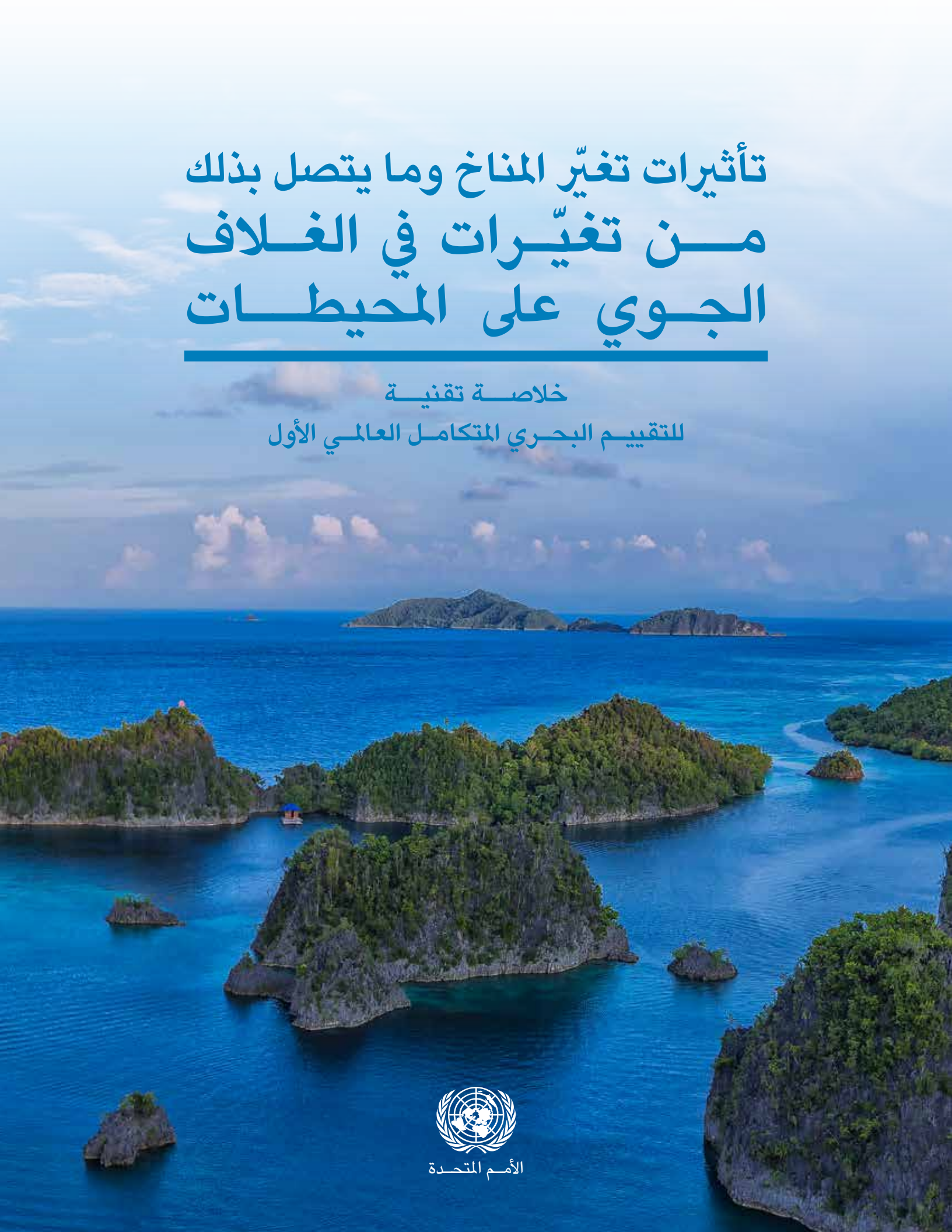
تأثيرات تغيّر المناخ وما يتصل بذلك من تغيّرات في الغلاف الجوي على المحيطات

