# حماية المحيطات

الأوساط العلمية العالمية تطالب بإجراءات عمل عاجلة لوقف تصاعد مستويات الحموضة في المحيطات.

نحن العلماءَ الذين اجتمعنا في موناكو،* لاستعراض ما هو معلوم بشأن ظاهرة إحماض المحيطات، نعلن أننا يساورنا بالغ القلق من جرّاء التغيّرات المتسارعة في الآونة الأخيرة في كيمياء المحيطات، واحتمالات تأثيرها الفادح، في غضون بضعة عقود، في منظومة الكائنات العضوية البحرية والشبكات الغذائية والتنوّع الأحيائي ومواطن الأسماك في البيئة البحرية.

واجتناباً لوقوع أضرار شديدة واسعة الانتشار، يؤدّي إليها كلها في نهاية المطاف ازديادُ مستويات تركّز غاز ثاني أكسيد الكربون في الغلاف الجوي، ندعو مقرّري السياسات العامة إلى المبادرة بالعمل على نحو عاجل إلى دمج هذه الدواعي المقلقة ضمن خطط ترمي إلى تثبيت استقرار ثاني أكسيد الكربون في الغلاف الجوي على مستوى آمن، لا لاجتناب التغيّر المناخي الخطر فحسبُ، بل كذلك لاجتناب ظاهرة ازدياد الحموضة في المحيطات.

**يمتصّ سطح المحيطات حالياً زهاء ربع كمية ثاني أكسيد الكربون المنبعث إلى الغلاف الجوي من الأنشطة البشرية، ولا سيما من احتراق الوقود الأحفوري وإزالة الأحراج وإنتاج الإسمنت.**

## ظاهرة تحمض المحيطات

يمتصّ سطح المحيطات حالياً زهاء ربع كمية ثاني أكسيد الكربون المنبعث إلى الغلاف الجوي من الأنشطة البشرية، ولا سيما من احتراق الوقود الأحفوري وإزالة الأحراج وإنتاج الإسمنت. وحيث إن ثاني أكسيد الكربون يتحلّل في مياه البحر، فإنه يشكّل حمض الكربون، مما يزيد من حموضة المحيطات.

ومنذ أن بدأ التصنيع في القرن الثامن عشر، أخذت تزداد الحموضة على سطح المحيطات بنسبة قدرها ٣٠ في المائة. وهذا التحمّض الجاري في المحيطات يؤدّي إلى تناقص قدرة الكثير من الكائنات العضوية البحرية على بناء أصدافها وبنيتها الهيكلية العظمية. كما إن ازدياد الحموضة وما يتعلق به من التغيّرات في كيمياء مياه البحر يؤثّر أيضاً في تكاثر بعض الكائنات العضوية البحرية وسلوكها ووظائفها الأعضائية (الفيزيولوجية)، ومنها مثلاً الرَّخويات البحرية – المحار وقنافذ البحر والحبّاريات.

## الضرر بات قابلاً للكشف

تبيّن الأرصاد التي جُمعت طوال الخمسة والعشرين عاماً الأخيرة ظهورَ اتجاهات مطّردة من ازدياد الحموضة في المياه السطحية مما يعقب ازدياد ثاني أكسيد الكربون في الغلاف الجوي. وهذه الاتجاهات تضاهي بالضبط ما هو متوقّع استناداً إلى الكيمياء البحرية الأساسية، وإلى القياسات المتواصلة لثاني أكسيد الكربون في الغلاف الجوي. وتشير سلسلة من الدراسات الميدانية المتنوّعة إلى أن وطأة تأثيرات ظاهرة التحمّض على بعض الكلاّسات البحرية قد تكون أصبحت قابلة للكشف منذ الآن.

