IAEA BULLETIN

مجلة الوكالة الدولية للطاقة الذرّية

www.iaea.org/bulletin • ٥٤-٣-أيلول/سبتمبر ٢٠١٣

حماية بيئتنا البحرية

الطحالب وحيوانات الفقمة المرفئية

صورة الغلاف التي التقطها كايل ماكبيرني لحيوان الفقمة المرفئي في كاليفورنيا (من نوع Phoca vitulina) في غابة طحلبية على ضفاف نهر كورتيس، بالقرب من سان دييغو، في كاليفورنيا، نالت جائزة أفضل صورة Best Overall في مسابقة التصوير تحت الماء لعام ٢٠١٣ من كلية روزينستيل للعلوم البحرية وعلوم الغلاف الجوي بجامعة ميامي.

وتعد حيوانات الفقمة المرفئية هي الأنواع الأكثر شيوعاً لتلك الحيوانات، وتعيش في المناطق الساحلية المعتدلة وشبه القطبية على كلا الجانبين من المحيط الأطلسي الشمالي والمحيط الهادئ الشمالي، وتتغذى على الأسماك والحبّار والقشريات.

والغابات الطحلبية هي واحدة من أكثر الموائل الحيوية إيكولوجياً والمتنوعة بيولوجياً على ظهر هذا الكوكب. وهي تؤدي دوراً مهماً في الحفاظ على الإنتاجية البحرية في النباتات والحيوانات والأسماك والطيور. وتثبّت الطحالب في موضعها بواسطة مثبّتات تتعلق بالطبقات السفلية الصخرية. ومن قاع البحر، تنمو النباتات الطحلبية باتجاه سطح الماء. أما الأكياس الغازية المسماة بالمثانات الهوائية، فتحافظ على الأجزاء العليا من الطحالب طافية. وهذه الغابات تمثل أحد 'الأنواع الرئيسية'، التي تؤثر على بقاء ووفرة العديد من الأنواع الأخرى في النظام الإيكولوجي.

وتتجمّع في حشايا الطحالب مجموعة متنوعة غنية من اللافقاريات النقّالة، التي تدعم بدورها النظام الغذائي لأنواع الأسماك. وتبحث الطيور عن العلف في الغابات الطحلبية، حيث تجثم في الطحالب الجرفية، وتعثر على الطعام فيما بين الطحالب التي تنجرف على الشاطئ. وتثبّت بعض الأسماك والأنواع اللافقارية بيضها على النباتات الطحلبية، التي تمتد إلى المياه الأعمق وبالتالي توفر مأوى وحضّانات للأسماك. وقد تتغذى أسود البحر وحيوانات الفقمة المرفئية وثعالب البحر والحيتان على الطحالب، أو تتّخذها ملاذاً يؤويها في مواجهة العواصف أو الحيوانات المفترسة. وتساعد الطحالب أيضاً على إضعاف شدة التيارات والأمواج، مما يؤدى إلى حماية الأنواع الحية ومنع تآكل الخط الساحلي.

ويعمل كايل ماكبيرني مدرباً للغوص، وقائداً للحملات الاستكشافية في المحيطات، ومصوراً تحت الماء، ويتخذ من جنوب كاليفورنيا مقراً له، حيث تعمل شركته، SD Expeditions، بالتشارك مع الهيئات الرائدة في مجال البحوث البحرية.

وقد تأسست كلية روزنستيل للعلوم البحرية وعلوم الغلاف الجوي بجامعة ميامي، فيرجينيا كي، فلوريدا، في الأربعينات من القرن الماضي، ثم تطورت لتصبح واحدة من المؤسسات البحثية الأكاديمية الرائدة في العالم في مجال علوم المحيطات والغلاف الجوي.

مختبرات البيئة التابعة للوكالة

في عام ١٩٦١، أبرمت الوكالة مع إمارة موناكو ومعهد علوم المحيطات، الذي كان يديره آنذاك جاك كوستو، اتفاقاً حول مشروع بحثي بشأن تأثيرات النشاط الإشعاعي في البحر. وفي ذات العام، افتتحت الوكالة مختبراً في موناكو، بدعم سخي من الإمارة. وتتعاون مختبرات البيئة التابعة للوكالة الآن مع بعض المنظمات الدولية والإقليمية، فضلاً عن المختبرات الوطنية. وتسهم البيانات الفريدة المستمدّة من تطبيق التقنيات النووية والنظائرية في تحسين معرفة العلماء بالبحار والمحيطات، كما تساعد على تقييم التلوث وتغير المناخ وتحمض المحيطات. وتدعم هذه الدراسات الحفاظ على المحيطات وتنميتها بصورة مستدامة.

ويتم تدعيم هذه البحوث من خلال شراكات استراتيجية مع وكالات الأمم المتحدة مثل اللجنة الأوقيانوغرافية الحكومية الدولية التابعة لمنظمة الأمم المتحدة للتربية والعلم والثقافة (اليونسكو)، وبرنامج الأمم المتحدة للبيئة، وبرنامج الأمم المتحدة الإنمائي، والمنظمة البحرية الدولية.

وتعتمد عدة مختبرات وطنية تابعة للدول الأعضاء على التحليلات الدقيقة التي تجريها المختبرات لمياه البحر والرواسب وعينات الحياة البحرية. وقد ساعدت المواد المرجعية وأساليب العمل التي تنتجها المختبرات على تحسين نوعية وموثوقية البيانات التحليلية في مختبرات الدول الأعضاء لأكثر من ٥٠ عاماً. وتُستخدم المواد المرجعية التي توفرها الوكالة على سبيل المثال لقياس دوران المحيطات، وتقدير كمية الملوثات في المأكولات البحرية. وقد روّجت المختبرات لاستخدام تقنية قائمة على أساس نووي في الكشف عن تكاثر الطحالب السامة، الذي يشكل تهديداً لصحة الإنسان. وقدمت المختبرات الدعم العلمي والتحليلي اللازم من أجل إجراء دراسات أساسية لمستويات الملوثات المشعة وغير المشعة في جميع البحار الرئيسية. وتُستخدم المختبرات أيضاً لتدريب العلماء من البلدان النامية.

المحتويات

مجلة الوكالة الدولية للطاقة الذرية ٥٤–٣– أيلول / سبتمبر ٢٠١٣

حماية بيئتنا البحرية ٢
تصدير من يوكيا أمانو، المدير العام للوكالة الدولية للطاقة الذرية

داعية لحماية المحيطات:
الأمير ألبرت الثاني أمير موناكو ٣
مقابلة أجرتها لويز بوترتون

محيط صحي، كوكب سعيد ٥
بقلم ساشا هنريك

المقتفيات الإشعاعية – أدوات نووية ضرورية لفهم المحيطات ٧
بقلم كاث هيوز

محيطاتنا المتغيرة – معلومات أساسية عن ظاهرة تحمض المحيطات ٩
بقلم بيتر ريكوود

دعوة لليقظة:
الوكالة تعزز العمل العالمي بشأن ظاهرة تحمض المحيطات ١٠
بقلم آبها ديكسيت

بناء الشراكات لحماية المحيطات:
تعاون الوكالة مع المنظمات الدولية ١٢
بقلم آبها ديكسيت

بناء القدرات من جانب الوكالة في مجال
استخدام التقنيات النووية لأغراض الاستدامة البيئية ١٥
بقلم آبها ديكسيت

حماية البيئة البحرية في كوبا ١٨
بقلم ساسا غوريسيك

حقائق عن المحيطات ٢٠
بقلم مايكل مادسن

ما الذي تقدمه لنا المحيطات ٢٢
بقلم مايكل مادسن

آثار التلوث على الحياة في المحيطات والبحار ٢٤
بقلم مايكل مادسن

الوكالة ترصد النشاط الإشعاعي البحري ٢٦
بقلم آبها ديكسيت

ما بين البحر والأرض – توفير الحماية لمنطقة فاصلة أساسية ٢٧
بقلم بيتر كايزر

تصدر مجلة الوكالة الدولية للطاقة الذرية
عن شعبة الإعلام العام
الوكالة الدولية للطاقة الذرية
وعنوانها: P.O.Box 100, A-1400 Vienna, Austria
الهاتف: ٢١٢٧٠–٢٦٠٠ (١–٤٣)
الفاكس: ٢٩٦١٠–٢٦٠٠ (١–٤٣)
البريد الإلكتروني: iaeabulletin@iaea.org

رئيس التحرير: بيتر كايزر
المحرِّرة: آبها ديكسيت
التصميم والإنتاج: ريتو كين

مجلة الوكالة متاحة
› في شكل مجلة إلكترونية على الموقع www.iaea.org/bulletin
› في شكل تطبيق على الموقع www.iaea.org/bulletinapp
› المحفوظات متاحة على الموقع www.iaea.org/bulletinarchive

يمكن استخدام مقتطفات من مواد الوكالة التي تتضمنها مجلة الوكالة في مواضع أخرى بحُرِّية، شريطة الإشارة إلى المصدر. وإذا كان مبيّنا أنَّ الكاتب من غير موظفي الوكالة، فيجب الحصول منه أو من المنظمة المصدرة على إذن بإعادة النشر، إلا إذا كان ذلك لأغراض العرض.

ووجهات النظر المُعرَب عنها في أي مقالة موقّعة واردة في المجلة لا تُمثِّل بالضرورة وجهة نظر الوكالة الدولية للطاقة الذرية، ولا تتحمّل الوكالة أي مسؤولية عنها.

صورة الغلاف:
كايل ماكبيرني

حماية بيئتنا البحرية

أن رفاه وازدهار البشر يعتمدان على صحة المحيطات والبحار. ويتولد الكثير من الأكسجين الذي نتنفسه من خلال الحياة البحرية، بينما تنقل تيارات المحيطات الحرارة، بما لذلك من دور مهم في الحفاظ على اعتدال المناخ.

التقنيات النووية والنظائرية تساهم بصورة بارزة في تحسين فهمنا للتحديات التي تهدد صحة محيطاتنا.

ومع ذلك، فإن النظم الإيكولوجية البحرية التي تحافظ على صحة المحيطات تتعرض لضغط متزايد. والعديد من عوامل الضغط إما تتسبب فيها، أو تزيدها سوءاً، الأنشطة البشرية الجارية على الأرض. ومع حرقنا المزيد من الوقود الأحفوري، ينبعث قدر أكبر من غاز ثاني أكسيد الكربون، فيلتقط الحرارة التي تدفئ المحيطات. وتمتص مياه المحيطات نحو ربع ثاني أكسيد الكربون هذا، الذي يذوب ويزيد من حموضة مياه المحيطات.

والظروف المادية والبيولوجية في المحيطات آخذة في التدهور بسبب التلوث. كما أن الموائل الساحلية مهددة من جراء التنمية غير المستدامة واستغلال الموارد.

وتساهم التقنيات النووية والنظائرية بصورة بارزة في تحسين فهمنا للتحديات التي تهدد صحة محيطاتنا. ويصدر هذا العدد من مجلة الوكالة بالتزامن مع المحفل العلمي للوكالة لعام ٢٠١٣، بعنوان الكوكب الأزرق– التطبيقات النووية من أجل بيئة بحرية مستدامة.

وينصبّ تركيز المحفل العلمي على عمل الوكالة مع الدول الأعضاء والشركاء الدوليين في رصد وتقييم التحديات التي تواجه محيطاتنا، وفي البحث عن حلول لها.

ويدرس العلماء في مختبرات البيئة التابعة للوكالة في موناكو العمليات البيولوجية لفهم كيفية تفاعل الكائنات الحية البحرية في مواجهة التحمض والاحتباس الحراري. كما يستخدمون النظائر لتتبّع مصادر التلوث وانتشاره. وتدرب الوكالة الباحثين من البلدان النامية على استخدام التقنيات النووية لرصد الضغوط القائمة على البيئة البحرية. وتتيح أيضاً أدوات دقيقة وفعالة من حيث التكلفة لمساعدة البلدان المتقدمة والنامية على السواء في الحصول على البيانات اللازمة لتكييف استراتيجيات تخفف الضغوط على المحيطات.

وآمل أن يساعد المحفل العلمي للوكالة لعام ٢٠١٣ على تعزيز التعاون مجدداً بين الخبراء وواضعي السياسات من أجل حماية وحفظ التوازن الإيكولوجي الذي يعدّ حيوياً لبقاء البيئة البحرية.

يوكيا أمانو، المدير العام للوكالة الدولية للطاقة الذرية

داعية لحماية المحيطات

الأمير ألبرت الثاني أمير موناكو يتناول بالمناقشة حرصه على المحيطات ودعمه المستمر لأنشطة الوكالة الهادفة لحمايتها. ويقع في الإمارة مقر مختبرات البيئة التابعة للوكالة، التي تم تأسيسها في عام ١٩٦١ بدعم من موناكو.

ما الباعث لحرصكم على حماية البيئة البحرية؟

هناك بالطبع بعض التراث العائلي هنا. فقد كان والد جدي، الأمير ألبرت الأول، يتحلى برؤية مبهرة للعلوم بشكل عام ولعلم المحيطات على وجه الخصوص. وخلّف لنا عمله الرائع في هذا المجال إرثه المتمثل في متحف موناكو لعلوم المحيطات. ولكن بالطبع هذا الاهتمام ينبع أيضاً من والدي، الأمير راينر الثالث، والعديد من مبادرات الحماية البحرية التي قادها، في المقام الأول بمنطقة البحر المتوسط.

هل شجعتكم نشأتكم بجوار البحر على حمايته؟

من البديهي أنه كلما عرفت المزيد عن المحيط أو عن بحرنا هنا، أي البحر المتوسط، ازدادت رغبتك في حمايته. إن العيش بالقرب من البحر والتعرض لتلك المعايشة في سن جد مبكرة لا يمكن سوى أن يغريك بمعرفة المزيد حوله وإيجاد طرق مبتكرة لحمايته. كما شجعني الوضع الجغرافي الاستثنائي لبلدي على أن أولي اهتماماً فائقاً لمجال حماية البيئة البحرية.

بعد مرور عام على توليكم، أنشأتم في عام ٢٠٠٦ المؤسسة الخاصة بكم. فما هو دافعكم للقيام بذلك؟

لقد تعرضت لقضايا بيئية مختلفة في سن مبكرة، ولكني أعتقد أن إحدى نقاط التحول كانت مؤتمر قمة الأرض في ريو عام ١٩٩٢ حيث رافقت والدي. فمن خلال حضور هذا الحدث، أصبحت أكثر وعياً بالقضايا البيئية المختلفة، ليس فقط بشأن المحيطات ولكن أيضاً فيما يتعلق بتغير المناخ وغازات الدفيئة وإزالة الغابات. ثم حاولت على مستواي ومع هيئاتنا المختلفة التي يقع مقرها هنا في موناكو أن نعمل بشكل أوثق بشأن هذه المسائل. ولكن قبل عام ٢٠٠٦ بوقت طويل، أردت أن أنشئ مؤسسة من نوع ما، ذات طابع شخصي أكثر. وأفترض أنه بعد قمة ريو هذه، شعرت بالحاجة الملحة إلى القيام بذلك في نهاية المطاف، وهي حاجة اشتدت على مدى السنوات.

ما هو المحور الرئيسي للمؤسسة؟

الركائز الأساسية الثلاث هي التنوع البيولوجي والمياه وتغير المناخ. والمناطق الإقليمية الرئيسية الثلاث التي نحاول التركيز عليها هي

الصورة: الأمير ألبرت الثاني أمير موناكو (يساراً) هو أحد الملتزمين بالدعوة إلى حماية البيئة، ويدعم مختبرات البيئة التابعة للوكالة وما تؤديه من عمل؛ كما يشارك في الحملات الاستكشافية البحرية في القطب الشمالي، بل ويقوم بإجراء عمليات تشريح للرخويات مع علماء الوكالة.
(الصورة من: جان جوبير)

حوض البحر المتوسط، وأقل البلدان نمواً، وتشمل هذه المجموعة الكثير من البلدان الأفريقية، والمناطق القطبية. وأنا سعيد جداً للتطور الذي شهدته المؤسسة على مدى السنوات السبع الماضية. فنحن الآن جزء من أكثر من ٢٣٠ مشروعاً في ٤٠ بلداً مختلفاً، ولنا شراكات مع العديد من المنظمات، مثل مؤسسة الأمم المتحدة، والفريق المعني بالمناخ والصندوق العالمي للطبيعة.

