت فراؤها مغطاة بالنفط (*الشكل رقم 5*).

وقد يمثل النفط الطافي تهديدًا للزواحف البحرية، مثل السلاحف والبط البحري وثعابين البحر. وتتعرض السلاحف البحرية للخطر بصفة خاصة أثناء موسم البيات. وقد يحدث فقدان البيض واليرقات إذا علق النفط على الشواطئ الرملية أو إذا تعرضت الأوكار للتلف أثناء عمليات التنظيف. ويمكن أن تعاني السلاحف البالغة من التهابات في الأغشية المخاطية مما يزيد من تعرضها للعدوى. ولكن، هناك حالات عديدة تم فيها تنظيف السلاحف المعرضة للنفط بنجاح وإعادتها البحر (*الشكل رقم 6*). وتتعرض جميع سلالات السلاحف البحرية للخطر أو التهديد من الأنشطة البشرية، وبصفة خاصة من جراء الصيد غير المتعمد، والاستهداف المتعمد لها كطعام أو للحصول على درعها ومن جراء فقدانها للمأوى.

المياه الداخلية الضحلة

تنتج الأضرار في المياه الضحلة في معظم الأحيان من اختلاط النفط بعمود المياه من خلال حركة الأمواج القوية أو من خلال الاستخدام غير المناسب للمشتتات على مسافة قريبة جدًا من الشاطئ. وفي العديد من الأحيان، تكفي قدرة التخفيف، والتي تنتج مثلاً من الغسيل بفعل المد والجذر، للإبقاء على تركيزات النفط في المياه دون المستويات الضارة. وفي المقابل، ففي الحالات التي حدث فيها تشتت للمنتجات المكررة الخفيفة أو أنواع النفط الخام الخفيفة في المياه الضحلة مما أدى إلى تركيزات عالية من المكونات السامة للنفط، فقد نفقت الحيوانات التي كانت تعيش قرب القاع (الحيوانات القاعية) وتلك التي كانت تعيش في التربة.

الأعشاب البحرية

هناك سلالات مختلفة من الأعشاب البحرية تعيش في المياه المعتدلة والاستوائية. وهي تدعم نظامًا إيكولوجيًا شديد التنوع، وتوفر المأوى للعديد من الكائنات الأخرى، حيث تقلل مساحات الأعشاب البحرية من التيارات المائية، في حين تؤدي هياكل جذورها إلى تثبيت قاع البحر، وتحمي المناطق الساحلية من التآكل. ومن المحتمل جداً أن يمر النفط الطافي على الأعشاب البحرية دون أضرار تذكر. ولكن، إذا اختلط النفط أو مكوناته السامة بهذه المياه الداخلية الضحلة بتركيزات مرتفعة بدرجة كافية،

▲ *الشكل رقم 6: سلحفاة صغيرة من اللجأة صقرية المنقار التي تعيش في المحيط الأطلسي (باللاتينية Eretmochelys imbricate) تخضع لعملية تنظيف (الصورة مهداة من خفر السواحل الأمريكي USCG).*

فقد تتأثر الأعشاب البحرية والكائنات المرتبطة بها. ويجب توخي الحذر عند القيام بعمليات التنظيف بالقرب من الأعشاب البحرية، نظرًا لأن النباتات قد تتمزق أو تنتزع بفعل مراوح الدفع الخاصة بالمراكب وأثقال تثبيت حواجز التطويق الطافية.

الشعاب المرجانية

توفر الشعاب المرجانية نظامًا إيكولوجيًا شديد الثراء والتنوع، وهي منتجة للغاية وتوفر الحماية الساحلية للسواحل التي يمكن أن تكون معرضة بدونها. وتعتبر الشعاب المرجانية من الكائنات الحساسة للغاية، ويمكن أن يستغرق تعافيها من التلوث بالنفط فترات طويلة. ويمثل النفط المتشتت أكبر مخاطر الإضرار بالشعاب المرجانية. وتكون هذه المخاطر أكبر ما يمكن حين تشجّع زيادة الاضطرابات التي تسببها الأمواج المتلاطمة على التشتت الطبيعي للنفط المنسكب وحيثما تستخدم المشتتات. وبالإضافة إلى الشعاب المرجانية ذاتها، فإن المجتمعات التي يدعمها المونل حسّاسة هي الأخرى بالنسبة للنفط. وبالتالي، يجب ألا تستخدم المشتتات بالقرب من الشعاب المرجانية. وفي النادر، قد تجف الشعاب المرجانية بفعل المد والجذر في الربيع، مما يعرضها لخطر الاختناق بفعل النفط الطافي.