كذلك فإن البيئات البحرية التي ترتفع فيها درجات ثاني أكسيد الكربون أخذت تُظهر طفرات خطيرة الشأن في النظم البيئية الأحيائية (الإيكولوجية) تبعاً للاتجاهات المتوقّعة من خلال التجارب المختبرية. وقد أخذت ظاهرة إحماض المحيطات في تحوير تركيب بعض المياه الساحلية بقدر جعلها تصبح في الآونة الأخيرة أثناء فصل الربيع عاملاً أكّالاً لأصداف بعض الكائنات العضوية المتوطّنة في الأعماق. وفي غضون بضعة عقود، من المتوقّع أن تمتدّ هذه الأوضاع المُذيبة للأصداف وأن تصبح ثابتة طوال معظم العام في المحيطات القطبية.

## خطر داهم

في الوقت الحاضر، يبلغ متوسط درجة تركّز ثاني أكسيد الكربون في الغلاف الجوي ٣٨٥ جزءاً في المليون، أيْ أكثر من مستواه في حقبة ما قبل التصنيع، البالغ ٢٨٠ جزءاً في المليون، بنسبة مئوية قدرها ٣٨ في المائة. وقد حدث نصف تلك الزيادة خلال الثلاثين عاماً الأخيرة. كما إن انبعاثات ثاني أكسيد الكربون الحالية باتت أكبر مما كان متوقّعاً في المشهد الافتراضي الخاص بأسوأ الأحوال، الذي كان قد أُعدّ منذ عقد مضى من الزمن. وإلى جانب تزايد هذه الانبعاثات، أخذت تتسارع وتيرة ازدياد ثاني أكسيد الكربون في الغلاف الجوي.

وبحلول منتصف هذا القرن، يمكن بسهولة أن يصل متوسّط تركّز ثاني أكسيد الكربون في الغلاف الجوي إلى ضعف مستوى تركّزه ما قبل التصنيع. وعند بلوغ مستوى التركّز ٥٦٠ جزءاً في المليون، من المتوقع انحدار معدّلات تكلّس الشعاب المرجانية بنحو الثلث. وحتى قبل أن يحدث ذلك، من المتوقع أيضاً أن يتباطأ تكوّن الكثير من الشعاب المرجانية إلى حدّ طغيان التحاتّ على هذه الشعاب. ولن تعود هذه الشعاب قابلة للبقاء على نحو دائم، وحينما يصل تركّز ثاني أكسيد الكربون إلى ٤٥٠ جزءاً في المليون، من المتوقع أن تكون مساحات شاسعة من المحيطات القطبية قد أصبحت بيئةً تسبّب تآكل أصداف الكثير من الكلاّسات البحرية.

## التأثيرات الاقتصادية الاجتماعية

تحمُّض المحيطات يمكن أن يؤثّر في الشبكات الغذائية البحرية، وأن يؤدّي إلى تغيّرات خطيرة الشأن في المخزونات السَمكيّة التجارية، فيهدّد مصادر الإمداد بالبروتين والأمن الغذائي لدى الملايين من الناس، إضافةً إلى تهديده لصناعة صيد الأسماك، التي تُقدّر قيمتها بعدّة مليارات من الدولارات. كما إن الشّعاب المرجانية توفّر موائل الأسماك، وتدرّ مليارات من الدولارات سنوياً في السياحة، وتحمي حدود الشواطئ من التّحات والانغمار بفيضان المدّ، وتوفّر أيضاً الأساس الذي

يقوم عليه التنوّع الأحيائي الهائل، الذي يضاهي مثيله الموجود في الغابات المطيرة المداريّة. ولكنْ بحلول منتصف القرن قد تؤدّي ظاهرة ازدياد الحموضة في المحيطات إلى جعل أكثر المناطق بيئةً لا تصلح كيميائياً لنموّ الشّعاب المرجانية. وهذه التغيرات وغيرها من التغيرات ذات الصلة بالتحمّض يمكن أن تؤثّر أيضاً في ثروة من السلع والخدمات البحرية، ومنها مثلاً مقدرتنا على استخدام المحيط لإدارة تصريف النفايات، وتوفير المواد الكيميائية اللازمة لصنع أدوية جديدة، والاستفادة من قدرته الطبيعية على تعديل المناخ. وعلى سبيل المثال، فإن ظاهرة تحمّض المحيطات سوف تخفّض قدرة المحيطات على امتصاص انبعاثات ثاني أكسيد الكربون البشرية المنشأ، مما يؤدي أيضاً إلى تفاقم ظاهرة تغيّر المناخ.