خلاصة تقنية
للتقييم البحري المتكامل العالمي الأول



الأمم المتحدة

العمليــة المنتظمــة للإبــلاغ عــن حالــة البيئــة البحريــة وتقييمها على الصعيد العالمي، بما في ذلك الجوانب الاجتماعيــة والاقتصاديــة

تأثيرات تغيّر المناخ وما يتصل بذلك من تغيّــرات في الغــلاف الجــوي على المحيطـــات

خلاصـــة تقنيـــة
للتقييـم البحـري المتكامـل العالمـي الأول

الأمـم المتحـدة

إخلاء مسؤولية

ليس في التسميات المستخدمة في هذا المنشور، بما في ذلك الاقتباسات والخرائط وقائمة المراجع لكل منها، ولا في طريقة عرض مادته ما يتضمن التعبير عن أيّ رأي كان للأمم المتحدة بشأن المركز القانوني لأيّ بلد أو إقليم أو مدينة أو منطقة، أو لسلطات أيّ منها، أو بشأن تعيين تخومها أو حدودها.

والحدود والأسماء المبَيَّنة في هذا المنشور، والعلامات المستخدمة فيه، أيضاً لا تعني أن الأمم المتحدة تقرّها أو تقبلها رسمياً.

وأيّ معلومات قد يتضمنها هذا المنشور، تكون منبثقة عن الإجراءات والقرارات التي تتخذها الدول لا تعني الاعتراف من جانب الأمم المتحدة بصحة الإجراءات والقرارات المذكورة وهي مدرجة دون المساس بموقف أيّ دولة عضو في الأمم المتحدة.

والمساهمات المقدّمة من أعضاء فريق الخبراء ومجموعة الخبراء الذين شاركوا في كتابة التقييم البحري المتكامل العالمي الأول، قد جرى القيام بها بصفتهم الشخصية. وأعضاء الفريق ومجموعة الخبراء لا يمثلون أيّ حكومة أو أيّ سلطة أو منظمة أخرى.

مرجع صورة الغلاف:
ماركوس روث

حقوق الطبع © محفوظة للأمم المتحدة، ٢٠١٧
جميع الحقوق محفوظة
طُبع في الأمم المتحدة، نيويورك

المحتويـات

الغرض من الخلاصة التقنية وعملية إعدادها ..... ز
شكر وتقدير ..... ح
أولاً - القضايا الرئيسية ١
ثانياً - التغيّرات في المحيطات الناجمة عن تغيّر المناخ وما يتصل به من تغيّرات في الغلاف الجوي ٣
ألف - درجة الحرارة في البحار ٣
باء - ارتفاع مستوى سطح البحر ٤
جيم - تحمّض المحيطات ٤
دال - الملوحة ٤
هاء - انقسام المياه إلى طبقات ٤
واو - دوران المحيطات ٥
زاي - آثار العواصف وغيرها من الظواهر الجوية البالغة الشدة ٥
حاء - انخفاض مستويات الأكسجين المذاب (نزع الأكسجين أو نقص التأكسج) ٦
طاء - الأشعة فوق البنفسجية وطبقة الأوزون ٦
ثالثاً - الآثار البيئية والاجتماعية والاقتصادية ٩
ألف - الآثار التراكمية ٩
باء - التغيّرات في الشبكة الغذائية ٩
جيم - العوالق ٩
دال - الطحالب البحرية والأعشاب البحرية ١٠
هاء - غابات المنغروف ١٠
واو - الشعاب المرجانية ١١
زاي - توزع الأرصدة السمكية ١٢
حاء - إنتاجية المحاريات ١٢
طاء - تلوث المغذيات ١٣
ياء - الغمر والتحاتّ الساحليان ١٣
كاف - فقدان الجليد البحري في مناطق خطوط العرض العالية والآثار المرتبطة به ١٣
لام - مخاطر الاتصالات ١٤
رابعاً - خلاصـــة ١٥