ويعتبر غرق المراكب أحد المصادر الأكثر شيوعًا لتلف الشعاب المرجانية بالمقارنة بالتلوث النفطي. ويمكن أيضًا للآثار البشرية الأخرى أن تؤدي إلى ضغوط على الشعاب المرجانية، مثل الصيد المفرط أو ممارسات الصيد المدمرة وتلوث الغذاء وزيادة الترسيب نتيجة إزالة الغابات ومشروعات الإنشاءات الساحلية.

السواحل

تتعرض السواحل لآثار النفط أكثر من أي جزء آخر من البيئة البحرية. ولكن الكثير من النباتات والأحياء البحرية الموجودة على الشاطئ تتميز بطبيعتها بالقدرة على التكيف، نظرًا لأنها لا بد أن تتحمل دورة المد والجذر بالإضافة إلى التعرض المتكرر للأمواج المتلاطمة والرياح المسببة للجفاف ودرجات الحرارة القصوى والتغيرات في درجة الملوحة من خلال سقوط الأمطار وغيرها من الضغوط الشديدة. كما تمنح هذه القدرة على التحمل العديد من الكائنات الساحلية القدرة على تحمل آثار الانسكاب والتعافي منها.

الشواطئ الصخرية والرملية

يعني التعرض لآثار الاحتكاكات بفعل حركة الأمواج وتيارات المد والجذر أن الشواطئ الصخرية والرملية هي الأكثر قدرة على تحمل آثار الانسكاب (*الشكل رقم 7*). وعادة ما تتيح هذه الاحتكاكات أيضًا حدوث التنظيف الذاتي الطبيعي والسريع. ومن الأمثلة المعتادة للآثار التي تشهدها الشواطئ الصخرية في الأجواء المعتدلة الفقدان المؤقت للكائنات الملتصقة (*بطلينوس الصدفة الرخوية*)، وهي من السلالات "الارتكازية" في المحار البحري. والسلالات "الارتكازية" هي النباتات أو الحيوانات التي لها تأثير تحكّمي على النظام الإيكولوجي لا يتناسب مع كتلتها الحيوية، ويحتمل أن تؤدي إزالتها إلى تغييرات جذرية في النظام الإيكولوجي. وتحد الكائنات الملتصقة التي تتغذى على الطحالب متناهية الصغر الموجودة على الأسطح الصخرية من نمو الطحالب واستقرار النباتات الأخرى. وعادةً ما يؤدي فقدان تلك الكائنات إلى نمو الطحالب الخضراء الانتهازية بسرعة (*الجزء المكبّر من الشكل رقم 7*). وبمرور الوقت، فإن نمو الطحالب هذا تحل محله سلالات أخرى من الطحالب، ومع توافر المساحة للكائنات الملتصقة لإعادة التوطن على السطح الصخري، فإن التوازن الإيكولوجي يُستعاد تدريجيًا. وعلى الشواطئ الرملية الاستوائية ودون الاستوائية، تشغل سرطانات البحر الشبحية (*الأوسيبود*) مكانة بيئيةً متميزةً تشبه مكانة الكائنات الملتصقة. وتعد معدلات النفوق العالية أحد الخصائص الشائعة عند حدوث التلوث النفطي على السواحل. وعلى الرغم من هذا، ففي غضون أسابيع من تنظيف السواحل، عادةً ما تعود سرطانات البحر لاستيطان الشواطئ بأعداد مشابهة لما كانت عليه من قبل.

شواطئ الترسبات الناعمة

توجد الرمال الناعمة والطمي في المناطق المعزولة عن حركة الأمواج، وتشمل مصبات الأنهار الضيقة، وتميل إلى أن تكون منتجة بيولوجيًا بدرجة عالية (*الشكل رقم 8*). وعادة ما تدعم أعدادًا كبيرة من الطيور المهاجرة واللافقاريات المتوطّنة في التربة، وتشمل ذوات الصدفتين، وهي تمثل أيضًا أماكن حاضنة لبعض السلالات.

ورغم أن الترسبات الناعمة لا تتأثر بسهولة مثل الركائز الأخرى، إلا أن النفط يمكن أن يتداخل معها من خلال تكوين الكتل مع التربة التي يتم تقليبها عن طريق نشاط العواصف أو الاختراق من خلال جحور الديدان وسيقان النباتات المفتوحة. ويمكن أن تثبت الملوثات التي تخترق بالفعل الترسبات الناعمة لسنوات عديدة، مما يزيد من احتمال حدوث آثار أطول أمدًا.