## سرعة التحمّض وبطء الإبلال

الازدياد الحالي في حموضة المحيطات أسرع بمئة ضعف من أيّ تغيّر طبيعي سابق وقع على مدى الملايين الكثيرة الأخيرة من السنين. وبحلول نهاية هذا القرن، إنْ لم تستقر نسبة ثاني أكسيد الكربون في الغلاف الجوي، يمكن أن تزداد درجة الحموضة في المحيطات إلى ثلاثة أضعاف الدرجة التي بلغتها في حقبة ما قبل التصنيع. أما الإبلال من هذا الاضطراب الضخم السريع المستحثّ بفعل البشر فسوف يتطلّب آلاف السنين لكي يتسنى لنظام الأرض إعادة إرساء الشروط الكيميائية الخاصة بالمحيطات، حتى وإن كانت شروطاً تشابه جزئياً الشروط الموجودة في يومنا هذا؛ وسوف يلزم انقضاء مئات الآلاف أو حتى الملايين من السنين لكي تعود الشعاب المرجانية إلى وضعها السوّي، استناداً إلى الرقم القياسي الماضي المسجَّل عن أحداث انقراض الشعاب المرجانية الطبيعي.

## الحدّ من مستويات ازدياد ثاني أكسيد الكربون في المستقبل يمكن أن يساعد في هذا الخصوص

إن ما يُسمّى استراتيجيات الهندسة الجيولوجية إنْ لم تهدف إلى تقييد مستويات تركّز ثاني أكسيد الكربون في الغلاف الجوي في المستقبل، فلن يكون من شأنها أن تؤدّي إلى خفض ازدياد الحموضة في المحيطات. كما إن استراتيجيات التخفيف التي تهدف إلى نقل ثاني أكسيد الكربون إلى المحيطات، وذلك على سبيل المثال بالتخلّص من ثاني أكسيد الكربون في أعماق البحار، أو بإخصاب (تسميد) المحيطات من أجل محاكاة الإنتاجية البيولوجية، من شأنها أن تزيد من قوة تحمّض المحيطات في بعض المناطق في حين تخفضها في مناطق أخرى. وأما المفاوضات بشأن تغيّر المناخ، التي تركّز على تحقيق استقرار غازات الدفيئة (الاحتباس الحراري)، فيجب ألاّ تقتصر على النظر إلى مسألة التوازن الإشعاعي الكلي، بل يجب أن تنظر أيضاً إلى غاز ثاني أكسيد الكربون في الغلاف الجوي باعتباره عاملاً ملوّثاً، أيْ غازاً حمضياً يجب كبح إطلاقه في الغلاف الجوي بغية الحدّ من ازدياد الحموضة في المحيطات. ومن ثم فإن القيود (أهدف تحقيق الاستقرار) بشأن ثاني أكسيد الكربون في الغلاف الجوي التي تُحدَّد استناداً إلى إحماض المحيطات قد تختلف عن القيود التي تُحدّد استناداً إلى ازدياد درجات الحرارة السطحية وتغيّر المناخ. ولكنْ على الرغم من نظرةٍ استشرافيةٍ تبدو كئيبة كهذه، لا يزال هنالك بصيص من أمل. فإن لدينا خياراً، ولا يزال هنالك فسحة من الوقت للتصرّف إنْ بادرنا إلى اتخاذ إجراءات عمل جادة ومستديمة، دونما مزيد من التأخّر، أولاً وقبل كل شيء، لا بدّ لمقرّري السياسات العامة من أن يدركوا أن ظاهرة ازدياد الحموضة في المحيطات ليست مسألة خارجية، وإنما هي المشكلة الأخرى المتعلقة بغاز ثاني أكسيد الكربون التي يجب الانكباب عليها إلى جانب مشكلة تغيّر المناخ. ولذلك فإن كبح جماح هذا الخطر المزدوج الذي يتهدّدنا، والذي سبّبه اعتمادنا على الأوقدة الأحفورية، هو تحدّي القرن الذي علينا أن نواجهه.

