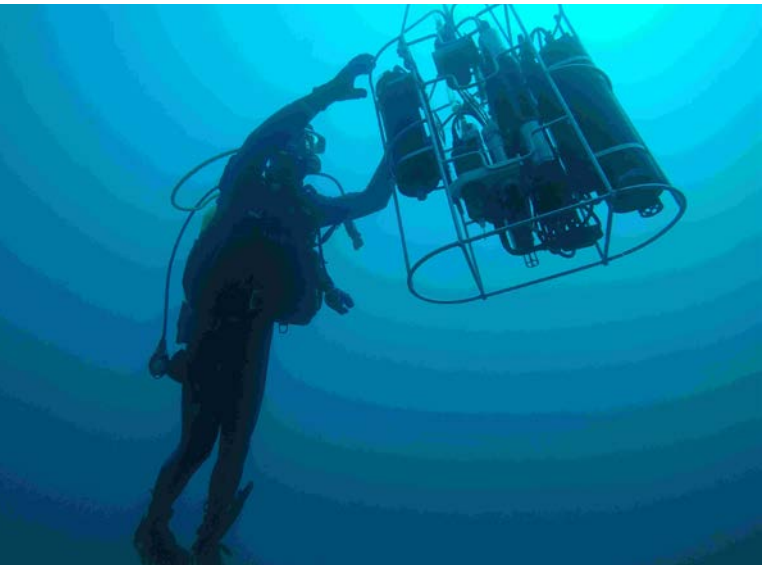
التقنيات النووية والنظيرية تساعد على تقييم آثار تحمُّض المحيطات وتغيُّر المناخ

ملخَّص

- إنَّ العوامل التي تتحكَّم في المناخ هي عوامل معقَّدة. فالمحيطات تخزن نحو ربع كمية ثاني أكسيد الكربون الناتجة عن الأنشطة البشرية، وهي تؤدِّي دوراً هاماً في الحدِّ من آثار تغيُّر المناخ.
- وتؤثِّر زيادة انبعاثات الكربون وارتفاع درجات الحرارة في العمليات الخاصة بالمحيطات، ويُحتمل أن يكون لذلك عواقب وخيمة على النظم الإيكولوجية البحرية والمناخ العام وحماية السواحل والصناعات الساحلية مثل مصائد الأسماك والسياحة.
- وبغية فهم تغيُّرات المناخ المحتملة وتوقُّعها، من المهم فهم العمليات التي تنطوي عليها دورة الكربون العالمية.
- وتسبِّب زيادة نسبة ثاني أكسيد الكربون في الغلاف الجوي احتراراً عالمياً يؤدِّي إلى ارتفاع درجة حرارة المحيطات، بل يؤدِّي أيضاً إلى تحمُّضها، وهو ما يُطلَق عليه أحياناً "مشكلة ثاني أكسيد الكربون الأخرى" إلى جانب تغيُّر المناخ.
- وتدعم الوكالةُ الدولَ الأعضاء في استخدام النظائر المشعة من أجل فهم دورة الكربون في المحيطات وكيفية تأثير تحمُّض المحيطات في البيئة البحرية وخدمات النظم الإيكولوجية البالغة الأهمية.



باحثون في الوكالة يقيسون بعض البارامترات، مثل درجة حرارة البحر ومستوى ملوحته لزيادة فهمهم لدورة الكربون العالمية والعوامل القادرة على التأثير فيها.

(الصورة من: روبيرتو كاسي/ الوكالة الدولية للطاقة الذرية)

مقدِّمة: علاقة المحيطات بالمناخ

تصف دورة الكربون العالمية تدفقات الكربون فيما بين المكوِّنات البيئية المختلفة (الغلاف الجوي والمحيطات والمحيط الحيوي الأرضي والرواسب). وقد يوجد هذا الكربون، على سبيل المثال، في شكل ثاني أكسيد الكربون أو الميثان، وكلاهما من غازات الدفيئة الهامة. ومن الضروري تحديد كميات هذه التغيُّرات وكميات مخزون الكربون بدقة من أجل وضع نماذج المناخ المستخدمة في التنبُّؤ بآثار تغيُّر المناخ.