الأهوار الملحية

عادةً ما تغلب نباتات الأهوار الملحية على الجزء العلوي من الشواطئ ذات الترسبات الناعمة، وهي تشمل النباتات الخشبية المعمّرة والنباتات الحولية المزدهرة والأعشاب. وعادة ما ترتبط الأهوار الملحية بالأجواء المعتدلة ولكنها توجد في شتى أنحاء العالم، من المناطق الواقعة أسفل القطبين إلى المناطق الاستوائية. وفي السواحل الاستوائية، عادة ما ترتبط الأهوار الملحية بنباتات المنغروف، وتشغل المنطقتين العلوية والسفلية من المناطق الواقعة بين أقصى مد وأدنى جذر على الترتيب. ويتحدد تركيب السلالة إلى درجة كبيرة من خلال الملوحة. وعلى سبيل المثال، في المياه منخفضة الملوحة أو العكرة التي توجد في الأجزاء العليا من مصبات الأنهار الضيقة، تختفي نباتات الأهوار ليحل محلها أحواض القصب. كما يسهم فتات النباتات الذي ينجرف بعيدًا عن الأهوار في الشبكات الغذائية في مصبات الأنهار الضيقة وفي المياه القريبة من الساحل. وقد منحت العديد من الأهوار الملحية وضعًا خاصًا للحفاظ عليها بموجب اتفاقية "رامسار" للأراضي الرطبة ذات الأهمية الدولية، وذلك نظرًا لأهميتها كموائل للطيور، وبخاصة السلالات المهاجرة.

▲ *الشكل رقم 7: عادة ما تتعرض السواحل الصخرية للرياح والأمواج ويمكن أن تنظف نفسها تلقائيًا بسرعة. قد تتأثر الكائنات الحية وتشمل الكائنات الملتصقة بالنفط. و قد تؤدي الوفيات الكثيرة إلى زيادة تالية في النباتات الطفيلية (الطحالب والطحالب البحرية) التي كان يمكن أن تظل تحت السيطرة بفعل تغذي الكائنات عليها. وبمرور الوقت، تعود السلالات للظهور وسوف تتم استعادة التوازن.*

▲ *الشكل رقم 8: عادة ما توجد الترسبات الناعمة على طول السواحل المحمية، الأقل ديناميكية، وعادة ما تكون منتجة بيولوجيًا إلى درجة عالية. يجب التفكير في ترك الأهوار الملوثة بالنفط لتنظف نفسها بصورة طبيعية، نظرًا لأن عمليات التنظيف يمكن أن تنشر الأضرار وأن تزيدها.ويمكن أن يبقى النفط المخترق للركيزة، كما هو مبين في العينة المقطعية، لسنوات طويلة.*

ويعتمد أثر انسكاب النفط على الأهوار الملحية على الوقت من العام بالنسبة لفترات نمو النبات. وتكون الأهوار في المناطق معتدلة الطقس أو المناطق الباردة خاملة أثناء شهور الشتاء، في حين أن النمو في البحر المتوسط يكون بطيئًا أثناء درجات الحرارة العالية صيفًا. ومن غير المحتمل أن يؤدي حادث واحد إلى أكثر من مجرد آثار مؤقتة، ولكن الأضرار طويلة الأمد، والتي يمكن أن تدوم لعدة سنوات، يمكن أن تنتج من التلوث النفطي المزمن المتكرر أو من خلال عمليات التنظيف العنيفة مثل العبث بالركيزة أو استخدام المعدات الثقيلة أو إزالة الركيزة الملوثة. ويصعب تنظيف الأهوار الملحية بدون التعرض لخطر التسبب في المزيد من الضرر، ولذا ينصح عادة بترك الأهوار ليتم تنظيفها بطريقة طبيعية. ولكن، إذا كان هناك تفكير في حرق أو قطع النباتات، فإن أفضل وقت لفعل هذا هو بعد موت النباتات. وبوجه عام، طالما أن جذور أو بصيلات النباتات لم تتعرض للأذى من جراء التلوث النفطي الشديد ولا للضغط الشديد أثناء عملية التنظيف، فإنه قد يتوقع أن تعقب هذا إعادة نمو موسمي.