الصورة: مارك كوس روث

الغرض من الخلاصة التقنية وعملية إعدادها

تستند هذه الخلاصة التقنية إلى التقييم البحري المتكامل العالمي الأول (التقييم العالمي الأول للمحيطات)، الذي صدر في كانون الثاني/يناير ٢٠١٦، وبخاصة إلى موجز هذا التقييم، الذي أقرته الجمعية العامة في كانون الأول/ديسمبر ٢٠١٥ [١]. وقد جرى إعداده عملاً ببرنامج العمل للفترة ٢٠١٧ - ٢٠٢٠ للدورة الثانية للعملية المنتظمة للفريق العامل المخصص الجامع التابع للجمعية العامة المعني بالعملية المنتظمة للإبلاغ عن حالة البيئة البحرية وتقييمها على الصعيد العالمي، بما في ذلك الجوانب الاجتماعية والاقتصادية، الذي اعتمده الفريق العامل في آب/أغسطس ٢٠١٦ وأقرته الجمعية العامة في كانون الأول/ديسمبر ٢٠١٦ [٢]. وينص برنامج العمل، في جملة أمور، على دعم العمليات الحكومية الدولية الجارية المتعلقة بالمحيطات، بما في ذلك إعداد الخلاصات التقنية المصممة خصيصاً لتلبية احتياجات عمليات حكومية دولية أخرى، منها اتفاقية الأمم المتحدة الإطارية بشأن تغيّر المناخ وعملية الأمم المتحدة التشاورية غير الرسمية المفتوحة باب العضوية المتعلقة بالمحيطات وقانون البحار، التي تركز نقاشاتها في عام ٢٠١٧ على موضوع "آثار تغيّر المناخ على المحيطات" [٣]. وفي هذا الصدد، تقدم هذه الخلاصة التقنية موجزاً تجميعياً للمعلومات المقدّمة في التقييم العالمي الأول للمحيطات ولا تقدم أيّ مواد جديدة أو تفسيراً للمعلومات الواردة في ذلك التقييم.

واستُخدمت أعمال الهيئة الحكومية الدولية المعنية بتغيّر المناخ، متى تعلق الأمر بالمناخ، كأساس لهذا التقييم، على النحو المطلوب في مخطط التقييم الذي أقرّته الجمعية العامة. وعليه، تستند هذه الخلاصة التقنية بالمثل، متى تعلق الأمر بالمناخ، إلى أعمال الهيئة.

وهذه الخلاصة التقنية قد أعدها فريق الخبراء للعملية المنتظمة للإبلاغ عن حالة البيئة البحرية وتقييمها على الصعيد العالمي للدورة الثانية للعملية المنتظمة، على أساس المخطط الذي أعده فريق الخبراء وناقشه مكتب الفريق العامل المخصص الجامع. وكان بعض أعضاء مجموعة خبراء العملية المنتظمة الذين ساهموا في التقييم العالمي الأول للمحيطات مشاركين ضمن عملية الاستعراض، بالاشتراك مع فريق الخبراء، وأمانة العملية المنتظمة (شعبة شؤون المحيطات وقانون البحار بمكتب الشؤون القانونية بالأمانة العامة) ومكتب الفريق العامل المخصص الجامع. وقدمت أمانة العملية المنتظمة أيضاً المساعدة لفريق الخبراء في وضع الصيغة النهائية للخلاصة التقنية. ونظر مكتب الفريق العامل المخصص الجامع في الخلاصة التقنية لعرضها في الاجتماعات التي تُعقد في إطار اتفاقية الأمم المتحدة الإطارية بشأن تغيّر المناخ وعملية الأمم المتحدة التشاورية غير الرسمية المفتوحة باب العضوية المتعلقة بالمحيطات وقانون البحار.

---

١ قرار الجمعية العامة ٧٠/٢٣٥، الفقرة ٢٦٦. ويرد النص الكامل للتقييم العالمي الأول للمحيطات، بما في ذلك الموجز، على العنوان التالي: www.un.org/depts/los/rp.

٢ انظر قرار الجمعية العامة ٧١/٢٥٧، الفقرة ٢٩٩.

٣ المرجع نفسه، الفقرة ٣٣٩.