وتمتصُّ المحيطات على الأقل ربع كمية ثاني أكسيد الكربون المنبعث في الغلاف الجوي بسبب الاضطلاع بأنشطة بشرية مثل حرق أنواع الوقود الأحفوري. وتعود كمية من ثاني أكسيد الكربون المذكور إلى الغلاف الجوي، وتنتقل كمية أخرى من المياه السطحية إلى أعماق المحيطات حيث يكون مخزون الكربون أكبر من المخزون الموجود في الغلاف الجوي بخمسين ضعفاً. ويقدِّم المحيط خدمة بالغة الأهمية للطبيعة من خلال قدرته على تنظيم انبعاثات ثاني أكسيد الكربون في الغلاف الجوي.

وأيُّ تغيُّر في تدفقات تجمُّعات الكربون، مثل التغيُّرات الناجمة عن نشاط الإنسان، قد تؤثِّر في قدرة المحيطات على التخزين، مما قد يكون له عواقب وخيمة على مستويات ثاني أكسيد الكربون في الغلاف الجوي. وبالإضافة إلى ذلك، فإنَّ ارتفاع درجة حرارة المحيط وازدياد تحمُّضه سيعيق قدرة المحيط على امتصاص نفس كميات ثاني أكسيد الكربون، مما سيؤدِّي إلى زيادة نسبة تركُّزات ثاني أكسيد الكربون في الغلاف الجوي وتفاقم ظاهرة الاحترار العالمي.

تحمُّض المحيطات

إنَّ امتصاص المحيطات لثاني أكسيد الكربون له آثار في الحياة البحرية. فهو يتسبَّب في تحمُّض المحيطات، أي تغيُّر كيمياء كربونات المحيطات التي يُطلَق عليها أحياناً "مشكلة ثاني أكسيد الكربون الأخرى". وقد ظهر تحمُّض المحيطات كمشكلة عالمية رئيسية خلال العقد الأخير بسبب قدرته على التأثير في الكائنات البحرية والدورات البيولوجية الكيميائية.

وتتضمَّن عملية تحمُّض المحيطات سلسلة من التغيُّرات تطرأ على كيمياء المياه البحرية، مثل انخفاض مستوى الأس الهيدروجيني (مقياس الحمضية/القلوية)، وهو ما يجسِّد تحوُّلاً نحو زيادة درجة التحمُّض. وهذه التغيُّرات قابلة للقياس: فقد انخفضت المستويات المتوسطة للأس الهيدروجيني في المحيطات بنسبة ٠,١ منذ بداية الثورة الصناعية، وهو ما يعادل زيادة مستوى الحمضية بنسبة ٢٦٪. بيد أنه من الصعب تقدير الأثر الكامل لتحمُّض المحيطات في الحياة البحرية. وتظهر الدراسات طائفة واسعة من الآثار المحتملة، الإيجابية والسلبية منها. كما تتباين القدرة على التحمُّل والتأقلم باختلاف أنواع الكائنات.

وعند بلوغ حدٍّ معيَّن من مستوى الأس الهيدروجيني وما يقابله من تركُّز الكربون، تصبح الظروف مؤاتية لتآكل كربونات الكالسيوم التي يستخدمها العديد من الكائنات في بناء أصدافها وهياكلها. ويبدو أنَّ بعض الشعاب المرجانية وقواقع البحر الدقيقة والرخويات ذات الصدفتين (مثل البطلينوس وبلح البحر) والعوالق النباتية المتكلسة تتأثَّر على وجه الخصوص بما يحدث من تغيُّرات في كيمياء المياه البحرية.

وبالإضافة إلى ذلك، فإنَّ الطاقة المستهلكة للتغلُّب على ظروف التحمُّض المتفاقمة قد تقلِّل من الطاقة المتاحة للعمليات الفيسيولوجية مثل التناسل والنمو. ويستخدم علماء مختبرات البيئة التابعة للوكالة تقنيات تشمل النظائر المشعة من أجل التحقق من آثار تحمُّض المحيطات وتفاعل ذلك مع سائر الضغوطات مثل ارتفاع درجات الحرارة بسبب تغيُّر المناخ أو الضغوطات المحلية مثل الملوِّثات.

تقييم أثر تحمُّض المحيطات

إنَّ التقنيات النووية والنظيرية أدوات قوية لدراسة تحمُّض المحيطات وقد أسهمت على نحو كبير في التحقق من التغيُّرات السابقة في حموضة المحيطات والآثار المحتملة في الكائنات البحرية. وعلى سبيل المثال، تُمكِّن نظائر البورون العلماء من تقييم مستويات الأس الهيدروجيني باستخدام الشعاب المرجانية والكائنات المتحجِّرة وتحديد 'أحداث التحمُّض' الماضية التي يحتمل وجود أوجه ترابط بينها وبين الانقراضات الجماعية والتغيُّرات التي تطرأ على هيكل النظام الإيكولوجي.