إنكم لا تعمدون إلى مجرد استخدام اسمكم ولقبكم للفت الانتباه إلى هذه القضايا، ولكنكم في الواقع تكتسبون خبرة مباشرة بشأنها. فما مدى أهمية ذلك بالنسبة لكم؟

أعتقد أن ذلك مهم للغاية. ليس فقط للحصول على معرفة أفضل بالقضايا المختلفة على أرض الواقع، ولكن أيضاً لنكون قادرين على الالتقاء بالسكان المحليين الذين نحاول مساعدتهم من خلال هذه البرامج المختلفة، فيما يتعلق بالبر أو البحر على حد سواء. فأنا لا أفعل ذلك لذاتي. وإنما أفعله لأني مهتم ولحرصي على ما أحاول تحقيقه. لكنه أيضاً من أجل المؤسسة، من أجل تحقيق درجة أفضل من وضوح الرؤية وإثبات أننا نتابع هذه البرامج المختلفة بكل ما تستحقه من اهتمام.

كيف تدعم حكومتكم عمل الوكالة؟

هناك تعاون طويل الأمد بين موناكو والوكالة يعود تاريخه إلى أوائل الستينات من القرن الماضي. كنا نتعاون من خلال مركزنا العلمي، أي مركز موناكو العلمي، وارتُئي أن هذا التعاون يمكن أن يصبح أوثق من خلال إنشاء مختبر بحري تابع للوكالة. وهذه هي الآن مختبرات البيئة التابعة للوكالة هنا في موناكو. والبحوث التي تُجرى هناك رائعة بكل ما في الكلمة من معنى، ونحن فخورون للغاية ويشرفنا أن تكون لدينا هذه الشراكة الوثيقة التي ستشهد من غير ريب مزيداً من التطور في المستقبل.

لماذا تعتقدون أن من المفيد للوكالة أن تكون لديها مختبراتها الخاصة بالبيئة هنا في موناكو؟

لدينا تاريخ طويل في ميدان العلوم البحرية، وهو ما يجعلنا أصحاب مصداقية مثل جهات أخرى تُجري أيضاً بحوثاً علمية في هذا المجال. وبفضل هذا التاريخ وفِرقنا من العلماء في مركز موناكو العلمي، كنا قادرين على ترسيخ هذا التعاون في العمل مع الوكالة. وموناكو أيضاً بلد صغير معني مباشرةً بمشاكل البيئة البحرية، نظراً لموقعه. ويعد حجمه أحد المقوّمات الداعمة في سياق اختبار وتنفيذ الممارسات البيئية الجديدة. وعلاوةً على ذلك، فإن بلدي غير سياسي النزعة. لذلك، عندما نقوم بتنظيم مناظرات أو مؤتمرات، فإننا لا نتطلع سوى إلى تعزيز مصلحة واحدة، هي حماية البيئة. وهذا أمر أساسي ويضفي مصداقية على نهجنا البيئي في الساحة الدولية.

أنتم أيضاً تدعمون عمل الوكالة في مجال البحوث المتعلقة بظاهرة تحمض المحيطات. وقد اضطلعتم بدور قيادي في الجهود التي أفضت إلى إعلان موناكو بشأن تحمض المحيطات في عام ٢٠٠٨. فماذا كان الغرض من ذلك؟

لقد كنا نرغب في لفت الانتباه الدولي إلى ظاهرة تحمض المحيطات. فزيادة انبعاثات ثاني أكسيد الكربون الناجمة عن الأنشطة البشرية تمثل خطراً داهماً على البيئة البحرية. وقد استوعبت المحيطات نسبة ٥٠٪ من غاز ثاني أكسيد الكربون الناتج عن البشر على مدى المائتي سنة الماضية. وكلما ارتفع مستوى ثاني أكسيد الكربون الذي يتم استيعابه، ارتفع مستوى حموضة المحيطات. وتحمض المحيطات على هذا النحو سوف يخل بتوازن المحيطات وسيكون له تأثير سلبي على المناطق ذات التنوع البيولوجي الشديد، كالنظم الإيكولوجية للشعاب المرجانية على سبيل المثال.

ما الذي تم تحقيقه من خلال الإعلان، وهل تطور فهمنا لهذه المسألة؟

أعتقد أن الإعلان والاجتماع المفضي إلى الإعلان كانا على درجة قصوى من الأهمية–ليس فقط لرفع مستوى الوعي بهذه المسألة، التي لا يلمّ بها سوى عدد ضئيل للغاية من الناس خارج المجتمع العلمي، ولكن أيضاً ليتسنى لنا الحصول على صك الموافقة من العلماء من ٢٦ بلداً مختلفاً على ماهية الأخطار القائمة، وتحديد القضايا ذات الصلة بشكل أفضل، وتوجيه البحوث نحو فهم أفضل لديناميات تحمض المحيطات. ومن دواعي سروري البالغ أن أرى الإعلان يُعتبَر بمثابة نقطة انطلاق شديدة الأهمية نحو وعي أفضل، ليس فقط من قِبَل المجتمع العلمي ولكن من جانب الجمهور العام كذلك.

على الرغم مما تبذلونه من جهود، لا تزال البحار تتعرض للإيذاء. فهل تعتقدون أن هذا الوضع يمكن أن يتحسن حقاً؟

أعتقد أننا في مفترق طرق الآن، ولدينا القليل جداً من الوقت لمحاولة عكس هذه الاتجاهات المختلفة التي تؤثر على بحارنا ومحيطاتنا–من تحمض المحيطات إلى الصيد الجائر والتلوث المفرط وعدم معالجة الأنواع المختلفة من مياه الصرف الصحي. كما أن الضغوط على النظم الإيكولوجية البحرية في تزايد مستمر، والإدارة المستدامة للموارد البحرية هي الآن إحدى القضايا العالمية الكبرى. ومع ازدياد عدد السكان على نطاق العالم، وحقيقة أن الغالبية العظمى من الناس يعيشون في مناطق حضرية تقع على الساحل، تتزايد الضغوط على المحيطات أكثر وأكثر. والعواقب الناتجة عن تغير المناخ وتحمض المحيطات تزيد من تفاقم التوازن الهش بين النظم الإيكولوجية للمحيطات والتنوع البيولوجي. ومحور التزامي الشخصي وسياسة حكومة بلدي هو العمل من أجل تحسين هذا الوضع.

أجرت المقابلة لويز بوترتون، شعبة الإعلام العام في الوكالة.

محيط صحي، كوكب سعيد

العلماء يستخدمون التقنيات النووية من أجل اكتساب فهم أفضل لظاهرة النينيو، وهي ظاهرة يمكن بمؤداها أن يتسبّب تغيّر درجات الحرارة السطحية البحرية للمحيط الهادئ في تداعيات كارثية. وفي عام ١٩٧٢ انهارت مصايد أسماك الأنشوجة في بيرو، وكانت الأكبر عالمياً آنذاك، وذلك جزئياً بسبب ظاهرة النينيو.

(الصورة من: iStockphoto.com)

إذا نظرنا إلى كوكبنا من الفضاء، يسحر ألبابنا مشهد 'بحر' حقيقي أزرق اللون، وذلك لأن معظم كوكبنا يتكون من الماء، وغالبية رقعته السطحية من المحيطات. والمسطحات المائية المالحة في العالم تؤثر على مناخ كوكب الأرض، وتوفر موطناً للملايين من النباتات في العالم، التي تنتج أيضاً الأكسجين الذي نتنفسه.

ونظراً لما تتسم به المحيطات والبحار من أهمية حرجة لبقاء الإنسان، يواصل العلماء دراسة العمليات والآليات التي تتحكم فيها ومحاولة فهمها على أكمل وجه. والتقنيات النووية هي بعض الأساليب البحثية الأكثر دقة التي يجري استخدامها في هذا المسعى. ومن خلال رصد النظائر المستقرة في أماكن مختلفة وقياس اضمحلال النظائر المشعة، يمكن للعلماء أن يفهموا بصورة أفضل كيفية تغير البيئات البحرية، وكيف تغيرت في الماضي.

ومن شأن هذا النوع من الفهم أن يحسّن قدرة البشرية على إبقاء البيئة البحرية صحية.

ظاهرة تحمُّض المحيطات

إن إحدى العلامات الدالة على اعتلال البيئة البحرية هي ظاهرة تحمض المحيطات. وهذا هو الاسم الذي يُطلق على اختلال التوازن الطبيعي بين الأحماض والقلويات في البحار، وهو الخلل الذي يمكن أن يسبب فناء بعض الأنواع البحرية، لعدم قدرتها على التكيف مع بيئة أكثر حمضية، بما يؤدي بالتالي إلى اضطراب النظام البيئي والشبكات الغذائية بالكامل.

مدة الانتقال

حسبما يقول ديفيد أوسبورن، مدير مختبرات البيئة التابعة للوكالة في موناكو: "إن فهم تأثيرات تحمض المحيطات على الكائنات الحية البحرية والنظم الإيكولوجية أمر بالغ الأهمية إذا ما أردنا تحديد مَواطن ضعف هذه النظم وتقييم الأثر المحتمل على مصايد الأسماك وتربية الأحياء المائية والنظم الإيكولوجية".

وللقيام بذلك، يحتاج الباحثون إلى نماذج دقيقة من شأنها أن تساعد على التنبؤ بالظروف المستقبلية، وبالتالي تساعد الحكومات على وضع الاستراتيجيات الملائمة.

وتوفر النظائر المشعة البحرية أداة قوية، سواء من أجل المساعدة على تشخيص المشاكل القائمة في نماذج المحيطات، أو المساعدة في توجيه عملية استحداث نماذج جديدة.

تحت السطح

"نحن لا نرى سوى سطح المحيط فقط. لكنه أكثر اتساعاً بكثير من حيث الكتلة والوظيفة مما نتصوره للوهلة الأولى. والحياة البحرية تنتج ما يتراوح بين ٥٠٪ و٨٥٪ من الأكسجين على كوكب الأرض، وهي عنصر أساسي في النظام المناخي العالمي"، حسبما يقول ميخائيل أنغيليديس، رئيس مختبر الدراسات البيئية البحرية التابع للوكالة في موناكو.

ولفهم ظواهر تحمض المحيطات وتكاثر الطحالب الضارة وظاهرتي التأرجح الجنوبي للمناخ (النينيو) أو النينيا، أو أي عدد من الظواهر الخطيرة التي تحدث في البيئة البحرية، يجب علينا أولاً

أن نفهم آليات عمل المحيط ذاته؛ وندرك كيف يعمل بمثابة بالوعة للحرارة وبالوعة للكربون؛ وكيف يتحرك ومتى ولماذا؛ وكيف ينقل النباتات والحيوانات والتربة والغازات والحرارة من جزء واحد من الكرة الأرضية إلى جزء آخر؛ وكيف يتفاعل مع الرياح والشمس، لينظم الطقس والمناخ.

وعلى سبيل المثال، يستخدم العلماء التقنيات النووية لتحديد عمر الرواسب في قاع المحيط وتقدير عمر الهياكل العظمية المرجانية، وهو ما يعطيهم بيانات دقيقة عن حالة المحيطات منذ مئات الآلاف، بل الملايين من السنين.

وهذا النوع من المعلومات لا يقدَّر بثمن عند محاولة التنبؤ بتأثير الظروف الراهنة على المحيطات في المستقبل. وتُستخدَم هذه المعلومات لاستقراء ما سيحدث على الأرجح لكوكبنا بعد عقود بل وحتى قرون من الآن.

ومن حين لآخر، تأتي موجات ذات درجات حرارة دافئة جداً من مياه المحيط عبر الجزء الغربي من المحيط الهادئ، وتعترض مسار الموجات المتقلبة من المياه الباردة والغنية بالمغذيات قبالة الساحل الغربي لأمريكا الجنوبية، مما يؤثر على التغيرات المناخية حول العالم. وهذا ما يسمى بظاهرة النينيو، بما لها من تأثيرات واسعة النطاق، حيث قد تتسبب على سبيل المثال في زيادة نسبة ذوبان الجليد القطبي، وخفض إنتاج الأسماك في بيرو، وتقليل نمو الذرة في أفريقيا، وزيادة معدلات هطول الأمطار ووقوع الفيضانات في فلوريدا. وتتفاوت على نطاق واسع حدة وخصائص ظاهرة النينيو من حيث الملوحة ودرجة الحرارة ، مما يزيد من صعوبة التكهن بتأثيرها. لذا قام العلماء بجمع سجلات للنويدات المشعة والنظائر المستقرة والعناصر النزرة في المرجانيات ورواسب المحيطات من أجل إعادة بناء الأنماط المتخلفة عن ظواهر النينيو الماضية التي يصل عمرها إلى عدة مئات من السنين. وهذه الدراسات تمكِّن العلماء من التنبؤ بدرجة حرارة وملوحة سطح البحر وبتواتر وشدة ظواهر النينيو في المستقبل بدقة فائقة.

النويدات المشعة

بما أن مقدار الوقت الذي تستغرقه النويدات المشعة لفقدان نصف نشاطها الإشعاعي (ويسمى عمر النصف) معروف تماماً، يمكن للعلماء استخدام النويدات المشعة وكأنها ساعة لدراسة مدى السرعة أو البطء الذي تحدث به عمليات المحيطات. كما يجري استخدام النويدات المشعة لرصد انتقال الطاقة/الكتلة في السلسلة الغذائية، مما يوفر معلومات حاسمة حول الكائنات الحية البحرية الرئيسية، وهي كائنات تقع عند قاعدة السلسلة الغذائية البحرية، وقد يعني زوالها على الأرجح انهيار إيكولوجيا المحيطات بالشكل الذي نعرفه.

وتوفر تقنيات النظائر أيضاً معلومات حول عمليات التمثيل الغذائي لهذه الأنواع، والتمثيل الضوئي، وتراكم الملوثات، والتكلس، وقدرتها الأساسية على البقاء في ظل ظروف معينة.

كما تسهم النظائر المشعة البحرية في دراسة كيف يؤدي ارتفاع حموضة المحيطات مع زيادة درجة الحرارة إلى اضطراب الفسيولوجيا الإيكولوجية للشعاب المرجانية التي توفر الحماية للسواحل وتُعتبَر بمثابة موئل لعدد لا يُحصى من الأنواع البحرية.

التلوث

"إن العلم في حد ذاته لا يمكنه إنقاذ العالم، ولكن العلم يمكن أن يوفر المعرفة والأدوات الضرورية التي تحتاج إليها البشرية لاتخاذ القرارات الصائبة؛ وهي قرارات قد تنقذ العالم"، حسبما يقول هارتموت نايز، رئيس مختبر القياس الإشعاعي التابع للوكالة في موناكو.

ويقدم فريق نايز من العلماء في الوكالة المساعدة للدول الأعضاء في استخدام المقتفيات الإشعاعية الطبيعية (مثل اليورانيوم والثوريوم ومنتجاتهما في سلسلة الاضمحلال) وتلك التي من صنع الإنسان مثل البلوتونيوم أو السيزيوم المشع لفهم الديناميات البحرية ورصد العناصر السامة.

ومن خلال دراسة البصمات النظائرية المختلفة للملوثات أيضاً، يمكن للعلماء معرفة منشأ أي ملوث بعينه. وعلى سبيل المثال، فإن كلاً من الرصاص المشتق من البنزين والرصاص الطبيعي المنشأ له بصمة نظائرية مختلفة، يمكن تحليلها باستخدام التقنيات النظائرية. ومعرفة منشأ الملوثات بالضبط تساعد السلطات على وقف تدفق المواد الضارة إلى البحر.

وبحسب قول جاك إيف كوستو، عالِم المحيطات الشهير والمدير السابق لمعهد علوم المحيطات في موناكو، الذي وقّعت معه الوكالة اتفاقاً مبدئياً بشأن عمليات التنقيب والبحوث المشتركة، "إن البحر، ذلك الموحِّد العظيم، هو أمل الإنسان الوحيد. والآن، أكثر من أي وقت مضى، تنطبق هذه العبارة القديمة حرفياً: فنحن جميعاً في قارب واحد."

ساشا هنريك، شعبة الإعلام العام في الوكالة.