نباتات المنغروف

إن نباتات المنغروف هي عبارة عن نباتات تتحمل الملوحة وشجيرات تنمو على هوامش المياه المحمية سواء الاستوائية أو دون الاستوائية. وتوفر صفوف نباتات المنغروف موئلاً ثمينًا لسرطان البحر، والمحار وغيرها من اللافقاريات، وذلك بالإضافة إلى كونها مناطق تفريخ هامة للسمك والجمبري. وبالإضافة إلى ذلك، فإن هياكل الجذور المعقدة تحتجز التربة وتثبتها، وبالتالي تقلل من تآكل السواحل وتحد من ترسب التربة الأرضية على الأرضيات العشبية المجاورة والشعاب المرجانية.

وبحكم موقعها، فإن نباتات المنغروف تتعرض للخطر بشدة من انسكابات النفط. كما تعتبر نباتات المنغروف حسّاسة للغاية للتلوث بالنفط، ويعتمد إلى حدٍ كبير على الركيزة التي تنمو عليها نباتات المنغروف. وعادة ما تنمو هذه النباتات في التربة الطينية الكثيفة اللاهوائية وتعتمد على الأكسجين الذي تستمده من خلال مسامات صغيرة (غدد عدسية الشكل) على الجذور الهوائية (*الشكل رقم 9*). وقد يؤدي غمر منظومة الجذور في النفط الثقيل إلى سد موارد الأكسجين، وقد يؤدي إلى موت نباتات المنغروف. ولكن، في التربة المفتوحة جيدة التهوية، والتي تسمح بتبادل المياه بصورة حرة نسبيًا، فإن منظومة الجذور تسحب الأكسجين من مياه البحر، وبالتالي فإنها تتحمل الاختناق بالنفط إلى درجة أعلى. وفي الآلية الثانية، تتداخل المكونات السامة للنفط، ويظهر ذلك جليًا في المنتجات المكررة الخفيفة، مع أنظمة النباتات التي تحافظ على التوازن الملحي، مما يؤثر على قدرتها على تحمل المياه المالحة. وقد أظهرت التجربة أن فقدان نباتات المنغروف نتيجة الاختناق بالنفط الثقيل يبدو أقل احتمالاً من موتها نتيجة الغمر بالمنتجات الأخف، وتشمل بعض عوام التنظيف، والتي قد تؤدي إلى خسارة محدودة لغطاء النباتات.

يمكن أن تتأثر الكائنات التي تعيش داخل النظام الإيكولوجي لنباتات المنغروف سواء بالآثار المباشرة للنفط أو بخسارة الموئل على المدى الطويل. ويمكن أن تستغرق استعادة النظام الإيكولوجي المعقد لهذه النباتات وقتًا طويلاً وقد يكون لتدابير إعادة الأوضاع إلى ما كانت عليه قدرة حقيقية على الإسراع بعملية التعافي في مثل هذه الموائل.

الضرر على المدى الطويل

عادة ما تتضمن عمليات التنظيف الفعّالة إزالة التلوث بالنفط السائب، وتقليل المدى الجغرافي لضرر التلوث وفترته الزمنية، والسماح ببدء عمليات التعافي الطبيعية. ولكن، يمكن أن تؤدي عمليات التنظيف الهجومية إلى المزيد من الأضرار وبالتالي تفضل عمليات التنظيف الطبيعية. وبمرور الوقت، تؤدي عوامل عديدة إلى تقليل سُمِيَّة النفط وبذلك يمكن أن تدعم الركيزة الملوثة النمو الجديد (*الشكل رقم 10*).

▲ *الشكل رقم 9:نباتات المنغروف تتأثر بشدة بالنفط. يمكن أن يؤدي تغليف جذور الركيزة أو النباتات التي تشبه السيقان (وهي هياكل للتنفس تنبت رأسيًا عبر الركيزة) انسداد الغدد عدسية الشكل (المسام) ما يحول دون تبادل الغازات ويؤدي إلى الاختناق.*

وعلى سبيل المثال، يمكن أن يتم غسل النفط من خلال الأمطار وحركة المد والجذر، ومع تعرض النفط لعوامل التجوية، فإن الأجزاء المتطايرة تتبخر، وتترك النفط المترسب الأقل سُميَّة.