كما يمكن أيضاً استخدام التقنيات النووية والنظيرية لدراسة آثار تحمُّض المحيط في الكائنات البحرية مثل الشعاب المرجانية. فالشعاب المرجانية تأوي بعض النظم الإيكولوجية الأكثر تنوُّعاً على كوكب الأرض، إلا أنَّ العديد من الشعاب المرجانية تتأثَّر كثيراً بما يحدث من اختلافات في بيئتها، كما أنها تعتبر من أكثر النظم الإيكولوجية المهدَّدة في العالم.

وتُجري مختبرات البيئة التابعة للوكالة بحوثاً بالاستعانة بالنظائر المشعة، مثل الكالسيوم-٤٥، التي يمكن أن تُستخدم كمقتفيات لدراسة معدلات النمو في الكائنات المتكلِّسة، مثل الشعاب المرجانية، أو بلح البحر والرخويات الأخرى، التي تتكوَّن هياكلها العظمية وأصدافها من كربونات الكالسيوم. ويمكن استخدام المقتفيات أيضاً لتحديد كيفية تأثير تحمُّض المحيطات في فيسيولوجية سائر الكائنات البحرية وأثر مجموعة من الضغوطات مثل تحمُّض المحيطات، والحرارة، والملوِّثات.

وبسبب الآثار المحتملة لتحمُّض المحيطات في البيئات والنظم الإيكولوجية البحرية، تجري مختبرات البيئة التابعة للوكالة البحوث وتدعم الدول الأعضاء في الوصول إلى فهم أفضل لمواضيع مثل الآثار الاقتصادية لتحمُّض المحيطات في مصائد الأسماك.

مشاركون في دورة تدريبية لمركز التنسيق الدولي المعني بتحمُّض المحيطات عُقدت في الصين يتعلمون كيفية قياس كيمياء الكربونات لدراسة تحمُّض المحيطات.

(الصورة من: ف. شي/جامعة شيامين، الصين)

وبالإضافة إلى إجراء البحوث، فإنَّ مختبرات الوكالة في موناكو تأوي مركز التنسيق الدولي المعني بتحمُّض المحيطات الذي يعمل على تعزيز التعاون العلمي العالمي من أجل دعم فهم قائم على الحقائق للآثار المحتملة لتحمُّض المحيطات في البيئة البحرية وفي سكان السواحل. وتعمل مختبرات الوكالة في موناكو أيضاً على إذكاء الوعي بالسبل التي يمكن من خلالها استخدام التقنيات التقليدية والنووية والنظيرية لفهم أثر التغيُّرات في كيمياء المياه البحرية وفي الكائنات البحرية والنظم الإيكولوجية، إلى جانب الضغوط البشرية الأخرى، مثل الصيد الجائر والإتخام بالمغذِّيات والتلوُّث.

استخدام التطبيقات النووية لتقييم قدرة المحيطات على تخزين الكربون

تستخدم مختبرات البيئة التابعة للوكالة نظائر مشعة من أجل فهم قدرة المحيط على تخزين الكربون والأساليب التي يمكن أن يتأثَّر ذلك من خلالها بالظروف المناخية المتغيِّرة.

وتخزن المحيطات الكربون أساساً من خلال آليتين: مضخة الذوبان ومضخة الكربون البيولوجية.

وفي حالة مضخة الذوبان، يُنقل ثاني أكسيد الكربون من الغلاف الجوي إلى أعماق المحيطات عن طريق عمليات فيزيائية وكيميائية تشمل التبادل الغازي والذوبان ودوران المحيطات. ومن خلال مضخة الكربون البيولوجية، وكجزء من التمثيل الضوئي، فإنَّ العوالق النباتية، وهي كائنات نباتية مجهرية توجد في قاع سلسلة الغذاء المحيطي، تمتصُّ ثاني أكسيد الكربون الموجود في سطح المحيط، ثم تحوِّله إلى جسيمات وكربون عضوي مذاب (جزيئات تحتوي على الكربون غالباً ما تنتجها الكائنات الحية). ويجد جزء من هذا الكربون طريقه إلى قاع المحيط حيث يعاد تدويره ليصبح نوعاً من الكربون غير العضوي ويخزن منفصلاً عن الغلاف الجوي.

موجز الوكالة

عالِم من مختبرات البيئة التابعة للوكالة يأخذ عيِّنات من المياه البحرية لدراسة دور الميكروبات في دورة الكربون في المحيطات.