ولسوف يتطلّب حلّ هذه المشكلة بذلَ جهد هائل على

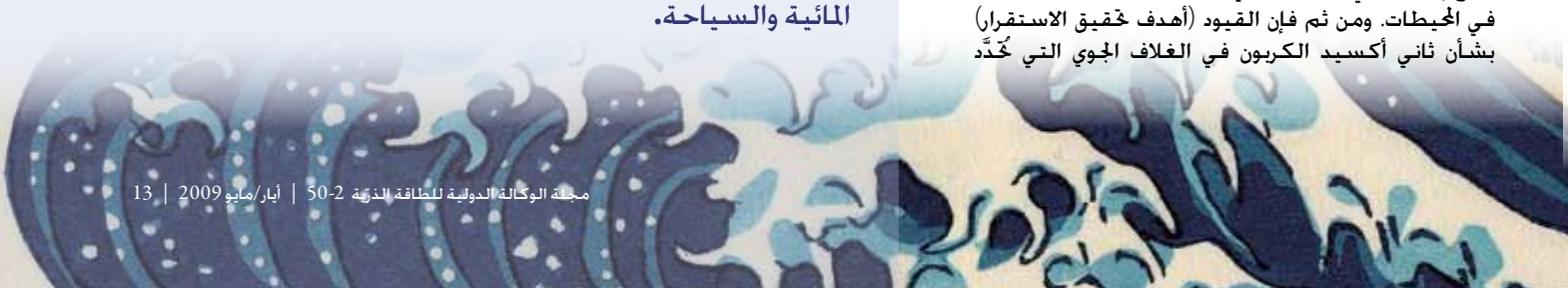
## الجهد المكثّف اللازم

حرصاً على إبقاء انبعاثات غاز ثاني أُكسيد الكربون في الغلاف الجوي البالغ ٥٥٠ جزءاً في المليون، يجب العمل على تراجع الزيادة الحالية في إجمالي انبعاثات ثاني أكسيد الكربون بنسبة قدرها ٣٪ في السنة حتى العام ٢٠٢٠.
ومن الضروري خفضها حتى بدرجات أشدّ حدّة حفاظاً على عدم تحوّل معظم المياه القطبية إلى بيئة أكّالة لأصداف الأنواع الأحيائية البحرية الرئيسية، وحفاظاً على الظروف المؤاتية لنمو المرجانيات.

وإن المفاوضات إبّان مؤتمر الأمم المتحدة بشأن تغيّر المناخ – مؤتمر الأطراف في دورته الخامسة عشرة – المزمع عقده في كوبنهاغن في كانون الأول/ ديسمبر ٢٠٠٩، إذا ما قصّرت دون تحقيق هذه الأهداف، فلن يكون بالإمكان اجتناب تصاعد درجة تركّز أكسيد الكربون في الغلاف حتى إلى مستويات أعلى.

## فريق موناكو لخبراء البيئة والاقتصاد

اقتداءً بروح إعلان موناكو، بادرت مجموعة مختبرات البيئة البحرية التابعة للوكالة الدولية للطاقة الذرّية، ومركز موناكو العلمي إلى إنشاء فريق خبراء لتقدير التأثير الاقتصادي المترتّب على تحمّض المحيطات. وبغية سدّ الفجوة بين علم البيئة وعلم الاقتصاد، يضم فريق موناكو لخبراء البيئة والاقتصاد خبراء علميين بارزين في ميداني تحمّض المحيطات واقتصاديات الموارد الطبيعية. وهم يُعنَون باستقصاء كل ما هو معلوم عن ظاهرة تحمّض المحيطات وآثارها البيولوجية وما يُعزى لها من تأثيرات عالمية، وكذلك سُبل تقييم تكاليفها الاقتصادية المحتملة على مصائد الأسماك والزراعة المائية والسياحة.