شكر وتقدير

قدّم الأشخاص التالية أسماؤهم إسهامات في الخلاصة التقنية تحت رعاية الجمعية العامة وعمليتها المنتظمة للإبلاغ عن حالة البيئة البحرية وتقييمها على الصعيد العالمي، بما في ذلك الجوانب الاجتماعية والاقتصادية:

فريق الخبراء للعملية المنتظمة للإبلاغ عن حالة البيئة البحرية وتقييمها على الصعيد العالمي

رنيسون روا وألان سيمكوك (المنسقان)

كارين إيفنز، وتشول بارك، وماريا جواو ببيانو، وساناي تشيبا، وجوشوا توهوموبري، ول. يلينيا رندرياناريسوا، وتيمون شيميزلاف زييلنسكي، وماركو إسبينو سانشيز، وأناستازيا ستراتي، وتان كا فو، وهيلكونيدا ب. كالمبونغ، وعثمان كيه كامارا، وإنريكي مارشوف، وعصام ياسين محمد، وميشيل مكلور، وجينغ وانغ

أعضاء مجموعة خبراء الدورة الأولى للعملية المنتظمة

ماوريتسيو أزارو، ويرون إنغلز، وبيتر أوستر، وراتانا تشوينباغدي، وكلوديت رهاريمانانيرينا، وزاكري سوهو، وكارلوس غارسيا-سوتو، وإليز غرانيك، ولارس غولن، وإلين كنتشنغتون، وإريك كوردس، ومارك كوستيلو، وراماليننغاران كيروباغاران، وجيمس كيلي، وسيسيلي بون كيلفلت، وليزا أ. ليفين، وبابلو مونيز ماسييل، ومارتا كول مونتون، وأنا ميتاكساس، وكولين د. وودروف، وموریاكي ياسوهارا، وليز ليندال يورغنسن، وسونغ يونغ كيم

الصورة: إدوارد هيربيتيو

الصورة: تيريس نيلسون

أولاً - القضايا الرئيسية

١ - المحيطات والغلاف الجوي نظامان مترابطان. وتغيّر المناخ يؤثر عليهما هما الاثنين. وتحديداً، يزداد النظامان احتراراً، إذ امتصت المحيطات نحو ٩٣ في المائة من مجمل الحرارة الزائدة المخزنة في الهواء والبحار واليابسة والجليد الذائب في الفترة بين عامَي ١٩٧١ و٢٠١٠. ويحدث هذا الاحترار في المحيطات في كل من المياه السطحية وطبقات المياه الأعمق. ويؤدي تبادل الحرارة بين المحيطات والغلاف الجوي إلى تغيّرات في الرياح وفي عدد من الظواهر، من قبيل النينيو - ظاهرة التأرجح الجنوبي للمناخ، الأمر الذي يؤثر بدوره على التيارات والأمواج في المحيطات.

٢ - ومن شأن ارتفاع درجات الحرارة أن يؤثر على أنواع بحرية كثيرة من حيث توزيعها وتزاوجها وأعدادها. فعلى سبيل المثال، هناك تغيّر آخذ في الحدوث بالفعل في توزيع أنواع الأسماك في بعض أنحاء العالم. وبالإضافة إلى ذلك، تعاني الشعاب المرجانية بالفعل من حالات ابيضاض متكررة بسبب ارتفاع درجات الحرارة، وسيؤثر الضرر اللاحق بها على مصائد الأسماك، كبيرة كانت أو صغيرة، من حيث أنواع الأسماك التي تعيش فيها. وعلاوة على ذلك، من المرجح أن تصبح العوالق الأصغر حجماً والمنخفضة المحتوى من المغذيات الأكثر وفرة، وأن تقلّ وفرة العوالق الأكبر حجماً والغنية بالمغذيات، الأمر الذي سيخلّف آثاراً لا يمكن التنبؤ بها على الشبكات الغذائية البحرية.