(الصورة من: ر. هانزمان/الوكالة الدولية للطاقة الذرية)

وإذا توقَّفت مضخة الكربون البيولوجية في المحيط، فإنَّ أكسيد الكربون الموجود في الغلاف الجوي يمكن أن يزيد بنحو ٢٠٠ إلى ٤٠٠ جزء في المليون عن مستوياته الحالية التي تبلغ ٤٠٠ جزء في المليون، وهو المستوى الذي بلغه الكربون للمرة الأولى في عام ٢٠١٥.

ويمكن قياس تدفق الكربون في أعماق المحيطات بطريقة مباشرة من خلال جمع الجسيمات الغارقة (الكائنات الدقيقة الحية والميتة والمواد الغائطية) في مصائد الرواسب، ويمكن قياس ذلك التدفق بطريقة غير مباشرة باستخدام النظائر المشعة للثوريوم والبولونيوم الطبيعية المنشأ.

وتضمحل هذه النظائر بمعدلات معروفة وتستخدم كعدَّادات لتحديد السرعة التي تغرق بها الجسيمات المحتوية على كربون. وتدرس مختبرات البيئة التابعة للوكالة مصير الكربون باستخدام النظائر المشعة لتحليل العمليات الميكروبية في أعماق المحيطات. والميكروبات مسؤولة عن تحوُّل المواد العضوية الناتجة عن الجسيمات الغارقة إلى كربون غير عضوي. ويمكن استخدام مقتفيات الكربون المشع الطبيعي المنشأ والمرقوم بنظير مشع لقياس هذه العمليات الميكروبية من حيث دوران الكربون في أعماق المحيطات.

ويساعد استخدام هذه الأدوات في طائفة من البيئات المحيطية في تحديد مدى تدفق الكربون الغارق في مختلف النظم الإيكولوجية وتحديد مدى تأثُّره بتغيُّر المناخ. وتشارك مختبرات البيئة التابعة للوكالة في بعثات بحثية حول العالم لجمع عيِّنات بغية قياس تدفق الجسيمات، تشمل المحيط المتجمِّد الشمالي — وهي منطقة تتميَّز بتأثُّرها باحترار المحيطات — والمناطق التي يصل الأكسجين فيها إلى الحدِّ الأدنى مثل المناطق الواقعة قبالة سواحل بيرو وموريتانيا. ومن المتوقَّع أن تتَّسع هذه المناطق في ظلِّ سيناريوهات تغيُّر المناخ في المستقبل.

وبغية تقييم قدرة أعماق المحيطات على تخزين الكربون والتغيُّرات المحتملة، من المهم فهم معدلات إعادة تدوير الكربون والظروف التي تؤثِّر فيه.

مجالات قد تستفيد الدول الأعضاء فيها من مساعدة الوكالة

١- من خلال النظر في كيفية مساهمة العلوم والتكنولوجيا النووية في التوصُّل إلى فهم أفضل لتغيُّر المناخ، وتحمُّض المحيطات، وآثارهما في الحياة البحرية والصناعات الساحلية؛

٢- من خلال المشاركة في أنشطة البحث التعاونية التي يضطلع بها مركز التنسيق الدولي المعني بتحمُّض المحيطات، والتي تدعم التعاون العالمي الفعَّال من أجل مواجهة المخاطر التي تهدِّد البيئة البحرية بسبب تحمُّض المحيطات؛

٣- من خلال التعاون مع مختبرات البيئة التابعة للوكالة من أجل بناء القدرات والتدريب على استخدام التكنولوجيا النووية لتعزيز الجهود المبذولة للحدِّ من آثار تحمُّض المحيطات.

تصدر موجزات الوكالة الدولية للطاقة الذرية عن مكتب الإعلام العام والاتصالات
المحرِّرة: آبها ديكسيت • التصميم والتخطيط: ريتو كين
للحصول على مزيد من المعلومات بشأن الوكالة وعملها، زوروا موقعنا الشبكي www.iaea.org أو تابعونا على
أو طالعوا منشور الوكالة الرئيسي، مجلة الوكالة، عبر الرابط التالي www.iaea.org/bulletin
IAEA, Vienna International Centre, PO Box 100, 1400 Vienna, Austria
البريد الإلكتروني: info@iaea.org • رقم الهاتف: ٠-٢٦٠٠ (١) ٤٣+ • رقم الفاكس: ٧-٢٦٠٠ (١) ٤٣+