ونظرًا لقدرة البيئة البحرية القوية على التعافي بصورة طبيعية، فإن أثر انسكاب النفط عادةً ما يكون محدودًا وانتقاليًا. وهناك العديد من الأمثلة الموثّقة على الأضرار طويلة الأمد. ولكن، في ظل ظروف محددة، قد يثبت الضرر وتكون إعاقة النظام الإيكولوجي أطول بقاءً ممّا يتوقع عادة. وترتبط الظروف التي تميل إلى أن تؤدي إلى أضرار طويلة الأمد بثبات النفط، وبخاصة حين يكون النفط قد أصبح محتجزًا داخل التربة، ومحميًا من عمليات التجوية الطبيعية. وتشمل الأمثلة الموائل المحمية، مثل الأهوار والسواحل المغطاة بالحصى والمياه القريبة من الساحل، وبخاصة حين يتزامن انسكاب النفط مع ظروف العواصف. ويحتمل أن يؤدي ارتفاع العواصف لتغمر الأهوار، مع ما يصحب ذلك من اضطرابات مائية، إلى تعليق الترسبات الناعمة وإلى اتصالها مع النفط المتشتت بصورة طبيعية. وبمجر انحسار العاصفة، فإن النفط الموجود داخل التربة يستقر على أرضية الأهوار. وتؤدي ظروف مماثلة إلى دخول النفط ضمن الترسبات الناعمة واستقراره في المياه القريبة من الشواطئ. وفي كلا الحالتين، فإن الظروف اللاهوائية، تبطئ من أي تحلل للتربة. وعلى السواحل المغطاة بالحصى، يمكن أن يؤدي تعرض مخلوط النفط والحصى لعوامل التجوية إلى تكوين "رصيف أسفلتي"، والذي قد يثبت لبعض الوقت. والمنتجات النفطية الأكثر كثافة من مياه البحر، مثل أنواع النفط الثقيلة للغاية أو بقايا الحريق، تسقط إلى قاع البحر حيث يمكن أن تظل دون حراك لفترات غير محددة، وقد تؤدي إلى اختناق محدود للكائنات التي تعيش في القاع.

دراسات ما بعد الانسكاب

جاءت الأبحاث التي تدرس آثار التلوث النفطي في أعقاب كل حادث كبير تقريبًا منذ فقدان سفينة "توري كانيون". ونتيجة لذلك، يوجد الآن كم كبير من المعارف حول الآثار البيئية المحتملة للانسكاب. وبالنظر إلى مستوى المعرفة، فإنه ليس من الضروري ولا من المناسب أن نفكر في إجراء دراسات ما بعد الانسكاب في أعقاب كل انسكاب. ولكن، ولكي يتم تحديد المدى المحدد للأثر الذي ينشأ من الظروف المعينة المحيطة بالحادث وطبيعته ومدته، فقد يلزم أحيانًا إجراء دراسات ما بعد الانسكاب. ونظرًا لأن آثار انسكاب النفط تعتبر، في معظمها، مفهومة جيدًا ويمكن التنبؤ بها، فمن المهم أن تركز الدراسات على التحديد الكمّي للأضرار بدلاً من محاولة التحقق من مجموعة كبيرة من الآثار المفترضة. ويعني التفاوت الذي تظهره البيئة البحرية أنه من المحتمل أن تؤدي دراسة الآثار المتوقعة لنطاق عريض من الآثار المحتملة إلى نتائج غير حاسمة.

وتتطور الأساليب المتاحة للتحليل الكيميائي للملوثات بصورة مستمرة. ويمكن الآن قياس تركيزات مكونات النفط التي يمكن أن تكون سامة بدقة تبلغ أجزاء من التريليون (جزء من التريليون، نانو غرام/كيلو غرام، 1×10^{-12}). ومن أهم أهداف دراسات تقييم الأضرار هو إنشاء كُلٍّ من مسار الضرر الملاحظ والتحديد النوعي للملوثات النفطية المعينة التي سببته، وبخاصة في البيئات الملوثة بصورة مزمنة. وعادةً ما يتم ذلك من خلال التحليل الطيفي بالغازات والذي يرتبط بتحليل قياس طيف الكتلة (GC-MS).