النطاق العالمي. ويجب على البلدان كافة أن تسهم في هذا الجهد؛ كما يجب على البلدان المتقدمة النمو أن تكون قُدوةً يُحتذى بها في هذا المسعى، وأن تُعنى بتصميم تكنولوجيات جديدة بغية المساعدة على إيجاد الحلول لهذه المشكلة. وسوف يكون الترويج لهذه التكنولوجيات مجزياً من الناحية الاقتصادية. كما إن منع اشتداد حدّة التدهور البيئي سوف يكون أقلّ تكلفةً بكثير على كل الأمم من تكلفة محاولة التعايش مع عواقب النهج المتّبع في الوقت الحاضر، حيث يستمر ازدياد انبعاثات غاز ثاني أكسيد الكربون وتركّزاته في الغلاف الجوي، سنة بعد سنة.

ومن حُسن الطالع أن سُبل العلاج الجزئية الجاهزة على الطاولة منذ الآن، إذا ما نُفّذت مجتمِعةً معاً، يمكن أن تحلّ معظم هذه المشكلة. وإن علينا أن نباشر العمل الآن، لأن تغيير البنية التحتية للطاقة سوف يستغرق سنين عديدة. وكذلك التغلّب على تراكم الزيادات المفرطة من غاز ثاني أكسيد الكربون في الغلاف الجوي، الذي يستغرق وقتاً أيضاً حتى يغزو المحيط.

## استنتاجات

لذلك فإننا نحثّ واضعي السياسات العامة على المبادرة إلى إطلاق أربعة أنواع من المبادرات:

• المساعدة على تحسين فهم أنماط تأثير ظاهرة تحمّض المحيطات، وذلك بتعزيز البحث في هذا الميدان، الذي لا يزال حديث العهد؛

• المساعدة على بناء الروابط بين الاقتصاديين والعلماء التي تقتضيها الضرورة لتقييم مدى التأثير الاقتصادي الاجتماعي وتكاليف الفعل مقابل تكاليف عدم الفعل؛

• المساعدة على تحسين التواصل بين واضعي السياسات العامة والعلماء، وذلك لكي: '١' تُوضع السياسات العامة الجديدة بالاستناد إلى نتائج الأبحاث، و '٢' يتسنى توسيع نطاق الدراسات العلمية لتشمل معظم المسائل الوثيقة الصلة بالسياسة العامة؛

• منع وقوع أضرار شديدة من جرّاء تحمّض المحيطات، وذلك بوضع خطط طموحة وعاجلة لخفض الانبعاثات خفضاً حاداً.

---

*البيان، المعروف باسم إعلان موناكو، وافق عليه ١٥٥ عالماً من ٢٦ بلداً، من قادة الأبحاث في ظاهرة تحمّض المحيطات وتأثيرها، الذين اجتمعوا في موناكو في تشرين الأول/أكتوبر ٢٠٠٨، لحضور الندوة الدولية بشأن المحيطات في عالم يتّسم بارتفاع نسبة غاز ثاني أكسيد الكربون.

وقد تولّى رئاسة الندوة جيمس أُورّ من الوكالة الدولية للطاقة الذرّية، وهو عالم باحث في مختبرات البيئة البحرية التابعة للوكالة. البريد الإلكتروني: Orr@iaea.org

وهذه الوثيقة تستند إلى التقرير: أولويات البحوث بشأن تحميض المحيطات، المتاح على الإنترنت في الموقع الشبكي:
http://ioc3.unesco.org/oanet/HighCo2World.html

الصورة هي طبعة مستنسخة عن لوحة على الخشب "الموجة العاتية مقابل شاطئ كاناغوا"، للفنّان الياباني كاتسوشيكا هوكوساي.