المقتفيات الإشعاعية:
أدوات نووية ضرورية لفهم المحيطات

يمكن تطبيق دراسات المقتفيات الإشعاعية في الهياكل العائمة أو التي تسكن قاع البحر وتُعرف باسم ميزوكوزم. وهذه الأداة التجريبية القيِّمة تسمح بدراسة البيئات الطبيعية تحت ظروف خاضعة للرقابة، وتجمع بين فوائد العمل في المختبر والعمل الميداني.
(الصورة من: نيك كوبينغ).

إن عمل الوكالة في سبيل المساعدة على فهم محيطاتنا وحمايتها في نهاية المطاف يعتمد على أدوات بحثية نووية تسمى 'المقتفيات الإشعاعية'. والمقتفيات الإشعاعية هي مركبات كيميائية تحتوي على نظائر مشعة فريدة من نوعها. ونظائر أي عنصر تحتوي جميعاً على ذات عدد البروتونات الموجودة في النواة، ولكنها تحوي أعداداً متفاوتة من النيوترونات. وبالتالي فإن النظائر هي أشكال لعنصر واحد ذي كتلة مختلفة. وعندما لا يتغير تكوين النواة بمضي الوقت، تُعتبَر بمثابة نظير مستقر. والنظائر غير المستقرة، أو المشعة، 'تضمحل' بمرور الزمن. وبعبارة أخرى، فإنها تتحول إلى عنصر آخر، أو حالة طاقة أخرى، من خلال عملية تُعرف باسم التحويل، وفيها تنبعث من النُوىّ الذرية (البروتونات والنيوترونات) جسيمات مشحونة ومؤيَّنة نشطة للغاية، و/أو موجات كهرمغنطيسية نشطة للغاية، وهو ما يُدعى انبعاث أشعة غاما.

ويقوم علماء الإيكولوجيا الإشعاعية بشكل روتيني بإدخال كميات صغيرة من 'المقتفيات الإشعاعية'، أي نظير مشع، إلى نظام بيولوجي معقد، على سبيل المثال، ليكونوا قادرين على مراقبة كيفية عمل الخلايا أو الأنسجة. ويمكن للعلماء تحديد المقتفيات الإشعاعية من بين سائر المركّبات الطبيعية والمتطابقة تقريباً. وتنتج 'البصمة النظائرية' الفريدة للمقتفيات الإشعاعية أثراً واضحا للعيان في غضون اقتفائها للمغذيات، أو الطاقة، أو الملوثات عبر كائن حي أو شبكة غذائية أو نظام إيكولوجي. ومن السهل اكتشاف المقتفيات الإشعاعية بكميات دقيقة، ولذلك يمكن إجراء دراسات دون تسميم الكائنات الحية أو النظم الإيكولوجية أو التأثير على كيمياء النظام أو ديناميات السوائل به. وتطبق الوكالة المقتفيات الإشعاعية في كلٍّ من التجهيزات المختبرية والعمل الميداني، ولكلٍّ منهما نقاط قوته. وتتسم التجارب المختبرية بميزة إيجاد نظم إيكولوجية مبسطة واصطناعية يمكن من خلالها دراسة العمليات والتفاعلات الطبيعية دون انقطاع. وتعالج الدراسات الميدانية الأنظمة المعقدة في العالم الحقيقي، وهي ذات قدرة على الإجابة على الأسئلة المتعلقة بمصير المركّبات، والديناميات بين الأنواع المختلفة، وكيفية التصاق المركّبات بالرواسب و/أو انتشارها كملوثات في البيئة.

وخلال الدراسات الميدانية التي تُجرى على نطاق أوسع، تُستخدَم المقتفيات الإشعاعية في المقام الأول للكشف عن عمليات انتقال وانتشار واستقرار المواد الكيميائية في البيئة الطبيعية. وتطبَّق هذه الدراسات على البيئات الساحلية حيث جرى تقييم

وتمحيص مدى تأثير عمليات التخلص من مياه الصرف الصحي والنفايات السائلة الأخرى. وفي السبعينات من القرن الماضي، كشفت سلسلة من الدراسات التجريبية التي أُجريت على نظم البحيرات الكندية، باستخدام مقتفيات إشعاعية للمعادن الثقيلة (الكادميوم–١٠٩، والزنك–٦٥، والزئبق–٢٠٣، والحديد–٥٩، والكوبالت–٦٠، والسيزيوم–١٣٤، والسيلينيوم–٧٥) ومقتفيات إشعاعية للمغذيات (الكربون–١٤)، عن الكيفية التي يتم بها امتصاص المقتفيات في الرواسب والمغذيات. وأظهرت أيضاً كيفية انتقال الملوثات من المياه والرواسب إلى الكائنات الحية. ومن هناك تدخل هذه الملوثات وتتحرك عبر السلسلة الغذائية. وفي الآونة الأخيرة، أثيرت مخاوف بشأن التأثير الإشعاعي الذي ربما تكون مثل هذه الدراسات الميدانية قد خلّفته على البيئة. وقد تَركَّز تقييم جرعات الأحياء غير البشرية (أداة تقييم الخطر البيئي من الملوثات المؤينة ERICA)[1] فيما يخص دراسة إحدى البحيرات على ما إذا كانت تركيزات

آخر التقارير عن حالة محيطاتنا مثيرة للقلق في أحسن الأحوال. فاستغلال الموارد المحدودة لتلك المحيطات، والزيادة في التلوث البحري، وتدمير ما بها من موائل يُنتفَع بها، كل ذلك يضع ضغوطاً ضخمة على ما تحويه من كائنات حية.

المقتفيات الإشعاعية المستخدمة مرتفعة بما يكفي للتأثير سلبياً على النظام الإيكولوجي؛ وأكدت النتائج أن الجرعات كانت أدنى من المستويات المرجعية التي حددتها اللجنة الدولية للوقاية من الإشعاعات. ويشير ذلك إلى جدوى استخدام المقتفيات الإشعاعية بأمان في الدراسات التي تُجرى على نطاق النظم الإيكولوجية.

والمقتفيات الإشعاعية، بما لها من تأثير بيئي محدود، قابلة للاستخدام في مجموعة متنوعة من التطبيقات الجديدة لإيجاد وعي أوسع بالبيئة وبالتحديات التي تواجهها. فمن خلال استخدام الكربون–١٤ أو الفوسفور–٣٢، يمكن دراسة ديناميات المغذيات واكتساب فهم أفضل للأسس التي يقوم عليها أي نظام إيكولوجي. وباستخدام المناظرات القصيرة العمر لنواتج الصناعة النووية مثل السيزيوم–١٣٤ والسترونتيوم–٨٥، أو نظائر المعادن الثقيلة، يمكن لعلماء الإيكولوجيا الإشعاعية دراسة تراكم الملوثات في الكائنات الحية البحرية والتضخم الأحيائي (أي الزيادة التراكمية لتركيز المواد في الكائنات الحية بمستويات أعلى بشكل مطرد في السلسلة الغذائية). والتضخم الأحيائي هو أحد الجوانب المهمة للتلوث البحري ويثير القلق بصفة خاصة بالنسبة للأحياء الأطول عمراً مثل البشر. وتشمل التطبيقات الأخرى المحتملة للمقتفيات الإشعاعية استخدامها على النطاق المجهري وفيما يخص بطاقات التعريف التي تُلصَق على الجزيئات العضوية، مثل العقاقير، لتتبع سلوكها عند تفاعل هذه الجزيئات مع الكائنات الحية، بعد إفرازها من جسم الإنسان ومرورها عبر أنظمة الصرف الصحي.

وعلى الرغم من إمكانية استخدام المقتفيات الإشعاعية على نطاق واسع، فإنها محددة بقيود، أبرزها في المقام الأول أن دراسة بعض العمليات تستلزم استيعاب المقتفيات وانتشارها في البيئة لعدة أيام أو لفترة أطول. وفي بيئات المياه المفتوحة، يمكن أن يؤدي ذلك إلى انتشار واسع جداً بسبب التيارات، وحركة الأمواج، وقيام الحيوانات المهاجرة بإزالة المقتفيات بعيداً عن منطقة الدراسة. ومع ذلك، فإن هذا الخلل لا يقف حائلاً دون دراسة بعض موائلنا البحرية الأكثر حيوية. ومناطق التطويق الساحلي ومزارع تربية الأحياء المائية والشعاب المرجانية والهياكل العائمة أو التي تسكن قاع البحر، كلها يمكن استخدامها لتقييد حركة الكائنات الحية والمقتفيات، مما يجعلها بيئات مواتية جداً لمثل هذه الدراسات باستخدام أحدث وسائل التكنولوجيا النووية.

إلا أن آخر التقارير عن حالة محيطاتنا مثيرة للقلق في أحسن الأحوال. فاستغلال الموارد المحدودة لتلك المحيطات، والزيادة في التلوث البحري، وتدمير ما بها من موائل يُنتفَع بما توفره من خدمات، كل ذلك يضع ضغوطاً ضخمة على ما تحويه من كائنات حية. والمقتفيات الإشعاعية أدوات نووية فريدة من نوعها يمكن استخدامها لدراسة التلوث وانتقاله في السواحل والمحيطات. وتسعى الوكالة وشركاؤها لتوفير هذه التقنيات النووية من أجل تحسين فهم صحة المحيطات، مع تشجيع البلدان على اتخاذ خطوات عملية لمنع حدوث المزيد من التدهور بها.

كاث هيوز، المنظمة الأسترالية للعلم والتكنولوجيا النوويين

[1] الخطر البيئي من الملوّثات المُؤيّنة: التقييم والتصرف (ERICA)- http://www.erica-tool.com

محيطاتنا المتغيرة
معلومات أساسية حول ظاهرة تحمض المحيطات

لو أن كل العالم صار ورقاً،
ولو أن كل البحر بات مِداداً،
لو أن كل الأشجار تحولت إلى خبز وجبن،
فماذا عسانا نفعل لنوفر لأنفسنا الشراب؟

–أنون

لقد مرت قرون منذ أن ظهرت في قصيدة شعرية للأطفال فكرة تحوّل البحر إلى مِداد. ولا تفتأ البحار تشهد تغيراً مستمراً خلال القرن الواحد والعشرين– فدرجة حموضتها في تزايد.

ومنذ بداية الثورة الصناعية في القرن الثامن عشر، يتم استيعاب انبعاثات الكربون في المحيطات، مما يزيد من حموضتها بنسبة ٣٠٪–كجزء من التغير العالمي الناشئ نتيجة النشاط البشري.

وتؤدي المحيطات دوراً أساسياً في الحد من كمية الكربون في الغلاف الجوي. فهي تستوعب ٢٥٪ من ثاني أكسيد الكربون الذي يصنعه الإنسان، يومياً. وعندما يتم امتصاص ثاني أكسيد الكربون، يذوب في مياه المحيطات ليكوِّن حمض الكربونيك. وما لم يتم تخفيض انبعاثات الكربون، من المتوقع أن تستمر حموضة المحيطات في الزيادة بنسبة ١٥٠ في المائة بحلول نهاية القرن الواحد والعشرين، مع امتصاص كمية أكبر من أي وقت مضى من ثاني أكسيد الكربون.

وهناك بالفعل دلائل على أن ارتفاع حموضة المحيطات تؤثر على مصائد الأسماك وعلى الكائنات الحية البحرية.
"إن سواحل ومحيطات العالم، التي تشكل حوالي ٧٠٪ من سطح الأرض، تواجه تهديدات خطيرة من صنع الإنسان جراء التلوث والاستخراج غير المستدام للموارد وتغير المناخ. والتقنيات النووية والنظائرية تساعدنا في فهم الضغوط على البيئة البحرية وإيجاد استجابات أكثر فعالية"، حسبما قال السيد يوكيا أمانو، المدير العام للوكالة، في معرض تقديم المحفل العلمي لعام ٢٠١٣ الذي ينصب تركيزه على حَفظ البيئات البحرية.

وتستضيف مختبرات البيئة التابعة للوكالة والتي يقع مقرها في موناكو مركز التنسيق الدولي المعني بتحمض المحيطات. وتساهم أبحاث هذا المركز في تحقيق فهم أكبر لهذه الظاهرة.

وتُستخدَم النظائر المشعة، مثل الكالسيوم–٤٥، من قِبَل علماء الوكالة كأحد المقتفيات الإشعاعية لدراسة معدلات النمو في المتكلسات، مثل الشعاب المرجانية، وبلح البحر، والصدفات الرخوية والرخويات الأخرى، التي تتكون هياكلها العظمية من الكالسيوم. وتُستخدَم المقتفيات على نطاق واسع من جانب الوكالة لتحديد الكيفية التي يؤثر بها تحمض المحيطات على بيض وصغار أنواع الأسماك الفقارية، مثل الأسماك الزعنفية، وعلى رأسيات الأرجل، مثل الحبّار والأخطبوط والحيوانات البحرية الهلامية.

ومع زيادة حموضة مياه المحيطات، قد تشتد العواقب على الحياة البحرية. وتشمل سيناريوهات تحمض المحيطات تداعيات بعيدة المدى على حصاد المحار، مثل الرخويات البحرية وبلح البحر وأذن البحر. ومن المتوقع أن تتدهور حالة الشعاب المرجانية، كموئل مترابط متنوع وباعتبارها حضّانة لكثير من الأنواع البحرية، مما يطلق سلسلة من العواقب السلبية الناجمة عن انخفاض التنوع البيولوجي وتقلص محميات الأسماك. كما ستكون للتغيرات في شبكات الأغذية البحرية تداعيات، من بين أمور أخرى، انعكاسات على صحة وحصاد الأسماك البحرية. وعلى الصعيد العالمي، طبقاً للأرقام في عام ٢٠١٢، توفر الأسماك لثلاثة مليارات من البشر ٢٠٪ من استهلاكهم من البروتين الحيواني. ومجتمعات الصيد الحِرفي، وأوساط العمالة ذات الصلة بالمأكولات البحرية، ودوائر التجارة وأعمال التبادل التجاري، والسياحة وأولئك الذين يرتبط مورد رزقهم بتوفر المأكولات البحرية، كلها تواجه حالة من تراجع الإيرادات، وتدني الوظائف وتضاؤل كمية المأكولات البحرية.

إن عواقب ظاهرة تحمض المحيطات عالمية النطاق. وهناك حاجة إلى المزيد من البحث في تحمض المحيطات وعواقبه. فمن المعروف بالفعل، على سبيل المثال، أن هناك اختلافات إقليمية في قابلية مصايد الأسماك للتحمض. ويلزم أن يؤخذ في الاعتبار مزيج العوامل الأخرى، مثل الاحترار العالمي وتدمير الموائل والصيد الجائر والتلوث، عند وضع استراتيجيات لزيادة قدرة البيئة البحرية على التكيف. ومن بين الخطوات التي يمكن اتخاذها للحد من هذا التأثير توفير حماية أفضل للنظم الإيكولوجية الساحلية البحرية، مثل مستنقعات المانغروف ومروج الأعشاب البحرية، وهو ما من شأنه أن يساعد على حماية مصايد الأسماك. وكانت هذه التوصية أحد الاستنتاجات الصادرة عن حلقة عمل مدتها ثلاثة أيام حضرها اقتصاديون وعلماء ونُظِّمت من قِبَل الوكالة ومركز موناكو العلمي في تشرين الثاني/نوفمبر ٢٠١٢. وفي التوصيات المقدمة من حلقة العمل، تم أيضاً التشديد على وجوب أن يؤخذ بعين الاعتبار التأثير الناتج عن زيادة حموضة المحيطات في مجال إدارة مصائد الأسماك، ولا سيما حيث تكون المأكولات البحرية أحد المصادر الرئيسية للغذاء.

بيتر ريكوود، شعبة الإعلام العام في الوكالة.

دعوة لليقظة
الوكالة تعزز العمل العالمي بشأن ظاهرة تحمض المحيطات

ظاهرة تحمض المحيطات تؤثر بالفعل على النظم الإيكولوجية البحرية والخدمات التي تسديها للبشرية.
(الصورة من: iStockphoto.com)

تعمل الوكالة على تعزيز التعاون العلمي من أجل توفير الفهم السليم القائم على حقائق بما يتيح تقييم تأثير الإنسان على البيئتين الساحلية والبحرية.