وتستخدم الدلالات البيولوجية بصورة روتينية لفحص الحيوانات بحثًا عن الهيدروكربونات الأروماتية متعددة الحلقات (PAH) والتي توجد في النفط الخام ومنتجات النفط. وعلى سبيل المثال، يكشف قياس نشاط الإيثوكسيرسورفين-أو-ديثيليس(EROD) عن مستويات الإنزيم في نسيج الكبد، وهو يتعلق بكلٍ من التمثيل

الغذائي والقضاء على السموم ويرتبط أيضًا بالإصابة بالأورام السرطانية. ويتصف هذا الأسلوب بالحساسية اللازمة للدلالة على التعرض للهيدروكربونات الأروماتية متعددة الحلقات دون أن يسبب عبئًا ملحوظًا على الجسم، ولذا فإنه يمكن أن يعطي إنذارًا مبكرًا عن الضرر المحتمل. ولكن، التغيرات في مستويات نشاط هذا الإنزيم تعتبر أيضًا مؤشرًا على أسباب أخرى للضغوط، مثل وجود مواد سامة أخرى مشابهة لا تتعلق بالنفط. ويمكن أيضًا أن تعكس مستويات النشاط عمر الحيوان وحالته التكاثرية، وذلك بالإضافة إلى التغيرات في درجة الحرارة. ولذا، فمن المهم أن تأخذ مثل هذه الدراسات في الاعتبار هذه العوامل التي قد تسبب الارتباك.

وقد يتم وضع أولويات للدراسات طبقًا لعدد من العوامل: أولاً، لا بد من تحديد خط الأساس الذي تقاس الآثار بالنسبة له، سواء من خلال بيانات مرجعية لفترة ما قبل الانسكاب، إن وجدت؛ أو من خلال المقارنة مع السلالات أو المجتمعات أو الأنظمة الإيكولوجية المكافئة، في مواقع مرجعية خارج المناطق المتضررة أو من خلال رصد التعافي من أحد الخصائص الجلية للضرر، مثل نفوق الطيور البحرية أو المحار. ويُعتبر إخضاع العوالق للدراسة أمرًا غير مرغوبٍ فيه. فعلى الرغم من أن الدراسات المعملية والميدانية قد وضحت وجود آثار مميتة ودون المميتة عند التعرض للنفط، إلا أن تباين العوالق يعد عاليًا للغاية إلى درجة تجعل المقارنات بين الأوضاع قبل وبعد الانسكاب غير موثوقة إلى حدٍ كبير. وتشمل العوامل الأخرى التي يمكن أخذها في الاعتبار النطاق الجغرافي للمنطقة المتضررة، ودرجة التلوث والمستويات المرتبطة من التعرض (التركيزات والمدة الزمنية) وأهمية المورد المتضرر، أي مدى ندرته أو وظيفته الإيكولوجية. وأخيرًا، لابد من التفكير في الجدوى العملية لإجراء الدراسات. فقد ترتبط الجدوى بالدعم المالي أو ببساطة بمدى القدرة العملية على الوصول إلى مواقع الدراسة أو خطر تعطيل الموقع أثناء فترة الدراسة. ويمكن العثور على إرشادات إضافية حول تصميم دراسات ما بعد الانسكاب وإجرائها في ورقة منفصلة بعنوان "أخذ العينات من انسكابات النفط البحرية ورصدها".

الاستعادة وإعادة الأوضاع إلى طبيعتها والمعالجة

الاستعادة، وهي تعرف أيضًا بإعادة الأوضاع إلى طبيعتها، هي عملية تتخذ من خلالها تدابير لاستعادة البيئة المتضررة إلى الظروف التي تمكنها من العمل بصورة طبيعية بصورة أسرع مما هو متوقع بفعل عمليات التعافي الطبيعية وحدها. وعادةً ما يُستخدم المصطلحان كمترادفين في سياق الأضرار البيئية. ولكن، عند مقارنة القانون البيئي في الولايات المتحدة والاتحاد الأوروبي مع النظام الدولي الصادر عام 1992 بخصوص اتفاقية المسؤولية المدنية وصندوق التعويضات، (CLC & FC)، فإن تفسير المصطلحين قد يختلف. فالإرشادات التي يعطيها دليل المطالبة بالتعويضات من الصندوق** تشير إلى أنه في النظام الدولي، يجب إعطاء تدابير **إعادة الأوضاع إلى طبيعتها** فرصة حقيقية للإسراع بشدة بالتعافي الطبيعي دون عواقب سلبية على الموارد الطبيعية أو الاقتصادية الأخرى. ويجب أيضًا أن تتناسب التدابير مع مدى الضرر ومدته ومع الفوائد المحتمل تحقيقها. وينظر إلى الضرر باعتباره إعاقة البيئة البحرية، حيث يمكن وصف الإعاقة في هذا السياق بالعمل بصورة غير طبيعية أو غياب كائنات في مجتمع بيولوجي، بسبب الانسكاب.