٣ - وقد امتصّت المحيطات أيضاً الكثير من ثاني أكسيد الكربون المنبعِث خلال العقود الأخيرة، وهو ما أسفر عن تحمّض لم يسبق له مثيل في البيئة البحرية بمعدلات تختلف من مكان لآخر حول العالم. وهذا له آثار منها شحّ أيونات الكربونات التي تحتاجها العوالق والمرجانيات التي تكوّن الشعاب والمحاريات، فهذه تحتاج أيونات الكربونات لتشكيل قشرتها الصلبة والحفاظ عليها. ومن المرجح أن تتناقص مصائد المحاريات ونُظُم الشعاب المرجانية ومصائد الأسماك التي تعتمد على هذه النُظم. وبالإضافة إلى ذلك، قد تؤدي آثار هذه التغيّرات على بعض أنواع العوالق إلى تغيير جذري في الشبكات الغذائية البحرية.

٤ - ومستوى سطح البحر آخذ في الارتفاع، حيث من المتوقع أن يبلغ متوسط الارتفاع متراً واحداً فوق مستويات الأعوام ١٩٨٠ - ١٩٩٩ بحلول عام ٢١٠٠. وسيتفاوت ارتفاع مستوى سطح البحر من مكان لآخر حول الكرة الأرضية. ومن المرجح أن يسفر عن غمر بعض المجتمعات الساحلية وزيادة وتيرة الفيضانات المدّيّة فيها، وأن يؤثر على توزيع الخدمات التي تتيحها موائل ساحلية مهمة، مثل أشجار المنغروف. وسيزيد أيضاً من الانجراف في المناطق الساحلية.

٥ - والمناطق التي تعاني فرطاً في المغذيات ونقصاً في الأكسجين آخذة في التزايد نتيجة زيادة انقسام طبقات المياه وانخفاض الاختلاط في عمود المياه في المحيطات، وكذلك نتيجة التغيّرات في أنماط ارتفاع مياه القاع إلى السطح. وتتزايد أيضاً "المناطق الميتة" (المناطق التي لا يكفي الأكسجين فيها لإقامة الحياة) والمناطق المنخفضة الأكسجين، مما يؤثر على الكائنات التي تعيش في هذه المناطق والأسماك التي تعتمد عليها.

٦ - وسيتقلص الجليد القطبي أو يختفي، مما سيؤثر على إنتاج طحالب الجليد، وهي عنصر أساسي في الشبكات الغذائية في القطبين الشمالي والجنوبي. وستتأثر سلباً الأنواع التي تعتمد على طحالب الجليد، مثل الكريل في المحيط الجنوبي، وكذلك الأنواع الكثيرة التي تقتات على الكريل، بما فيها الحيتان والأسماك المهمة تجارياً. ومن المرجح أن يؤدي فتحُ المنطقة القطبية الشمالية للنقل البحري وغيره من الأنشطة البشرية إلى زيادة تعرض المنطقة للتلوث.

٧ - وعموماً، من المرجح أن تكون الآثار التراكمية على الشبكات الغذائية والنُظُم البحرية كبيرة وغير قابلة للتنبؤ بسبب اختلاف معدلات هجرة الأنواع، والعواقب غير المتوقعة للتغييرات في عناصر النظام الإيكولوجي، وتغيُّر دوران المحيطات.

مرجع الصورة: إلين كويلرتس

ثانياً - التغيّرات في المحيطات الناجمة عن تغيّر المناخ وما يتصل به من تغيّرات في الغلاف الجوي

٨ - ترتبط محيطات الأرض وغلافها الجوي ارتباطاً جوهرياً في عملية معقدة. فالرياح التي تهب على سطح المحيطات تنقل الزخم والطاقة الميكانيكية إلى المياه، مولّدةً أمواجاً وتيارات. وتُطلِق المحيطات الطاقة على شكل حرارة هي من مصادر الطاقة الرئيسية لحركات الغلاف الجوي. وتنتقل الحرارة أيضاً من الغلاف الجوي إلى المحيطات، مولّدةً زيادات في درجة حرارة البحار. وبالمثل، تنتقل الغازات بين المحيطات والغلاف الجوي، أهمها ثاني أكسيد الكربون الذي تمتصّه المحيطات من الغلاف الجوي، والأكسجين الذي تُطلِقه المحيطات إلى الغلاف الجوي. وبالتالي، تشهد خصائص رئيسية للمحيطات تغيّراً كبيراً بفعل ارتفاع مستويات ثاني أكسيد الكربون في الغلاف الجوي وما يتصل بذلك من تغييرات في الغلاف الجوي.