وقد وجهت المجلات العلمية المعروفة الانتباه إلى الأخطار الوشيكة من جراء ظاهرة تحمض المحيطات وانعكاساتها على المناطق الساحلية والحياة البحرية.
وعلّقت مجلة الطبيعة *Nature* بعددها الصادر في تموز/يوليه ٢٠١٣ على النحو التالي: "على الرغم من أن مسألة أعداد الباحثين والتمويل والمنهجيات ستشكل دائماً أحد القيود، فإننا نعتقد أن هذا المجال آخذ في التراجع نتيجة مشكلة أكبر من ذلك بكثير – ألا وهي عدم المعرفة بالمبادئ الشاملة لكيفية تأثير تحمض المحيطات على الأنواع والنظم الإيكولوجية. فهذه المبادئ ذات أهمية حاسمة لمعالجة بعض القضايا، بما في ذلك التحولات في العمليات البيولوجية الكيميائية، مثل تثبيت النيتروجين، والتفاعلات بين الحيوانات والنباتات والبكتيريا.

ويتطلب وضع هذه المبادئ التوحيدية اتباع نهج متعدد التخصصات يحدد الهيكل التنظيمي للأبحاث داخل نطاق المشاريع المتعددة الجنسيات والمنفّذة على النطاق الوطني بشأن تحمض المحيطات، وفيما بين هذه المشاريع بعضها البعض. ويعدّ مركز التنسيق الدولي لظاهرة تحمض المحيطات، الذي أُعلن عنه في حزيران/يونيه ٢٠١٢، خطوة أولى تحظى بالترحيب.

"وظاهرة تحمض المحيطات تؤثر بالفعل على النظم الإيكولوجية البحرية والخدمات التي تسديها للبشرية. ولما كان عكس اتجاه التغيرات في كيمياء المحيطات سيستغرق آلاف السنين، فإننا نعتقد أنه ينبغي توجيه البحوث نحو إيجاد الحلول، بدلاً من مجرد توثيق الكارثة. وفي نهاية المطاف، فإن الحد من مستويات ثاني أكسيد الكربون في الغلاف الجوي هو وحده الكفيل بتخفيف التحديات التي يفرضها تحمض المحيطات. وفي الوقت ذاته، فإنه يمكن للباحثين تحسين فهمهم للتأثيرات البيولوجية الناتجة من تحمض المحيطات، وتحديد الكائنات الحية والنظم الإيكولوجية الأكثر عرضةً للخطر. ويمكننا أيضاً كسب بعض الوقت من خلال تقليل الضغوط البشرية مثل الصيد الجائر وإتخام المياه بالمغذيات والتلوث."[1]

بعثة مركز التنسيق الدولي المعني بتحمّض المحيطات

على مدى السنوات العشر الماضية، أظهرت الأبحاث العلمية الدولية الأخطار التي يمكن أن تشكّلها ظاهرة تحمّض المحيطات للحياة البحرية. ومن أول المشاريع المتعددة الجنسيات عن تحمض المحيطات المشروع الأوروبي المعني بتحمض المحيطات[2] وهو مشروع أوروبي مدته أربع سنوات وانتهى في عام ٢٠١٢. وقد اعترف هذا المشروع بالحاجة إلى مواصلة تطوير الأنشطة الدولية، كما فعل الفريق العامل المعني بتحمض المحيطات[3] SOLAS- IMBER والفريق الدولي المعني بمستخدمي المواد المرجعية في مجال تحمض المحيطات. وأكد هذان الفريقان على الحاجة إلى بذل جهد دولي أوسع نطاقاً لتنسيق وتعزيز وتيسير كل ما يتعلق بعلم تحمض المحيطات والأنشطة ذات الصلة به. وقد أعلنت الوكالة خلال مؤتمر ريو+٢٠ في حزيران/يونيه ٢٠١٢ عن إنشاء مركز التنسيق الدولي المعني بتحمض المحيطات في مختبرات البيئة التابعة للوكالة في موناكو. ومهمة هذا المركز هي تيسير الإجراءات والاستجابات العالمية لظاهرة تحمض المحيطات.

وهذا المركز، الذي أنشئ في البداية كمشروع مدته ثلاث سنوات، يتم تمويل ودعم أعماله من قِبَل العديد من الدول الأعضاء[4] في الوكالة من خلال مبادرتها الخاصة بالاستخدامات السلمية. وهو يتعاون مع مشاريع وطنية ودولية رئيسية أخرى ضالعة في البحوث المتعلقة بتحمض المحيطات. ويساعد في عمل المركز مجلس استشاري، يتألف من أعضاء من اللجنة الأوقيانوغرافية الدولية الحكومية التابعة لليونسكو، والإدارة الوطنية لدراسة المحيطات والغلاف الجوي في الولايات المتحدة، ومنظمة الأغذية والزراعة التابعة للأمم المتحدة، والأمير ألبرت الثاني من مؤسسة موناكو، والفريق الدولي المعني بمستخدمي المواد المرجعية في مجال تحمض المحيطات، إلى جانب نخبة من العلماء المتميزين.

العمل الذي يقوم به مركز التنسيق الدولي المعني بتحمّض المحيطات

الهدف من مركز التنسيق الدولي المعني بتحمض المحيطات هو أن يكون بمثابة منصة لأغراض تقاسم المعلومات وتعزيز التعاون الدولي، والتدريب، وتطوير أفضل الممارسات، والوصول إلى البيانات المتصلة بظاهرة تحمض المحيطات، وغير ذلك من الإجراءات المنفَّذة في إطار من التعاون. ويوفر موقعه الشبكي ومركزه الإخباري المعلومات لقطاعات مختلفة من الجمهور، بما في ذلك الجهات المعنية بوضع السياسات واتخاذ القرارات.

كما يعزز المركز الوعي باستخدام التقنيات التقليدية والنووية والنظائرية من أجل فهم الاختلافات القائمة في البيئات الساحلية والبحرية، والمساعدة في توفير أساس لاستجابات إدارية فعالة تحفظ قدرة هذه النظم الإيكولوجية على التكيف. وفي إطار أنشطة الاتصال الخاصة بالمركز، يتم إيضاح الكيفية التي يمكن من خلالها استخدام البحوث للمساعدة في ضمان التنمية المستدامة وتعزيز قدرة هذه النظم الإيكولوجية على التكيف.

وتشجع الوكالة على تبني نهج شامل لدراسة ورصد وحماية النظم الإيكولوجية البحرية والساحلية والبرية. ويدعم المركز التعاون الفعال على نطاق عالمي لمعالجة التهديد الذي تواجهه محيطاتنا جراء ظاهرة تحمض المحيطات.

آبها ديكسيت، شعبة الإعلام العام في الوكالة.

[1] أعيد الطبع بإذن من مؤسسة ماكميلان المحدودة للنشر: تعليق بمجلة NATURE، المجلد ٤٩٨، صفحة ٤٢٩، Dupont, S.; Poertner, H، ٢٧ حزيران/يونيه ٢٠١٣.

[2] كان المشروع الأوروبي المعني بتحمض المحيطات هو أول مبادرة بحثية على نطاق واسع في أوروبا تكرّس لدراسة تداعيات وعواقب تحمض المحيطات. وشارك أكثر من ١٠٠ عالم من ٢٧ معهداً وتسعة بلدان بجلب خبراتهم للمشروع، مما أدى إلى إنشاء اتحاد متعدد التخصصات ومتنوع. وقد تم تمويل المشروع لمدة أربع سنوات (من ٢٠٠٨ إلى ٢٠١٢) من قِبَل المفوضية الأوروبية في إطار برنامجها الإطاري السابع.

[3] SOLAS: دراسة سطح المحيط والطبقات السفلى من الغلاف الجوي وIMBER: البحوث المتكاملة للكيمياء الجيولوجية الحيوية والنظم الإيكولوجية البحرية.

[4] إسبانيا، وأستراليا، وإيطاليا، وفرنسا، والمملكة المتحدة، والنرويج، ونيوزيلندا، والولايات المتحدة الأمريكية.

بناء الشراكات لحماية المحيطات
تعاون الوكالة مع المنظمات الدولية

تدعم مختبرات البيئة التابعة للوكالة الدول الأعضاء في تطبيق التقنيات النووية والنظيرية لكشف ورصد أثر الملوثات في المناطق الساحلية على دورة الحياة البحرية وفوائد النظم الإيكولوجية. وتُستخدم هذه التقنيات لتعزيز فهمنا للنظم الإيكولوجية البحرية وللبيئة البحرية، وكذلك لتحسين إدارة البيئة وحمايتها. وعلى سبيل المثال، تساعد مقتفيات النشاط الإشعاعي على تتبع حركة أنواع مختلفة من العناصر النزرة والملوِّثات الصناعية، وتحسِّن معرفتنا للعمليات البيولوجية البحرية.

وتقوم المحيطات، مثل إسفنجة شاسعة الامتداد، بامتصاص ثاني أكسيد الكربون من الغلاف الجوي بطريقة طبيعية، فتساعد على التخفيف من آثار الاحترار العالمي. وقد ازدادت باطراد الكمية التي تمتصها المحيطات من ثاني أكسيد الكربون، الذي ينتُج في المقام الأول من حرق الوقود الأحفوري، ووصلت الآن إلى ٩ مليارات من الأطنان سنويا. ولهذا التغيير لدورة الكربون العالمية، الذي كان له تأثير على المناخ، نتيجة بيئية إضافية – وهي تحمُّض المحيطات – ذات تداعيات خطيرة على حياة الإنسان، وآثار على المناطق الساحلية والحياة البحرية، وخطر إلحاق الضرر بأكبر الموارد الطبيعية في كوكب الأرض – أي المحيطات.

وقد تعاونت الوكالات الدولية على مدى السنوات الماضية على تجميع الموارد والمعارف للتصدي للخطر الإيكولوجي الداهم لتحمُّض المحيطات. وتعمل الوكالة عن كثب مع برنامج الأمم المتحدة للبيئة، وبرنامج الأمم المتحدة الإنمائي، والمنظمة البحرية الدولية، ومنظمة الأغذية والزراعة للأمم المتحدة (الفاو)، واللجنة الأوقيانوغرافية الحكومية الدولية التابعة لمنظمة الأمم المتحدة للتربية والعلم والثقافة (اللجنة الأوقيانوغرافية الحكومية الدولية التابعة لليونسكو) ومنظمة الأمم المتحدة للتنمية الصناعية (اليونيدو) لتنفيذ برامج فعالة لتحقيق التنمية المستدامة تشمل تحسين 'الحالة الصحية' للمحيطات باستخدام التكنولوجيا النووية والنظيرية لرصد الأثر على الحياة البحرية والمناطق الساحلية.

وتؤدي الوكالة دورا هاما في دعم الجهود الدولية الرامية إلى رصد التغيرات التي تحدث في التوازن الإيكولوجي بسبب تحمُّض المحيطات. وتولت الوكالة، مع اللجنة الأوقيانوغرافية الحكومية الدولية التابعة لليونسكو وإمارة موناكو، رعاية التوقيع في عام ٢٠٠٨، من جانب ١٥٥ عالما دوليا، على إعلان موناكو حول تحمض المحيطات[1]. ودعا الإعلان إلى إحداث تخفيضات كبيرة في انبعاثات ثاني أكسيد الكربون لتجنب وقوع أضرار واسعة النطاق على النظم الإيكولوجية البحرية من جرّاء تحمُّض المحيطات. والوكالة أيضا عضو نشط في شبكة الأمم المتحدة للمحيطات، التي هي آلية مشتركة بين الوكالات للتنسيق داخل الأمم المتحدة بشأن قضايا المحيطات والسواحل. ولمعرفة المزيد عن اضطلاع الوكالة بالقيادة في مركز التنسيق الدولي المعني بتحمُّض المحيطات، انظر الصفحتين ١٠–١١.

وتقوم مختبرات البيئة التابعة للوكالة بعقد دورات تدريبية واختبارات كفاءة ومقارنات بين المختبرات بصفة منتظمة لصالح برنامج تقييم ومكافحة التلوث في منطقة البحر الأبيض المتوسط، التابع لخطة عمل البحر المتوسط، التابعة لبرنامج الأمم المتحدة للبيئة. ومن خلال هذا الجهد التعاوني، زُودت المختبرات في منطقة البحر الأبيض المتوسط بالأجهزة المناسبة التي تُستخدم لتحديد العناصر النزرة والملوثات العضوية، وكذلك لتطوير قاعدة بيانات رصدية لتقييم أثر التلوث.

وقدمت مختبرات البيئة التابعة للوكالة مساعدتها لبناء القدرات التحليلية للعديد من المختبرات في الدول المشاركة. فمثلا، خلال الفترة ٢٠١١–٢٠١٢، نُظمت في موناكو، بمشاركة ٢٤ عالما من ١١ بلدا متوسطيا، أربع دورات تدريبية إقليمية حول تحليل الملوثات في العينات البحرية. وأجرت الوكالة أيضا أربعة اختبارات كفاءة لبلدان البحر الأبيض المتوسط وكذلك لمناطق أخرى.

وتُنظم دراسات مشتركة بين المختبرات الإقليمية لتقديم مشورة الخبراء بشأن جودة نتائج القياس ولوضع خطط عمل للتصدي لمخاطر الملوِّثات على المناطق البحرية والساحلية[2]. وفي إطار هذا المشروع، قدم خبراء الوكالة معلومات مفصلة عن استخدام النظائر النووية في رصد التدهور الذي يحدث في النظام الإيكولوجي البحري.

وتقوم الوكالة بدور نشط في أعمال المنظمة الإقليمية لحماية البيئة البحرية، الخاصة بمنطقة الخليج، والتي هي الأمانة المسؤولة عن الإشراف على اتفاقية الكويت الإقليمية للتعاون على حماية البيئة البحرية من التلوث وعلى خطة عمل الكويت[3]. وتعاونت الوكالة مع 'المنظمة الإقليمية لحماية البيئة البحرية' في جميع أنحاء منطقة الخليج وفي خليج عمان منذ وقت مبكر من ثمانينات القرن الماضي. وتشمل الأنشطة البارزة إجراء مسوحات 'فحص الملوِّثات' للمياه الساحلية والرواسب والأسماك، وتحليل الملوِّثات العضوية وغير العضوية. وتساعد تقييمات التلوث الناتجة من هذه المشاريع الدول الأعضاء في المنطقة على اكتساب فهم أوضح للحالة المتدهورة للمناطق الساحلية والحياة البحرية. وتم خلال زيارات

إلى الإمارات العربية المتحدة والبحرين وجمهورية إيران الإسلامية وعمان وقطر والكويت في إطار المنظمة الإقليمية لحماية البيئة البحرية تقييم الاحتياجات اللازمة في مجال البنية التحتية والتدريب للتصدي للكارثة البيئية المحتملة.

وعقدت الوكالة دورات تدريبية منفصلة حول تحليل العناصر النزرة والملوثات العضوية في جميع البلدان الأعضاء في المنظمة الإقليمية لحماية البيئة البحرية، فضلا عن تنظيم دراسات مختبرية إقليمية دورية لصالح شبكة مختبرات المنظمة المذكورة. وأجريت ثلاثة اختبارات كفاءة لبلدان المنظمة المذكورة هدفت إلى تحسين أداء مختبرات الدول الأعضاء في مجال تحليل النويدات المشعة والعناصر النزرة والهيدروكربونات البترولية والمركبات المكلورة الموجودة في العينات البحرية.

وإلى الجنوب، دعمت الوكالة مشروع برنامج الأمم المتحدة للبيئة المعنون 'معالجة الأنشطة البريَّة في غرب المحيط الهندي' – وهو مشروع مدته أربع سنوات بدأ في عام ٢٠٠٦. وساعدت الوكالة ثمانية من بلدان غرب المحيط الهندي (جزر القمر وجمهورية تنزانيا المتحدة وجنوب أفريقيا وسيشيل وكينيا ومدغشقر وموريشيوس وموزامبيق) على تقييم الملوِّثات البحرية الرئيسية ووضع برنامج إقليمي طويل الأمد للرصد البحري.