وتقر اللوائح الصادرة في الولايات المتحدة بموجب قانون التلوث النفطي الصادر عام 1990 (OPA, 90) بأن التعافي الطبيعي يعتبر آلية رئيسية **للاستعادة**، ولكنها تستحدث مبدأين هما: الاستعادة الأولية والتعويضية. والهدف من الاستعادة التعويضية

الشكل رقم 10أ: تسببت عمليات التنظيف بالقوة للأهوار في أضرار إضافية تفوق كثيرًا ما سببه النفط

الشكل رقم 10ب: الأهوار التي تم تنظيفها بعد سبعة أسابيع وتظهر عليها علامات النمو الحديث

الشكل رقم 10ج: بعد 22 شهرًا، تغطي الأهوار الأرض بالكامل، على الرغم من وجود سلالات حية انتهازية

الشكل رقم 10د: بعد ثلاث سنوات، عادت الأهوار إلى التنوع الكامل للكائنات الحية

▲ *الشكل رقم 10: التعافي الطبيعي للأهوار التالفة.*

** *http://www.iopcfund.org/publications.htm*

هو التعويض عن الخدمات البيئية "المفقودة" أثناء الفترة التي تستغرقها البيئة للتعافي، في حين أن الاستعادة الأولية تشير إلى الإجراءات المتخذة لاستعادة التعافي أو الإسراع به، وهي تكافئ ما يطلق عليه "استعادة الأوضاع إلى طبيعتها" في النظام الدولي. وتتضمن توجيهات الاتحاد الأوروبي بشأن المسؤولية البيئية الصادرة عام 2004 (ELD) هذه المبادئ من وجهة نظر **المعالجة**. ولكنّ النظام الدولي لا يقر بمبدأ الاستعادة التعويضية أو المعالجة.

وفي أعقاب عمليات التنظيف، قد تكون هناك خطوات إيجابية أخرى لها ما يبررها لاستعادة الموارد المتضررة وتشجيع عمليات التعافي الطبيعية، وبخاصة في الظروف التي يكون فيها التعافي بطيئًا بدون هذه الخطوات. ومن أمثلة مثل هذا النهج في أعقاب انسكاب نفطي هي إعادة زراعة الأهوار الملحية أو نباتات المنغروف (*الشكل رقم 11*). وبمجرد أن يصل النمو الجديد إلى أشده، فإن صورًا أخرى من الحياة البيولوجية تعود وتقل إمكانية تآكل المنطقة.

أما تصميم استراتيجيات ذات معنى لإعادة الأوضاع إلى ما كانت عليه بالنسبة للنباتات فيمثل تحديًا أكبر. ويمكن مثلاً حماية الموائل المهددة وتحسين استعادة الأنظمة الإيكولوجية، من خلال تقييد الوصول والأنشطة البشرية، أو من خلال وضع ضوابط على الصيد لتقليل التنافس على موارد الطعام المحدودة، كما في حالة ثعابين الرمال وطيور البفن أو من خلال إغلاق الشواطئ التي تستخدمها السلاحف أثناء موسم البيات. وفي بعض الحالات، قد يكون من المطلوب حماية مجموعة تتكاثر بصورة طبيعية في موقع قريب غير ملوث بالنفط، عن طريق التحكم في الجوارح، على

▲ *الشكل رقم 11: منطقة من نباتات المنغروف، تم إنشاؤها من خلال زرع بذور منفصلة على نمط شبكي.*

سبيل المثال، لتوفير مخزون يمكن أن يحدث من خلاله إعادة احتلال للمناطق التالفة. ولكن، يحتمل أن تتحكم العديد من العوامل البيولوجية والإيكولوجية والبيئية في قدرة مجموعات مجاورة على إعادة احتلال منطقة ملوثة.

وفي الواقع، يعني تعقيد البيئة البحرية أن هناك حدوداً لمدى إمكانية إصلاح الأضرار الإيكولوجية بصورة صناعية. وفي معظم الحالات يحتمل أن يكون التعافي الطبيعي سريعاً نسبيًا ولن تسبقه تدابير إعادة الأوضاع إلى طبيعتها إلا في النادر.