وكان مجال تركيز هذا المشروع هو تحليل المشاكل البيئية الرئيسية. وشملت المساعدة التي قدمتها مختبرات البيئة التابعة للوكالة عقد دورات تدريبية إقليمية وإجراء دراسات مشتركة بين المختبرات لتقييم أداء مركز النشاط الإقليمي، الذي هو مختبر إقليمي لرصد التلوث البحري خاص بهذه البلدان. وتُستخدم التقنيات النووية لتحديد أنواع الملوِّثات الموجودة في العينات البحرية، وقد طوَّرت هذه الأدوات العلمية وحدَّثتها مختبرات البيئة التابعة للوكالة بالتشارك مع برنامج البحار الإقليمية الخاص ببرنامج الأمم المتحدة للبيئة. ويوفر هذا البرنامج للدول الأعضاء آلية متطورة يمكن بها تقييم التأثير الضار للملوثات واتخاذ خطوات علاجية للحفاظ على التوازن الإيكولوجي.

واستفادت منطقة البحر الأسود أيضا من تعاون الوكالة مع مرفق البيئة العالمية ولجنة حماية البحر الأسود من التلوث ومكتب الأمم المتحدة لخدمات المشاريع، وذلك في مشروع إنعاش النظام الإيكولوجي في البحر الأسود، الذي ساعد ستة بلدان ساحلية (الاتحاد الروسي وأوكرانيا وبلغاريا وتركيا وجورجيا ورومانيا) على تعزيز مرافقها بغية تحسين تحليل الملوثات البحرية الرئيسية مثل الفلزات الثقيلة والبتروكيميائيات والملوِّثات العضوية.

وتعاونت الوكالة في عام ٢٠١٠ مع مرفق البيئة العالمية ومكتب الأمم المتحدة لخدمات المشاريع في مشروع النظام الإيكولوجي البحري الكبير للبحر الأصفر، لمساعدة جمهورية كوريا والصين على إنتاج بيانات موثوقة عن الملوثات الرئيسية في البيئة البحرية. وأُجريت للمختبرات البحرية في منطقة البحر الاصفر اختبارات كفاءة في مجال تحليل الملوثات العضوية والمعادن النزرة الموجودة في المواد المرجعية للرواسب والكائنات الحية باستخدام التكنولوجيا النووية. وشاركت خمسة مختبرات من الصين وخمسة مختبرات من جمهورية

تؤدي الوكالة دورا هاما في دعم الجهود الدولية الرامية إلى رصد التغيرات التي تحدث في التوازن الإيكولوجي بسبب تحمُّض المحيطات.

كوريا في اختبارات الكفاءة التي نظمتها مختبرات البيئة البحرية التابعة للوكالة. وفي إطار برنامج العراق للفترة ٢٠٠٣–٢٠٠٤ التابع لبرنامج الأمم المتحدة الإنمائي، طُلب من مختبرات البيئة التابعة للوكالة تنسيق مسح مكثف لتلوث رواسب بحرية مأخوذة من نحو ٣٠ سفينة غارقة في الممرات المائية العراقية. وفُحصت طائفة واسعة التنوّع من الملوِّثات الثابتة والملوِّثات السمِّية (فلزّات ثقيلة وهيدروكربونات بترولية) في أكثر من ١٩٠ عيّنة من الرواسب. وتُستخدم النتائج حاليا لضمان الاضطلاع بعمليات الانتشال بأدنى حد ممكن من الخطر على الناس وعلى البيئة البحرية.

وتعمل مختبرات البيئة التابعة للوكالة أيضا مع المنظمة الإقليمية للمحافظة على بيئة البحر الأحمر وخليج عدن. وقد زار موظفون وخبراء من الوكالة بلدان المنطقة لتقييم القدرات الوطنية والإقليمية على الاضطلاع بالرصد البحري، وقدموا بعد ذلك توصيات بشأن التدريب وبناء القدرات.

وفي إطار برنامج البيئة لبحر قزوين، وهو برنامج حكومي دولي للدول الخمس المطلة على بحر قزوين وهي الاتحاد الروسي وأذربيجان وتركمانستان وجمهورية إيران الإسلامية وكازاخستان، أجريت دراسات بشأن تراكم الملوثات في البيئة البحرية. وتدعم مختبرات البيئة التابعة للوكالة هذا البرنامج بتوفير مشورة الخبراء والدعم التقني المستمر لوضع برنامج إقليمي لرصد الملوِّثات البحرية. واستُخدمت التقنيات النووية لبحث وتقييم ما للنفايات السامة، الناتجة أساسا من الأنشطة البشرية، ولا سيما التعدين، الذي زاد من عبء المعادن الثقيلة في رواسب بحر قزوين، من أثر على النظام الإيكولوجي البحري.

وفي إطار التنسيق الوثيق مع لجنة حماية البيئة البحرية لشمال شرق المحيط الأطلسي التابعة لاتفاقية أوسبار[٤] والتي أنشئت في عام ١٩٩٢، تقدِّم مختبرات البيئة التابعة للوكالة الأنشطة التحليلية الخاصة بضمان جودة الأدوات النووية

والنظيرية لمختبرات في إسبانيا وألمانيا وآيرلندا والبرتغال وبلجيكا والدنمارك والسويد وفرنسا والمملكة المتحدة وهولندا. ويعزز هذا الدعم التفاهم ويوفر تقنيات رصد متطورة لمراقبة التغيرات التي تحدث في المناطق المائية وللحد من تأثير التلوث.

ويجري تنفيذ برنامج مماثل في إطار لجنة حماية البيئة البحرية لبحر البلطيق[٥]، تتعاون فيه مختبرات البيئة التابعة للوكالة مع مختبرات في الاتحاد الروسي وإستونيا وألمانيا وبولندا والدنمارك والسويد وفنلندا ولاتفيا وليتوانيا لضمان الجودة التحليلية وإتاحة الوصول عبر الإنترنت إلى بيانات النشاط الإشعاعي البحري في بحر البلطيق. وفي أيار/مايو٢٠١٣، عُقد الاجتماع السنوي الثالث لهذه المجموعة في مختبرات البيئة التابعة للوكالة في موناكو. واستعرض اجتماع موناكو أحدث التقارير عن إطلاقات النويدات المشعة من المرافق النووية إلى بحر البلطيق وعن المستويات البيئية للنويدات المشعة الطبيعية وذات المنشأ البشري في مياه بحر البلطيق وفي الرواسب والكائنات الحية البحرية.

ويدل اتساع نطاق التعاون العالمي للوكالة في مجال تحمُّض المحيطات والتلوث البحري، بما يشمل النفايات البحرية والبلاستيك، على ضرورة العمل التعاوني العاجل بهدف الحد من وقوع المزيد من الضرر على الحياة البحرية والمحيطات والمناطق الساحلية، وعلى ضرورة استمرار ذلك العمل. ومن ثم فإن الشراكات مع الهيئات الدولية الأخرى في استخدام التطبيقات النووية والنظيرية تساعد على تعزيز فهم العمليات المحيطية والنظم الإيكولوجية البحرية وآثار التلوث.

وأهم ما في الأمر هو أن البيانات المستمدة من هذا التعاون يمكن أن تُستخدم للبحث عن أفضل الحلول الممكنة للتحديات البيئية التي تؤثر على جميع الدول الأعضاء. والوكالة، بخبرتها ومعرفتها الفريدة من نوعها، هي شريك رئيسي مع المنظمات الدولية الأخرى في العمل على الاستخدام المستدام للمحيطات. وتجب المحافظة على المحيطات 'سليمة صحيا' إذا أريد للأجيال القادمة أن تواصل الاستفادة من حياة بحرية وفيرة.

آبها ديكسيت، شعبة الإعلام العام في الوكالة

[١] http://www.ocean-acidification.net/Symposium2008/MonacoDeclaration.pdf

[٢] دقة البيانات حاسمة الأهمية في تقييم تدهور البيئة البحرية. وتزوّد خدمات ضمان الجودة في الوكالة مختبرات الدول الأعضاء بالتدريب اللازم، وبتنظيم تمارين مقارنة مشتركة بين المختبرات، وباختبارات الكفاءة، في مجال التقنيات النووية والنظيرية، من أجل تقييم المعلومات المجمّعة. وتستند التمارين المختبرية واختبارات الكفاءة التي تجريها الوكالة إلى المعايير والإجراءات الدولية.

[٣] عُقد في الكويت من ١٥ إلى ٢٣ نيسان/أبريل ١٩٧٨ مؤتمر المفوّضين الإقليمي المعني بحماية وتطوير البيئة البحرية والمناطق الساحلية للإمارات العربية المتحدة وجمهورية إيران الإسلامية والبحرين والعراق وعمان وقطر والكويت والمملكة العربية السعودية. واعتمد المؤتمر في ٢٣ نيسان/أبريل ١٩٧٨ خطة عمل الكويت، واتفاقية الكويت الإقليمية للتعاون على حماية البيئة البحرية من التلوث، والبروتوكول المتعلق بالتعاون الإقليمي في حالات الطوارئ على مكافحة التلوث بالنفط والمواد الضارة الأخرى.

[٤] حلت اتفاقية حماية البيئة البحرية لشمال المحيط الأطلسي (اتفاقية أوسبار) محل اتفاقية منع التلوث البحري الناجم عن الاغراق من السفن والطائرات (اتفاقية أوسلو لعام ١٩٧٢) واتفاقية منع التلوث البحري من مصادر برية (اتفاقية باريس لعام ١٩٧٤). وللاطلاع على المزيد من المعلومات، انظر الموقع: http://www.ospar.org

[٥] يرد مزيد من المعلومات في الموقع: www.helcom.fi

بناء القدرات من جانب الوكالة في مجال استخدام التقنيات النووية لأغراض الاستدامة البيئية

صياغة سياسات بيئية سليمة أمر ضروري لحماية التوازن البيئي الحيوي للنظم الطبيعية السليمة صحيا، على اليابسة وفي المحيطات.
(الصورة من: iStockphoto.com)

تساعد الوكالة الدول الأعضاء على استخدام التكنولوجيا النووية في مجموعة واسعة من التطبيقات: من توليد الكهرباء إلى زيادة الإنتاج الغذائي، ومن محاربة السرطان إلى إدارة موارد المياه العذبة وحماية المناطق الساحلية والمحيطات. كما أن المساعدة المقدمة من الوكالة من خلال مشاريع بناء القدرات تعالج المشاكل الوطنية والإقليمية المحددة. وتُنقل الخبرة في مجال تطبيق التكنولوجيا النووية والمعارف المتعلقة بالممارسات الجيدة عبر أنشطة التدريب وتبادل المعلومات والمشاريع البحثية المنسقة وبرنامج التعاون التقني.

وتمثل الإدارة البيئية المستدامة والفعالة تحديا عالميا حاسما في القرن الحادي والعشرين. وتطلب البلدان الدعم الذي يقدَّم عن طريق التعاون التقني لكي تكون قادرة على فهم ورصد وتخفيف الآثار المزدوجة المترتبة على تغير المناخ وتحمُّض المحيطات. كما أن التدريب الذي تقدمه الوكالة في مجال التقنيات النووية المتقدمة الخاصة بالرصد البيئي يساعد واضعي السياسات على استحداث تدابير للتصدي تستند إلى الأدلة العلمية. وبفضل الكوادر العلمية الوطنية المدربة تدريبا جيدا وذات الدراية تستطيع الدول الأعضاء صوغ سياسات بيئية سليمة واستراتيجيات قابلة للتطبيق تحمي التوازن البيئي الحيوي للنظم الطبيعية السليمة صحيا، على اليابسة وفي المحيطات.

وفضلا عن هذه الأنشطة، تقدم الوكالة المساعدة أيضا من أجل تعزيز قدرات الدول الأعضاء في مجال ضمان الجودة ومراقبة الجودة في المختبرات البيئية لتلك الدول لكي تكون قادرة على توفير بيانات دقيقة وقابلة للمقارنة ومستندة إلى نظام مقبول عالميا. وهذا أمر مهم بوجه خاص في المشاريع الإقليمية التي تشمل عدة بلدان مختلفة.

والوكالة متخصصة في إنتاج المواد المرجعية البيئية العالية الجودة. والواقع أن الوكالة هي أكبر مورِّد في العالم للمواد المرجعية للنويدات المشعة في مختلف 'الأوساط'، مثل الأسماك أو النباتات أو التربة أو المياه أو المواد الأخرى. وتُستخدم بعض هذه المواد المرجعية الخاصة بالوكالة كمعايير قياس الدولية. وتوفر الوكالة مواد مرجعية للمختبرات في جميع أنحاء العالم لمساعدتها على ضمان تطبيق التقنيات التحليلية النووية وغير النووية الملائمة لتحقيق نتائج دقيقة وجديرة بالثقة ويمكن التعويل عليها. وعادة لا تكون لدى العلماء في البلدان النامية إمكانية الحصول على معظم المواد المرجعية، ذات كلفة الاستخدام العالية. ولذلك تدعم الوكالة نقل التكنولوجيا إلى البلدان النامية وتقوم بدور مورِّد منخفض التكلفة لهذه المواد للمختبرات في الاقتصادات النامية.

توفر التقنيات النووية أدوات فريدة من نوعها ودقيقة لرصد تحمُّض المحيطات. وتُجرى في مرافق الإيكولوجيا الإشعاعية للوكالة في موناكو دراسات دقيقة لمعدلات تكلُّس الكائنات البحرية، باستخدام مقتفيات النشاط الإشعاعي.

مختبرات البيئة التابعة للوكالة ترصد الملوِّثات البيئية

توفر الوكالة للدول الأعضاء التدريب على استخدام التقنيات النووية والنظيرية للكشف عن الملوِّثات البيئية وتقييم أثرها على الكائنات الحية وصحة الإنسان. ومن خلال هذا التدريب، تتحسن قدرة الدول الأعضاء على كشف المشاكل البيئية. ويمكن أن توفر التقنيات النووية والنظيرية بيانات عالية الدقة تقيس كميًّا أثر العمليات الكيميائية والعناصر في البيئة. وتستخدم مختبرات البيئة التابعة للوكالة النويدات المشعة والنظائر المستقرة لدراسة العمليات البيئية، وتأثير الملوِّثات في النظم الإيكولوجية، والتفاعلات بين الغلاف الجوي والمحيطات، ونظم المياه السطحية والجوفية، واستجابة النظم الجوية والهيدرولوجية والبحرية لتغير المناخ.

وتمكِّن الدورات التدريبية التي تنظمها الوكالة العلماء من معرفة المزيد عن التقنيات النووية والنظيرية من أجل تحديد وتحليل تكوين الملوِّثات ونزوحها ونقلها بواسطة التيارات البحرية وتأثيرها على البيئة. وعلى مر السنين، عقدت الوكالة العديد من الدورات التدريبية الإقليمية التي تدعم بناء القدرات في مجال حماية البيئة البحرية في إطار مشاريع تعاون تقني إقليمية وأقاليمية في مناطق مختلفة من العالم[1].

ويمثل الخطر الذي يهدد البيئة من جرَّاء تغيُّر المناخ وتحمُّض المحيطات مصدر قلق على صعيد العالم. وتصديا لذلك الخطر، تقوم مختبرات البيئة التابعة للوكالة، بالتعاون مع مؤسسات الدول الأعضاء، باستهلال مشاريع لرصد هذا التغيُّر وتقييمه والتنبؤ بتأثيره على النظام الإيكولوجي البحري والمنطقة الساحلية المحيطة. وفي الوقت نفسه، يدعم خبراء الوكالة الدول الأعضاء في تطوير القدرات التحليلية الوطنية من أجل تحسين تحليل آثار تحمُّض المحيطات على الشعاب المرجانية ومصايد الأسماك والنظم الإيكولوجية البحرية الساحلية. وتقوم الوكالة أيضا بتقييم ما لتحمُّض المحيطات من آثار سلبية محتملة على الأنشطة البشرية والاجتماعية والاقتصادية. واتساقا مع ما للدول الأعضاء من شواغل متزايدة حول شدة هذه الآثار، تراعي الوكالة أيضا، في ما تقوم به من تدريب وبحوث، القضايا الإيكولوجية المرتبطة بتلك الآثار فيما يخص المناطق الساحلية والحياة البحرية. والبيانات والخبرات الجديدة الناتجة مطلوبة لتخطيط الإجراءات اللازمة لحماية المجتمعات حاليا وفي المستقبل.

وتوفر التقنيات النووية أدوات فريدة من نوعها ودقيقة لرصد تحمُّض المحيطات. وتُجرى في مرافق الإيكولوجيا الإشعاعية للوكالة في موناكو دراسات دقيقة لمعدلات تكلُّس الكائنات البحرية، باستخدام مقتفيات النشاط الإشعاعي. وتبحث الدراسات في مجال الإيكولوجيا الإشعاعية أيضا ما للمستويات العالية من ثاني أكسيد الكربون الذائب وانخفاض الرقم الهيدروجيني لمياه البحر من أثر على التراكم الأحيائي للفلزات النزرة والملوِّثات الأخرى في مختلف مراحل حياة الرخويات والأسماك.

التدريب الذي توفره الوكالة من أجل بناء القدرات الوطنية

تهدف الأنشطة التي تنفذ في إطار برنامج التعاون التقني للوكالة إلى معالجة ما للدول الأعضاء من احتياجات محددة في مجال تلبية أولويات التنمية الوطنية والمساهمة في التقدم الاجتماعي–الاقتصادي. وينفَّذ البرنامج في أربع مناطق جغرافية هي: أفريقيا، وآسيا والمحيط الهادئ، وأوروبا، وأمريكا اللاتينية.

ومن خلال برنامج التعاون التقني للوكالة، تساعد الوكالة الدول الأعضاء على بناء الخبرات في مجال استخدام التقنيات النووية والنظيرية اللازمة لرصد وإدارة البيئة البحرية ولمعالجة تدهور النظم الإيكولوجية الساحلية. وتيسِّر الوكالة نقل التقنيات المفيدة والمجرَّبة وتدعم التدريب على هذه التقنيات.

وقد دعم مشروع التعاون التقني الإقليمي RLA/7/012، المعنون 'استخدام التقنيات النووية لمواجهة مشاكل إدارة المناطق الساحلية في منطقة الكاريبي'، الإدارة المتكاملة للمناطق الساحلية في منطقة البحر الكاريبي الكبرى من عام ٢٠٠٨ إلى ٢٠١٢.

وأنشئ مشروع إقليمي آخر لبناء القدرات[2] بغية المساعدة على تقييم سمِّية تكاثر الطحالب الضارة باستخدام التقنيات النووية، وللمساعدة كذلك على تصميم نظم الإنذار المبكر اللازمة وتنفيذها. ويهدف هذا المشروع إلى إيجاد الوعي بالمخاطر التي يشكلها تكاثر الطحالب الضارة على البشر والكائنات الحية البحرية وبالضرر الذي يسببه تكاثر الطحالب الضارة على النظم الإيكولوجية وصناعة السياحة ومصائد الأسماك في منطقة الكاريبي. ويُنتج تكاثر الطحالب الضارة سموما قوية يمكن أن تقتل الأسماك والمحار والثدييات البحرية والطيور، ويمكن أن تتسبب بطريقة مباشرة أو غير مباشرة في مرض الناس أو حتى وفاتهم. وقد نُفذ هذا المشروع بالتعاون مع اللجنة الأوقيانوغرافية الحكومية الدولية التابعة لليونسكو[3]. والوكالة شارعة أيضا في إنشاء شبكة الكاريبي لرصد تحمُّض المحيطات، التي ستركز على استخدام التقنيات النووية والنظيرية لرصد القضايا المتصلة بتغيُّر المناخ التي تؤثر على المناطق الساحلية، مثل تحمُّض المحيطات، بما في ذلك تفاعلها مع تكاثر الطحالب الضارة.

وبدعم من الوكالة وشركاء آخرين، تم مؤخرا تجديد مختبرات مركز سيبينفويغوس للدراسات البيئية من أجل توفير قدرات تقنية متقدمة لإنتاج البيانات المعتمدة لصالح صانعي السياسات، بغية مساعدتهم على وضع الخطط لتحسين إدارة البيئة، بما يشمل استخدام التقنيات النووية لحل مختلف المشاكل البيئية الموجودة في النظم الإيكولوجية البحرية الساحلية لكوبا. ونجاح هذا التعاون المشترك موضح في مقال مصور يرد في الصفحة ١٨ من هذا العدد.

ويتيسر التعاون القوي أيضا من خلال الاتفاق التعاوني الإقليمي للبحث والتطوير والتدريب في مجال العلم والتكنولوجيا النوويين (الاتفاق التعاوني الإقليمي)، الذي هو اتفاق حكومي دولي لمنطقة آسيا والمحيط الهادئ يوفر للدول الأعضاء إطارا لتكثيف الشراكات الإقليمية. وتركِّز مشاريع الاتفاق التعاوني الإقليمي على الاحتياجات المشتركة المحددة للبحث والتطوير والتدريب في مجال العلوم والتكنولوجيات النووية في المنطقة. وتدعم الوكالة والاتفاق التعاوني الإقليمي الأنشطة الرامية إلى تعزيز القدرات الإقليمية على التطبيق الفعال للتقنيات النووية لتقييم التلوث في المياه الساحلية والتصدي لها وللمشاكل البيئية البحرية. وتعتمد الدول الجزرية الصغيرة الواقعة في المحيط الهادئ اعتمادا خاصا على موارد المحيطات، وهي لذلك عرضة للآثار السلبية للضغوط البيئية المتعددة. ورغم أن هذه الدول ليست جزءا من الاتفاق التعاوني الإقليمي فقد استفادت من التدريب على التكنولوجيات النووية الذي يقدَّم في إطار المشروع التابع لهذا الاتفاق.

ومع تزايد القلق من الأخطار التي تهدد البيئة، مثل خطر تحمُّض المحيطات، تواصل الوكالة العمل عن كثب مع الدول الأعضاء على توفير أحدث التقنيات النووية والنظيرية من أجل رصد وتقييم المشاكل البيئية التي تشكل تحديا. وتقوم مختبرات البيئة التابعة للوكالة بنقل المعارف النووية والنظيرية إلى مختبرات الدول الأعضاء وتعميمها عليها. وتوفر هذه المختبرات التدريب والمشورة الاستراتيجية والمواءمة المنهجية ودعم الجودة لرصد وتقييم الملوِّثات البحرية. وتستطيع التقنيات النووية المتطورة التي توفرها الوكالة التحقق من تحمُّض المحيطات وتكاثر الطحالب الضارة وغير ذلك من الظروف الناشئة وإيجاد الوعي على نطاق أوسع بمدى هذه الظروف وشدتها. وتمكِّن الخبرة والمساعدة التي تقدمها الوكالة الدول الأعضاء من إعداد وتنفيذ الإجراءات المناسبة لحماية المناطق الساحلية والحياة البحرية من أجل الحفاظ على الموارد الطبيعية والفوائد الطبيعية القيمة[٤].

آبها ديكسيت، شعبة الإعلام العام في الوكالة.

[١] تشمل هذه المشاريع المشروع الأقاليمي INT/7/018، المعنون "دعم بناء القدرات في مجال حماية البيئة البحرية"، وكذلك مشاريع إقليمية في أفريقيا، وآسيا والمحيط الهادئ، وأمريكا اللاتينية.

[٢] مشروع التعاون التقني المعنون "تصميم وتنفيذ نظم للإنذار المبكر والتقييم فيما يتعلق بالسمّية الناتجة عن تكاثر الطحالب الضارّة في منطقة الكاريبي، وتطبيق تقنيات نووية متقدّمة، وإجراء تقييمات للسمّية الإيكولوجية الإشعاعية وقياسات بيولوجية" (ARCAL CXVI) (٢٠٠٩–٢٠١٣)

[٣] أنتجت اللجنة الأوقيانوغرافية الحكومية الدولية التابعة لليونسكو، بالتعاون مع الوكالة، دليلا للرصد الميداني للطحالب الدقيقة الضارة (متاح بالإسبانية في الموقع: http://ioc-unesco.org/hab)؛ وتقوم الوكالة، بالتعاون مع الإدارة الوطنية لدراسة المحيطات والغلاف الجوي في الولايات المتحدة واللجنة الأوقيانوغرافية المذكورة، بإعداد دليل لأساليب كشف السموم الطحلبية الضارة باستخدام القياس بالربط الإشعاعي، في إطار مشروع التعاون التقني الأقاليمي INT/7/017.

[٤] للاطلاع على المزيد من المعلومات عن الأنشطة المتعلقة بتحمُّض المحيطات التي تضطلع بها الوكالة، يرجى زيارة الموقع الإلكتروني لمركز التنسيق الدولي المعني بتحمّض المحيطات: www.iaea.org/nael/OA-ICC

حماية البيئة

١ مركز سيينفويغو للدراسات البيئية في كوبا هو مركز للبحث في مجال البيئة البحرية ذو خبرات في التكنولوجيات النووية وتكنولوجيات النظائر. ويعتمد الأمن الغذائي في كوبا، وكذلك النقل والسياحة، على صحة البيئة البحرية. والعلميون العاملون في المركز مؤهلون بما يلزم بشأن تحديات الموارد لإعداد البيانات الصحيحة اللازمة لتحسين إدارة البيئة.

٢ وقد أصبح المركز بعد تجديده قادرا على أداء تحليلات معقّدة باستخدام معدات مُتبرع بها، وهي تشمل معدات تم شراؤها عن طريق دعم التعاون التقني الذي تقدمه الوكالة، كالفصل اللوني الغازي، والقياس الطيفي الدقيق بأشعة غاما، ونظم الانحلال بالموجات الدقيقة. والعلميون العاملون في المركز يجرون البحوث، ويسدون المشورة بشأن الإدارة البيئية، ويعملون على إيجاد الحلول للتحديات البيئية، ويرصدون التلوث.

٣ ميغويل غوميز باتيستا، علميّ يعمل لدى المركز حصل على منحة التعاون التقني من الوكالة لكي يدرس في مختبرات البيئة التابعة للوكالة في موناكو كيف يتراكم الزرنيخ في محّار سيينفويغو. وذكر كارلوس الونسو هيرنانديز، وهو باحث رئيسي لدى المركز، "بفضل برنامج الوكالة للتعاون التقني، يستخدم المركز التقنيات النووية في حلّ المشاكل البيئية في نظمه الإيكولوجية البحرية ومناطقه الساحلية".

٤ وجد صانعو القرارات في كوبا أن اتخاذ إجراء للتصدي لتلوث البيئة البحرية مسألة صعبة ما لم تتوفر بيانات للرصد مثبتة علميا. ويستخدم علميو المركز الآن القياس الطيفي بأشعة غاما للكشف عن النظائر المشعة مثل الرصاص-٢١٠ مما يساعد على تسجيل أكثر دقة للتلوث المتراكم في الرواسب على امتداد عدة عقود. وتساعد هذه النظرة العميقة المسؤولين عن اتخاذ القرارات في إعداد وتقييم استراتيجيات وقائية وعلاجية ناجعة.

البحرية في كوبا

٥ إحدى العلميات وهي تحلل السموم المنطلقة من 'المدّ الأحمر'، أو تكاثر الطحالب الضارة، التي تتراكم في الأغذية البحرية وتشكل خطرا على الإنسان الذي يستهلكها. وذكر ميشيل وارناو، رئيس مختبر البيئة الإشعاعية التابع للوكالة، "لقد أصبح المركز، بفضل تعهد موظفيه، مركزا إقليميا ذا امتياز في دعم بلدان المناطق الأخرى".

٦ يشارك المركز في مشاريع التعاون التقني الإقليمية في أمريكا اللاتينية. ويساعد المركز وكوبا في تحديد أثر التلوث الكيميائي، وأثر تكاثر الطحالب الضارة، وتغير المناخ وتحمض المحيطات على المجتمعات واستدامة النظم الإيكولوجية البحرية في المنطقة، وذلك من خلال تعاون شبكة الرصد البيولوجي مع كل من الوكالة والاتفاق التعاوني لترويج العلم والتكنولوجيا النوويين في أمريكا اللاتينية والكاريبي (اتفاق أركال) وبرنامج الأمم المتحدة للبيئة وصندوق البيئة العالمية.

٧ ساعدت المشاريع الإقليمية المركز في توسيع خبرته في التحقق من عمليات البيئة البحرية. ويقوم علميو المركز الآن بنشاط رصد النظراء في المنطقة، وتنفيذ الدورات التدريبية في إطار التعاون التقني التابع للوكالة وإجراء بعثات الخبراء في شتى أرجاء المنطقة. ويعمل المركز بمثابة مركز للموارد في منطقة الكاريبي، كتوفير الخدمات التحليلية على سبيل المثال.

٨ يشارك المركز في مشاريع البحث المنسق التابعة للوكالة، والتي تجمع بين باحثين من شتى أنحاء العالم لمعالجة مشكلة مشتركة. ويتوقع المركز زيادة التعاون مع الوكالة وبرنامج الأمم المتحدة للبيئة وصندوق البيئة العالمية والمركز الدولي للفيزياء النظرية، بالإضافة إلى التعاون الإقليمي للتمكّن من اتخاذ إجراء منسق وفعال بشأن المسائل البيئية الإقليمية.

الصور والنص: الكساندرا ساسا غوريسيك، إدارة العلوم والتطبيقات النووية في الوكالة

حقائق عن المحيطات

حيث نعيش

يعيش ٦٠٪ من سكان العالم على بعد ٦٠ كيلومترا من الساحل. ويتوقع أن ترتفع هذه النسبة إلى ٧٥٪ بحلول عام ٢٠٣٠.

المجهول الأكبر

مازال ٩٥٪ من المحيطات غير مكتشف. ونحن نعرف عن الجانب المظلم من القمر أكثر مما نعرفه عن المحيطات.

المواد الكيميائية السامة

وتطلق الأنشطة الصناعية نحو ٣٠٠ – ٤٠٠ مليون من أطنان الفلزات الثقيلة والمذيبات والحمأة السامة وغير ذلك من النفايات في مياه العالم كل سنة.

ما الذي يحدث في المحيطات

يحدث ما يزيد على ٨٠٪ من تلوث البحار نتيجة للأنشطة على الأرض.

مخلفات اللدائن

تتجمع المخلفات في الدوامات التي تحدث في المحيطات مما يشكل رقع النفايات الكبرى في المحيطات، والتي قد تبلغ فيها تكتلات القمامة لغاية مليون جزيء من اللدائن في كل كيلومتر مربع.

ويغطس ٧٠٪ من القمامة البحرية ليبلغ قاع البحر، حيث تتراكم نحو ٦٩٠٠٠٠ من قطع اللدائن في كلّ كيلومتر مربع.

المحيطات والاقتصاديات

يُنقل ٩٠٪ من التجارة العالمية عن طريق البحر.
تتيح مصائد الأسماك والزراعة المائية سبل العيش والدخل لما قُدر عددهم ٥٤,٨ مليون شخص يعملون في القطاع الأولي لإنتاج الأسماك في عام ٢٠١٠، ويعمل ما يناهز سبعة ملايين من بينهم بشكل عرضي في صيد أو تربية الأسماك.

الدوافق

يجري تصريف ما يزيد على ٨٠٪ من مياه المجاري في البلدان النامية في الأجسام المائية دون معالجة.

الانسكابات النفطية

تعتبر الانسكابات النفطية مسؤولة عن ١٢٪ فقط من النفط الذي ينفذ إلى البحر كل سنة. ويأتي ٣٦٪ من النفط الذي ينفذ إلى البحر من الجريان الصادر عن المدن والصناعات[٥]. وتترتب على انسكابات النفط العرضية عواقب مدمرة، كالعواقب التي شوهدت في عام ٢٠١٠ نتيجة لانفجار بئر النفط ديبووتر هوريزون في خليج المكسيك.

الشعب المرجانية المعرضة للخطر

بلغت نسبة الشعب المرجانية المفقودة ما يقارب ٢٠٪ من مجموع الشعب المرجانية في العالم. وتدهورت حالة ٢٠٪ أخرى من الشعب المرجانية و٣٥٪ من الأعشاب البحرية في العقود القليلة الماضية.