نقاط رئيسية

- يوجد نطاق واسع من النظم الإيكولوجية شديدة التعقيد داخل البيئة البحرية وتحدث تذبذبات كبيرة في الوفرة والتنوع كأحد الخصائص المميزة لوظائفها الطبيعية.
- البيئة البحرية لها قدرة قوية على التعافي الطبيعي من التقلبات الشديدة التي تسببها الظواهر الطبيعية بالإضافة إلى انسكابات النفط.
- تتمثل الآليات الرئيسية للأضرار البيئية الناتجة من انسكاب النفط في الاختناق والتسمم، ولكن شدة الأضرار تعتمد إلى درجة كبيرة على نوع النفط المنسكب ومدى سرعة انتشارها بالنسبة لموقع الموارد الحسّاسة لتلوث النفط.
- أكثر الكائنات تعرضًا للخطر هي الموجودة على سطح البحر أو على السواحل.
- تعتبر الأهوار الملحية ونباتات المنغروف أكثر موائل السواحل حساسية.
- الطيور البحرية تتعرض للخطر بصفة خاصة. وبعض السلالات، وبالأخص البطريق، تستجيب جيدًا لعمليات التنظيف، ولكن البعض الآخر قد لا يكتب له البقاء لفترة طويلة عندما يتم إطلاقه مرة أخرى في الحياة البرية بعد التنظيف أو قد يواجه صعوبة في التكاثر بنجاح.
- على الرغم من أن الآثار قصيرة الأمد يمكن أن تكون شديدة، إلا أن الأضرار المستديمة غير معتادة حتى في أعقاب الحوادث الكبرى. وفي الحالات التي تم رصد أضرار طويلة الأمد، فقد انحصرت في المناطق المنفصلة جغرافيًا والتي سمحت الظروف فيها ببقاء تراكمات من النفط.
- التخطيط الفعّال لعمليات الاستجابة وتنفيذها يتجنب الأضرار ويمثل خطوة أولى في طريق التعافي من خلال إزالة النفط.
- التدابير المصممة جيدًا لإعادة الأوضاع إلى ما كانت عليه يمكن أحيانًا أن تحسن من عمليات التعافي الطبيعية

© 2011 ITOPF Ltd. Produced by Impact PR & Design Limited, Canterbury, UK.

أوراق المعلومات الفنية

1 المراقبة الجوية لانسكابات النفط البحرية
2 مصير انسكابات النفط البحرية
3 استخدام حواجز التطويق الطافية في مواجهة تلوث النفط
4 استخدام المشتتات لمعالجة انسكابات النفط
5 استخدام أجهزة الكشط في مواجهة تلوث النفط
6 التعرف على النفط على السواحل
7 عمليات تنظيف النفط من السواحل
8 استخدام المواد الماصّة في مواجهة تلوث النفط
9 التخلص من النفط وحطام السفن
10 القيادة والسيطرة وإدارة الانسكابات النفطية
11 آثار تلوث النفط على مصائد الأسماك وتربية الأحياء البحرية
12 آثار تلوث النفط على الأنشطة الاجتماعية والاقتصادية
13 آثار تلوث النفط على البيئة
14 أخذ العينات من انسكابات النفط البحرية ورصدها
15 إعداد المطالبات نتيجة تلوث النفط وتقديمها
16 التخطيط لحالات الطوارئ في انسكابات النفط البحرية
17 الاستجابة للحوادث الكيميائية البحرية

الاتحاد الدولي المحدود لمالكي الناقلات المعني بالتلوث هو منظمة لا تهدف إلى الربح ومنشأة بالنيابة عن مالكي السفن في العالم وشركات التأمين التي يتعاملون معها لتعزيز الاستجابة الفعّالة للانسكابات البحرية من النفط والمواد الكيميائية وغيرها من المواد الخطرة. وتشمل الخدمات الفنية الاستجابة لحالات الطوارئ، وتقديم النصح بشأن أساليب التنظيف، وتقييم أضرار التلوث، والمساعدة في التخطيط للاستجابة للانسكابات وتوفير التدريب. ويعدُّ الاتحاد الدولي المحدود لمالكي الناقلات المعني بالتلوث مصدرًا شاملاً للمعلومات حول التلوث النفطي البحري. وهذه الورقة هي واحدة من سلسلة تُبنى على تجربة خبرات طاقم العمل الفني في الاتحاد. ويمكن نسخ المعلومات التي تتضمنها هذه الورقة بناءً على تصريح مسبق من الاتحاد الدولي المحدود لمالكي الناقلات المعني بالتلوث. وللمزيد من المعلومات يرجى الاتصال بـ :

ITOPF Ltd

العنوان: 1 Oliver's Yard, 55 City Road, London EC1Y 1HQ, United Kingdom

الهاتف: +44 (0) 20 7566 6999

فاكس: +44 (0) 20 7566 6998

البريد الإلكتروني: central@itopf.org

الموقع: www.itopf.org