الإدارة الوطنية لدراسة المحيطات والغلاف الجوي؛ أطلس الأمم المتحدة الخاص بالمحيطات

الفاو: حالة مصايد الأسماك وتربية الأحياء المائية في العالم، ٢٠١٢. http://www.fao.org/docrep/016/i2727e/i2727e.pdf

http://www.un.org/Depts/los/reference_files/wod2011-pessoa-oceans_and_the_environment.ppt

مجلس البحوث الوطني في الولايات المتحدة: 'Oil in the Sea' http://www.nap.edu/openbook.php?record_id=314&page=R1

نهج خدمات النظم الإيكولوجية لتقييم آثار انسكابات النفط العرضية في خليج المكسيك (٢٠١٣)

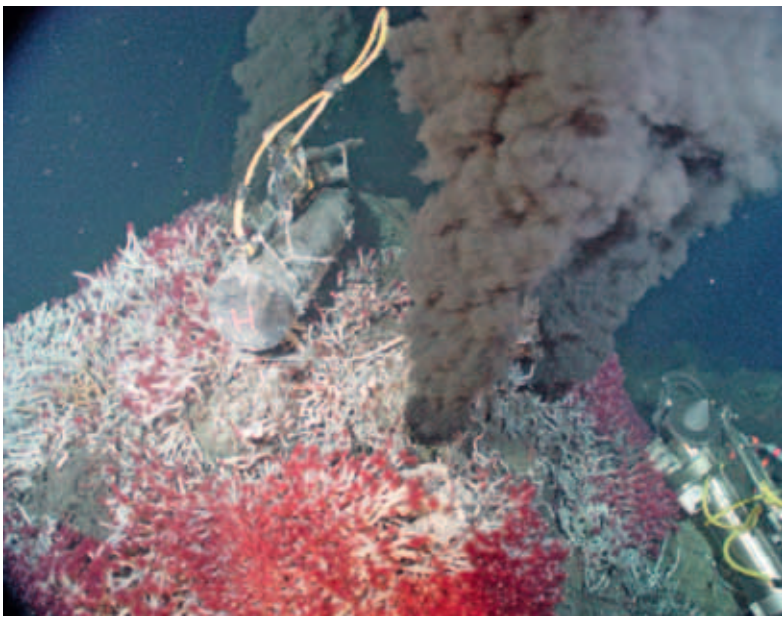
http://worldoceanreview.com/en/wor-1/pollution/oil/

UN WWAP 2009, "Clearing the Waters A focus on water quality solutions", http://www.unwater.org/Clearing_the_Waters.pdf

الاستعراض العالمي للمحيطات ٢٠١٠

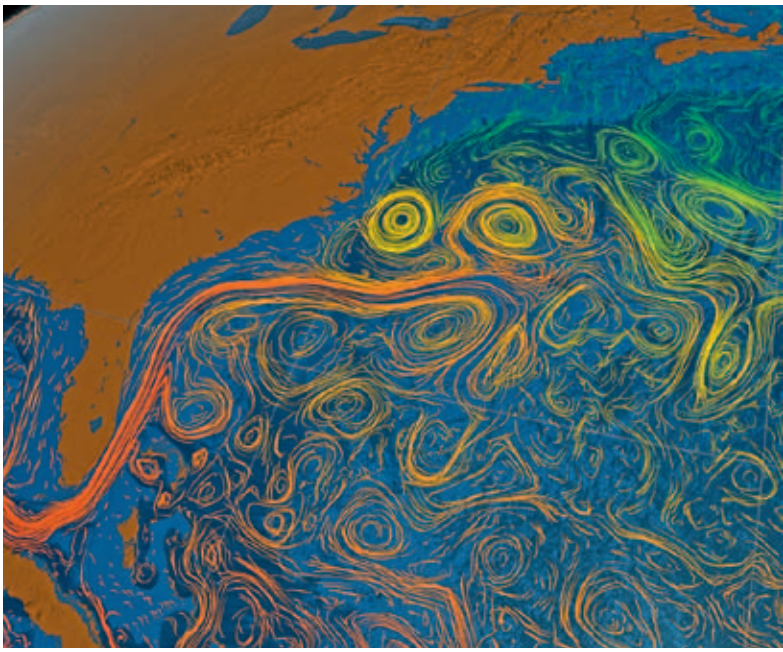
http://www.un.org/Depts/los/reference_files/wod2011-pessoa-oceans_and_the_environment.ppt

ما الذي تقدمه

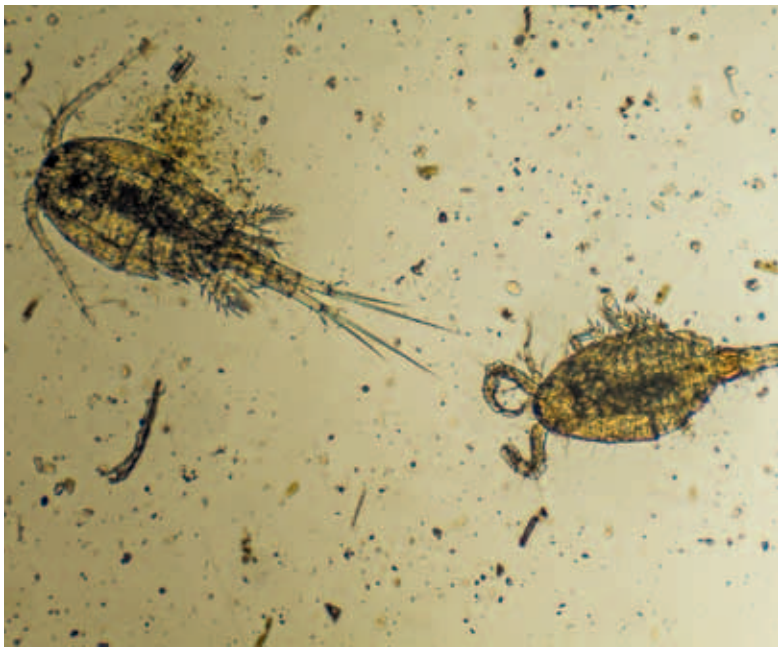


١ **مهد الحياة** – وفقا للفهم العلمي الراهن، فإن بداية الحياة على الأرض نشأت في المحيطات. ولو تطلعنا إلى التنفيس الحراري المائي في قاع المحيطات لرأينا كيف تتمكن 'الكائنات المحبة للظروف القاسية' من التكيّف والتطور في درجات قاسية من الحرارة والضغط.

٢ **الأكسجين من أجل الحياة** – مع إن الغابات الأمازونية المطيرة تعتبر 'رئات العالم'، فإن إنتاجها للأكسجين إنتاج صغير جدا مقابل الأكسجين الذي تنتجه الحياة في المحيطات. فالعوالق النباتية والطحالب تنتج ما يتراوح بين ٥٠٪ و٨٥٪ من إمدادات الأكسجين العالمية بعملية التركيب الضوئي.



٣ **صانع المناخ** – المحيطات وتياراتها مسؤولة عما يقارب ٥٠٪ من انتقال الحرارة على صعيد العالم. فدرجات حرارة المياه الاستوائية سترتفع بمعدل ١٤ درجة مئوية في حين ستنخفض درجة حرارة المياه القطبية بمعدل ٢٥ درجة مئوية ما لم تنتقل المياه المدارية الدافئة إلى القطبين والعكس بالعكس. ويمنح هذا الانتقال أدنبره درجات حرارية أدفأ من موسكو، على الرغم من وقوعهما على نفس خط العرض.



٤ **مركز قوى إعادة التدوير** – يعزى سبب ارتفاع الانتاجية البيولوجية للمحيطات إلى تعقد الشبكة الغذائية التي تتألف من كائنات حية مجهرية في ما يعرف باسم 'الأنشوطة الجرثومية'. وهذه الأنشوطة ضرورية لإعادة تدوير المادة العضوية والمغذيات. كما تعمل هذه الكائنات الحية بمثابة 'بالوعة كربون' قوية حيث تلتقط ثاني أكسيد الكربون، ثم تمعدنه وترسّبه على قاع المحيط.

لنا المحيطات

٥ **التنوع البيولوجي** – يعيش ما يزيد على ٩٠٪ من كتلة العالم الأحيائية في المحيطات؛ وتدل التقديرات على أنها تتألف مما يناهز مليون نوع من مختلف الأنواع. ووجود نسبة عالية من التنوع الأحيائي يؤدي إلى استقرار النظام الإيكولوجي، ويحميه من الضغوط الأخرى ويتيح نشوء علاقات معقدة مثل العلاقة بين سمكة المهرج وشقائق البحر.

٦ **الأمن الغذائي** – تشكل المحيطات لنا مصدرا للغذاء الوفير. ويعتمد ما يناهز ١٫٤ مليار شخص على الأسماك في الحصول على خُمس البروتين الحيواني الذي يستهلكونه. وتلبية لطلبات السكان الذي ما انفك عددهم يتزايد، يجري حصاد المزيد من الأسماك من مزارع الأسماك ومن تربية الأحياء المائية.

٧ **مفرخة الأسماك النشطة** – إن الشُعب المرجانية هي أكثر من مجرد موضوع للصور الجميلة، فهي تعمل أيضا بمثابة مفرخة شديدة الأهمية لأسماك المحيطات. والشُعب المرجانية، التي توجد غالبا في أحواض المياه الضحلة المغذية، تتسم بعلاقات تكافلية متطورة تتيح إعادة تدوير الموارد المحدودة والتقاطها من أجل إدامة مجتمعاتها.

٨ **الدفاع الساحلي** – هناك عدد قليل فقط من النظم الإيكولوجية المفيدة للمجتمع كفائدة الأيّكات الساحلية. وهي تقف كحواجز مادية منيعة ضدّ العواصف، وتعمل بمثابة مفرخات للأسماك، وتوفر مأوى للطيور، وتحتبس الترسبات، وتحول دون تآكل التربة.

مايكل مادسن، شعبة الإعلام العام في الوكالة.

الصور من: NOAA PMEL Vents Program; NASA/Goddard Space Flight Center Scientific Visualization Studio, iStockphoto

آثار التلوث على الحياة في المحيطات والبحار

يسهل تحديد الملوثات البحرية بالاستناد إلى أثرها: أي مادة تدخل المحيطات ولها آثار غير مرغوبة.
(الصورة من: iStockphoto.com)

تواجه بحارنا وأنواعها الحية، بالإضافة إلى ما تتعرض له من تحمّض مياه المحيطات، تهديدا خطيرا ناجما عن تزايد تفريغ النفايات وإطلاق الملوثات السامة في البيئة البحرية. ما هي هذه الملوثات وكيف تؤثر في بحارنا؟ كيف تشارك الوكالة في رصد تلك الملوثات؟

ما هي الملوثات التي تؤثر في البحار؟

إن تحديد ما هو الملوّث يمكن أن يكون أمرا صعبا لأن هذا المصطلح ينطبق على العديد من المواد علاوة على النواتج الصناعية الثانوية السامة. ومن الأسهل تحديد الملوثات البحرية بالاستناد إلى أثرها: أي مادة تدخل المحيطات ولها آثار غير مرغوبة. وهذا التعريف الواسع يشمل الفلزات الثقيلة مثل الزئبق، والمركبات العضوية الاصطناعية مثل مبيدات الآفات الحاوية على الكلور، ومثبطات الاشتعال والمواد الثنائية الفينيل المتعددة الكلور، وكذلك بعض المواد الأساسية للحياة مثل النيتروجين ومركبات الفسفور. وبإمكان هذه الملوثات أن تنفذ إلى محيطاتنا عن طريق التفريغ المباشر غير المشروع للنفايات الصناعية السامة، أو من خلال عمليات طبيعية تصعب السيطرة عليها كالرياح وانسياب مياه الأمطار والأنهر الملوثة. وتأمل الحكومات في التمكن من مكافحة الملوثات الخطيرة التي تنفذ إلى البحار بواسطة الرصد الدقيق والأنظمة الصارمة.

كيف تؤثر الفلزات الثقيلة في الكائنات الحية؟

بالرغم من أن الفلزات الثقيلة كالرصاص والزئبق يمكن أن تقتل الكائن الحي إذا ما ابتلع كمية كبيرة منها في فترة زمنية قصيرة، فإن معظم الآثار السامة للفلزات الثقيلة التي تتعرض لها الحياة البحرية تتمثل عموما بتقليص حياة الكائن الحي و'عافيته'، أو قدرته على الإنتاج. وتناقص فترة حياة الكائنات الحية الرئيسية وعافيتها يُضعف النظم الإيكولوجية إلى حدّ بعيد، مما يزيد من تعرضها لتهديدات أخرى كالصيد المفرط وتغيّر المناخ أو تحمّض

المحيطات. وكثيرا ما يُعزى تدهور البيئة البحرية إلى توليفة من عوامل التوتر هذه عوضا عن أي سبب منفرد منها.

كيف تؤثر مركبات النيتروجين والفسفور في الكائنات الحية؟

النيتروجين والفسفور هما عنصران طبيعيان أساسيان لدعم حياة النباتات ونموها، وهما مكونا الأسمدة الرئيسيان. وعند طرح حجم فائض من الأسمدة في الحقول، فإن مياه الأمطار يمكن أن تؤدي إلى انسكاب النيتروجين والفسفور الفائضين في الأنهار ومنها إلى البحر. وهناك، يمكن أن تسبب هذه المغذيات تفجر في أحجام العوالق النباتية، وهو حدث يُعرف بـ'الانتشار'، حيث يمكن لانتشار الطحالب السامة أن ينقل السموم إلى الأسماك التي تُستهلك بدورها كغذاء بحري. وأحيانا، تؤدي هذه التغذية المفرطة، أو 'الإثراء الغذائي'، إلى تعزيز المجموعات السكانية لبعض الأنواع الأحيائية على حساب أنواع أخرى.

وقد يؤدي تزايد انتشار الطحالب إلى نقص الأكسجين في المناطق بسبب انحلال الكتلة الأحيائية للعوالق، مما يوجد ما يعرف باسم 'المناطق الميتة'، وهي مناطق لا هوائية لا يمكن بقاء حياة البحرية الطبيعية فيها.

أين تذهب الملوثات؟

يحدث 'التراكم البيولوجي' حينما تبتلع الكائنات الحية وتحتفظ بكميات من الملوثات والسموم تفوق الكميات التي تستطيع التخلص منها. وتميل تركيزات الملوثات إلى الارتفاع في أجسام المفترسين الرئيسيين في السلسلة الغذائية (التضخيم البيولوجي). ويتعرض الإنسان، وهو على رأس السلسلة الغذائية، لخطر كبير لتراكم تركيزات عالية من الملوثات في أنسجة جسمه. وتساعدنا البحوث التي أُجريت على المفترسات الرئيسية في البيئة البحرية (الأسماك الكبيرة والفقمة والطيور البحرية) على فهم عملية التضخيم البيولوجي وتقييم أمان الأغذية البحرية.

كيف يمكن للتقنيات النووية تخفيف التلوث؟

إن مياه الصرف المنزلية والمواد الصلبة الناتجة عنها بعد معالجتها، يمكن أن تشكل خطرا على الصحة البشرية عندما لا يتم تصريفها بشكل مناسب. وفي الوقت نفسه، تحتوي المواد الصلبة الموجودة في مياه الصرف على مغذيات ومواد عضوية قيمة يمكن أن تثري التربة وتكون موارد مهمة بشرط أن تعالج معالجة مناسبة لتجنب المخاطر واستعمالها بشكل مأمون وفقا للممارسة الجيدة.

وأصبح ممكنا الآن معالجة حمأة مياه التصريف بأشعة غاما المستمدة من مصدر الكوبالت-٦٠ أو بمعجّل الالكترونات، مما يقضي على جميع العوامل المرضة (المسببة للمرض) في الحمأة، كالبكتريات والفطريات والفيروسات. وسيتيح هذا التطبيق النووي إطلاق الحمأة في البيئة بأسلوب آمن. وتُشغّل في الهند الآن محطة تجريبية لتشعيع الحمأة بأشعة غاما. وتنتج العملية حمأة جافة خالية من العوامل المرضة يمكن الاستفادة منها كسماد زراعي. وأكدت التجارب الميدانية التي أُجريت في باروداً أن هذا السماد يحسّن غلة المحصول وظروف التربة.

تستخدم مختبرات البيئة التابعة للوكالة النظائر المشعة في تتبع مصادر الملوثات وتقصي أصلها وهي بذلك تساعد البلدان على مراقبة أثرها البيئي.

كيف تساعد الوكالة؟

تساعد الوكالة دولها الأعضاء في استخدام التكنولوجيات النووية لرصد الملوثات على الأرض وفي البحر. تستخدم مختبرات البيئة التابعة للوكالة النظائر المشعة في تتبع مصادر الملوثات وتقصي أصلها وهي بذلك تساعد البلدان على مراقبة أثرها البيئي. على سبيل المثال، دعمت الوكالة دراسة أُجريت لآثار كميات نزرة من الكادميوم (وهو معدن سام) على الأسماك والقواقع المحلية في شيلي[1]. وصُممت التجارب لاستعمال المقتفي الإشعاعي كادميوم-١٠٩ في قياس سرعة انطلاق الكادميوم الموجود في الرخويات بغية فهم التراكم البيولوجي لهذا المعدن الخطر.

مايكل مادسن، شعبة الإعلام العام في الوكالة.

[1] استقصاء الآثار الإيكولوجية السمية البحرية باستخدام التقنيات النووية.

http://www.iaea.org/monaco/page.php?page=2221

الوكالة ترصد النشاط الإشعاعي البحري

في ١٠ آذار/مارس ١٩٦١، أبرمت الوكالة مع إمارة موناكو ومعهد علوم المحيطات، الذي كان يديره آنذاك جاك كوستو، اتفاقاً حول مشروع بحثي بشأن تأثيرات النشاط الإشعاعي في البحر. وكان افتتاح مختبرات الوكالة البحرية في موناكو في تلك السنة نفسها مؤشرا على بداية عهد جديد لبحوث البيئة البحرية.

يعتبر تحديد مصادر الملوثات من بين أهم المسائل في تقييم وجود الملوثات وشدتها في البيئة البحرية.

دراسات النظائر هي أداة تشخيصية قوية وفريدة من نوعها للتحقق من شتى آثار ومستويات التلوث والملوثات الإشعاعية في البيئة البحرية.

وإذ توفر الوكالة معلومات شاملة عن التقنيات النووية وتقنيات النظائر، فإنها بذلك تساعد الدول الأعضاء في استخدام الأدوات العلمية لكي تحدد بدقة وتتتبّع الملوثات النووية وغير النووية، بالإضافة إلى التحري عن آثارها البيولوجية. ويعتبر تحديد مصادر الملوثات من بين أهم المسائل في تقييم وجود الملوثات وشدتها في البيئة البحرية. ودراسات النظائر هي أداة تشخيصية قوية وفريدة من نوعها للتحقق من شتى آثار ومستويات التلوث والملوثات الإشعاعية في البيئة البحرية.

وقد قدمت المختبرات منذ إنشائها الدعم العلمي والتحليلي اللازم لإجراء دراسة هامة لمستويات الملوثات المشعة وغير المشعة في جميع البحار الرئيسية. ويشمل ذلك دراسات أساسية على الصعيد العالمي للنشاط الإشعاعي في المحيط الأطلسي، وشمال المحيط الهادئ وجنوبه، والمحيط الهندي، والقطب الشمالي والقطب الجنوبي، والمناطق البحرية في الشرق الأقصى، وحوض البحر الأبيض المتوسط، والبحر الأسود. وأجريت دراسات إقليمية في الخليج، والبحر الآيرلندي، وبحر كارا وبحر قزوين، وفي كاليدونيا الجديدة وجزيرتي موروروا وفانغاتوافا المرجانيتين.

وإثر حادث فوكوشيما داييتشي النووي في عام ٢٠١١، نفذت مواد مشعة إلى المحيط الهادئ. وشرعت بلدان المنطقة بمشروع للتعاون التقني تابع للوكالة من أجل تحقيق الاتساق بين قياسات شتى النظائر المشعة في المياه البحرية، والأحياء البحرية، والرواسب والمواد العالقة بغية تحديد أثر تلك النظائر في البيئة البحرية. وسيضمن توحيد قياسات النظائر المشعة في المحيط إمكانية مقارنة أي تقييم للآثار والتثبت منه عبر حجم شديد الاتساع من منطقة المحيط الهادئ. ومن شأن هذا المشروع أن يحسّن القدرات الوطنية، مما سيؤدي بدوره إلى تعزيز تبادل البيانات المجمعة من قياسات المحيطات، وكذلك المعلومات المجمعة عن الأثر المحتمل لهذه النظائر المشعة وأخطارها على الأحياء البحرية والإنسان عن طريق الأغذية البحرية التي يستهلكها. وتشارك في هذا المشروع إحدى وعشرون دولة من الدول الأعضاء في الوكالة وثلاث دول من غير الأعضاء فيها.

وكان مجلس المحافظين التابع للوكالة قد أقر المشروع في حزيران/يونيه ٢٠١١ كاستجابة فورية لطلب الدول الأعضاء في المنطقة؛ وبدأ تنفيذ المشروع في ١ تموز/يوليه ٢٠١١ ويتوقع انتهائه في عام ٢٠١٥. وتلقى المشروع تمويلا من خارج الميزانية قدمته كل من الولايات المتحدة الأمريكية ونيوزيلندا وأستراليا واليابان. وتعمل أستراليا بمثابة البلد القائد لهذا المشروع.

وتتعاون غالبية البلدان المشاركة في المشروع في إطار الاتفاق التعاوني الإقليمي للبحث والتنمية والتدريب في مجال العلم والتكنولوجيا النوويين[1]. وتشمل البلدان الأخرى المشاركة في المشروع كمبوديا وجزر كوك وفيجي ونيبال وبالاو وجزر مارشال وجزر سليمان.

آبها ديكسيت، شعبة الإعلام العام في الوكالة، وبيتر كايزار، شعبة الإعلام العام في الوكالة.

[1] أُنشئ الاتفاق التعاوني الإقليمي في عام ١٩٧٢ باعتباره شبكة حكومية دولية لصانعي القرارات والعلميين، وتعمل الوكالة كأمانة لهذا الاتفاق. وتشمل بلدان الاتفاق المشاركة في المشروع كلا من استراليا وإندونيسيا وباكستان وبنغلاديش وتايلاند وجمهورية كوريا وسري لانكا وسنغافورة والصين والفلبين وفييت نام وماليزيا ومنغوليا وميانمار ونيوزيلندا والهند واليابان.

ما بين البحر والأرض – توفير الحماية لمنطقة فاصلة أساسية

تتسم المناطق الساحلية، وهي مناطق لا تندرج في عداد المحيط ولا اليابسة، بأهمية إيكولوجية واقتصادية. وتؤلف هذه المناطق لغاية خمس سطح الكرة الأرضية، وهي تواجه أسرع نموّ سكاني يشهده هذا الكوكب. وتشكل هذه المياه الساحلية مصدرا لسبل العيش عن طريق السياحة والصناعة وصيد الأسماك والتجارة، بالإضافة إلى توليد دخل يناهز مئات المليارات من الدولارات فيها.

الغذاء والنمو السكاني

تشكل الأسماك البحرية التي يجري اصطيادها في المناطق الساحلية مصدرا أساسيا للتغذية في نظم تربية الأحياء المائية، وهي من أسرع نظم إنتاج الأغذية توسعا في العالم وتعتمد اعتمادا شديدا على مصائد الأسماك. وتتوقع الدراسة الاستشرافية للزراعة في الفترة ٢٠١٣–٢٠٢٢ التي اشتركت في إعدادها منظمة التعاون والتنمية في الميدان الاقتصادي مع منظمة الأغذية والزراعة أنّ تربية الأحياء المائية ستتفوق على 'صيد الأسماك' بحلول عام ٢٠١٥ كمصدر رئيسي للأسماك التي يستهلكها الإنسان. وفي الوقت الحاضر يتجاوز إجمالي الإنتاج العالمي لحقول تربية الأسماك إنتاج لحوم البقر[١].

حماية لا تُعوّض

نظرا لقوة المساهمة التي تقدمها المناطق الساحلية الصحية في تحقيق استدامة النظم الإيكولوجية والاقتصادية، فإن ثمة حاجة لصونها. وهذه المناطق تعمل بمثابة حماية ساحلية طبيعية في شكل أيّكات ساحلية وشواطئ رملية وشُعب مرجانية ومستنقعات ملحية، وهي بذلك تخفف الأثر الكامل الذي تخلفه الفيضانات بل وحتى اشتداد العواصف العاتية، التي يتوقع تزايد تواتر حدوثها مع ارتفاع درجات حرارة المياه ومستوى سطح البحر. فالشُعب المرجانية مثلا، تكسر الموج وتحول دون إلحاق الضرر بالمناطق الساحلية ودفاعاتها الطبيعية. ولكن هذه الحمايات الطبيعية نفسها معرضة للخطر، مما يفاقم شدة ضعف السواحل. فالمرجان، على سبيل المثال، حسّاس تجاه ارتفاع درجات حرارة المحيطات وزيادة حموضتها، وبالتالي فهو يتعرض إلى تهديد متزايد. ووفقا لبرنامج الأمم المتحدة للبيئة، فإن ٧٪ من الأيّكات والمستنقعات الملحية ونباتات المستنقعات والحشائش البحرية يفقد كل عام.

بالوعة الكربون

تؤدي هذه الحواجز الواقية الطبيعية، والتي تتزايد ضعفا، دورا مزدوجا في تخفيف حدة اختلالات المناخ. فبالوعات الكربون 'الزرقاء'، مثل الأيّكات ونباتات المستنقعات الملحية والحشائش البحرية، تلتقط أكثر من نصف انبعاثات الكربون الملتقطة طبيعيا. ويقدّر برنامج الأمم المتحدة للبيئة أنّ قدرة كوكب الأرض الزرقاء على التقاط الكربون تعادل نصف الانبعاثات السنوية الصادرة عن قطاع النقل العالمي.

تعمل المناطق الساحلية الصحية بمثابة حماية ساحلية طبيعية في شكل أيّكات ساحلية وشواطئ رملية وشُعب مرجانية ومستنقعات ملحية، وهي بذلك تخفف الأثر الكامل الذي تخلفه الفيضانات بل وحتى اشتداد العواصف العاتية، التي يتوقع تزايد تواتر حدوثها مع ارتفاع درجات حرارة المياه ومستويات سطح البحر. (الصورة من: iStockphoto)

التهديدات

إلى جانب التهديدات التي تتعرض لها الحماية الساحلية الطبيعية، هناك عدة تهديدات أخرى يمكن عكسها تفرض عبئا على كاهل هذه الكنوز الإيكولوجية.

الجريان

يحفز الجريان الزراعي انتشار الطحالب في المناطق الساحلية، مما يمكن أن يؤدي إلى تلوث سمي للغذاء البحري ثم إلى نشوء مناطق ميتة مستنفدة الأكسجين (أنظر آثار التلوث على الحياة البحرية، الصفحات ٢٤–٢٥). ويؤدي وجود مبيدات الأعشاب في الجريان إلى القضاء على الأيّكات، وتقليص التنوع الأحيائي لأن تلك الأيّكات تعمل بمثابة مفرخات للأسماك.

يمكن معالجة النفايات الصناعية السائلة بواسطة التشعيع دون إضافة أي مواد كيميائية أخرى أو توليد نشاط إشعاعي. في الإمكان استخدام هذه التقنية في تنظيف مياه الصرف وإصلاح الماء لاستخدامه في الصناعة والزراعة.

الجرف والتفريغ

يلزم وجود قنوات عميقة في الموانئ لأجل معالجة مسألة سفن الشحن التي ما انفك غاطسها يتزايد عمقا، ولكن ترسبات الجرف تحمل ملوثات يجري فيما بعد تفريغها في شكل مركّز في منطقة مستقرة خلافه. والأشكال الحية التي هي غير قادرة على الفرار مدفونة والملوثات تؤثر في هذا النظام الإيكولوجي. ويجري سنويا تفريغ مئات ملايين الأمتار المكعبة من الرواسب في جميع أنحاء العالم.

مياه الصرف

تتسبب مياه الصرف البلدية في زيادة 'تعكّر' الماء وتجعله أقل صفاء، مما يقلل كمية الضوء الذي يبلغ الكائنات الحية مثل الأعشاب البحرية والحشائش البحرية والمرجان. وتؤدي الأجسام الصلبة إلى دفن الحياة البحرية التي تعيش في أعماق البحار. كما تنتقل العوامل الممرضة أيضا بواسطة مياه المجاري غير المعالجة مما يمكن أن يسبب أمراضا مثل حمى التيفويد والتهاب الكبد والهيضة. ويصعب أيضا التخلص من النيتروجين الموجود في مياه المجاري وتكلفته عالية وهو إذا ما أُطلق في البحر يمكن أن يحفز نشوء مناطق ميتة واسعة ويزيد من تعكر الماء. ويقدّر برنامج الأمم المتحدة للبيئة أنّ ما يقارب ٩٠٪ من مياه صرف البلديات في البلدان النامية ينفذ إلى الأنهار والبحيرات والمناطق الساحلية دون معالجة.

تراجع القدرة على التكيّف

تؤدي كل هذه التهديدات مجتمعة إلى تراجع قدرة البيئات البحرية على التكيّف إلى نقطة حرجة، قد لا تتمكن تلك البيئات لما ورائها من استعادة صحتها. ووفقا لتقرير برنامج الأمم المتحدة للبيئة عن الكربون الأزرق، فإن إعادة تنشيط بالوعات الكربون ومصائد الأسماك في المناطق الساحلية ممكنة إذا ما اتخذت التدابير اللازمة لتنظيم الأنشطة المسببة للضرر، ومنها على سبيل المثال استصلاح المناطق الساحلية وإزالة الأيّكات واستعمال الأسمدة المفرط وتراكم الطمى الناتج عن إزالة الغابات واصطياد الأسماك المفرط والتنمية الساحلية غير المستدامة.

الحلول

تستخدم النظائر المشعة أو 'المقتفيات الإشعاعية' في إجراء قياس دقيق لكفاءة التنقية التي تقوم بها مرافق معالجة مياه الصرف ومرافق إنتاج مياه الشرب، مما يساعد على تصميم تلك المرافق ويحسّن أداءها. ويمكن الكشف بصورة موثوقة عن كميات نزرة من المقتفيات الإشعاعية في عمليات المعالجة الواسعة النطاق، كمحطات التنقية التي تعالج ملايين الألتار من النفايات السائلة كل يوم. (اقرأ المزيد عن المقتفيات الإشعاعية في الصفحة ٧)

ويمكن تشعيع حمأة المجارير، التي تصب عادة في ممرات المياه، لإنتاج الأسمدة وتعقيم المياه على السواء، مما يحسن غلّة المحاصيل وسلامة الأغذية ويقلل الطلب على المياه العذبة. وتستخدم تقنيات النظائر في رسم خرائط أسلوب حركة الترسبات، مما يضمن إمكانية صبّ المواد المجروفة في مناطق لا يمكنها الانتقال منها إلى مناطق حساسة إيكولوجيا أو العودة إلى الميناء الذي جرفت منه.

ويمكن معالجة النفايات الصناعية السائلة بواسطة التشعيع دون إضافة أي مواد كيميائية أخرى أو توليد نشاط إشعاعي. وفي الإمكان استخدام هذه التقنية في تنظيف مياه الصرف وإصلاح الماء لاستخدامه في الصناعة والزراعة. ويزيل التشعيع المبيدات العضوية الثابتة والمركبات السامة. ويمكن استخدام حزمة للالكترونات في تشعيع مياه الصرف التي تحتوي على مواد كيميائية مقاومة للتجزئة بالحرارة، كتلك المواد المستعملة في صنع صبغات الأنسجة. فعقب عملية التشعيع، تصبح هذه المواد الكيميائية غير ضارة أو تتحول إلى مواد يمكن إزالتها بسهولة باتباع تقنيات المعالجة التقليدية.

بيتر كايزر، شعبة الإعلام العام في الوكالة.

[1] معهد سياسات كوكب الأرض، تحديثات الخطة باء؛ ١٢ حزيران/يونيه ٢٠١٣، إنتاج تربية الأسماك يفوق إنتاج لحوم البقر؛ جانت لارسن وماثيو روني.

المساهمون

يوكيا أمانو

ميخائيل أنغيليديس

اليانور كودي

آبها ديكسيت

الكساندرا ساسا غوريسيك

لينا هانسون

ساشا هنريك

كاث هيوز

بيتر كايزر

كريستوفر جيمس كافاناغ

مايكل امدي مادسن

ريتشارد مورفي

هارموت نايز

ديفيد أوسبورن

يولاندا أوسفاث

لويز بوترتون

بيتر ريكوود

سونيل سابهاروال

أغنيس سافراني

كيسرات سوكاسام

ميشيل وارناو

ISSN 1819-1800

132455

International Atomic Energy Agency Scientific Forum

THE BLUE PLANET

Nuclear Applications for a Sustainable Marine Environment

17–18 September 2013, Vienna, Austria

IAEA
International Atomic Energy Agency