ألف - درجة الحرارة في البحار

٩ - نظراً لضخامة حجم المحيطات وارتفاع سعتها الحرارية، فإن بإمكانها تخزين مقادير هائلة من الطاقة، تزيد بألف مرة عن تلك الموجودة في الغلاف الجوي عند حدوث زيادة مكافئة في درجة الحرارة. وتمتص الأرض مقداراً من الحرارة أكبر من الذي ينبعث منها إلى الجو، وتدخل هذه الحرارة الزائدة كلها تقريباً في المحيطات وتُخزَّن فيها. فقد امتصت المحيطات نحو ٩٣ في المائة من مجمل الحرارة الزائدة المخزنة في الهواء والبحار واليابسة والجليد الذائب بعد ارتفاع درجة حرارتها في الفترة بين عامَي ١٩٧١ و٢٠١٠. وقد كررت الهيئة الحكومية الدولية المعنية بتغيّر المناخ في تقرير التقييم الخامس التأكيد على ما خلصت إليه من أن درجات حرارة سطح البحر ارتفعت على الصعيد العالمي منذ أواخر القرن التاسع عشر. وتختلف درجة حرارة الطبقة العليا للمحيطات (حتى عمق ٧٠٠ متر تقريباً)، ومن ثم محتواها الحراري، باختلاف المقاييس الزمنية، بما في ذلك اختلافها من موسم إلى آخر، ومن سنة إلى أخرى (على سبيل المثال، درجات الحرارة المصاحبة للنينيو - ظاهرة التأرجح الجنوبي للمناخ)، ومن عقد إلى آخر، ومن قرن إلى آخر. وسُجِّلت في الفترة من عام ١٩٧١ إلى عام ٢٠١٠ اتجاهات موجبة (أيّ تشير إلى الاحترار) لمتوسطات درجات الحرارة في أعماق المحيطات في معظم أرجاء الكرة الأرضية. ويبرز الاحترار أكثر في نصف الكرة الشمالي، لا سيما في شمال الأطلسي، لكنه يتفاوت تفاوتاً كبيراً من مكان لآخر. وحين النظر إلى متوسط اتجاهات درجات الحرارة في الطبقة العليا للمحيطات في مختلف المناطق يتبين أن ثمة احتراراً على مستوى جميع خطوط العرض والأعماق تقريباً. إلاّ أن محيطات النصف الجنوبي من الكرة الأرضية، لما كانت أكبر حجماً، كان احترارها أكثر إسهاماً في المحتوى الحراري للكوكب.

١٠ - وخلال العقود الثلاثة الماضية، شهد نحو ٧٠ في المائة من المناطق الساحلية في العالم زيادات كبيرة في درجة حرارة سطح البحر. وترافق ذلك مع زيادة في العدد السنوي للأيام التي بلغت فيها درجات الحرارة مستويات مرتفعة للغاية على طول ٣٨ في المائة من سواحل العالم. وأصبح الاحترار الموسمي أيضاً يحدث في موعد أبكر في العام على طول نحو ٣٦ في المائة من المناطق الساحلية المعتدلة في العالم (بين خطي العرض ٣٠ درجة و٦٠ درجة في نصفَي الكرة الأرضية على السواء).

١١ - وليست الطبقة العليا للمحيطات وحدها التي تشهد احتراراً متزايداً، بل سُجِّل احترار المحيطات في العديد من الموائل بالمياه العميقة، وهو أشد في البحار الهامشية. وعلى وجه الخصوص، ثمة أدلة تشير إلى أن احترار البحر الأبيض المتوسط بين عامَي ١٩٥٠ و٢٠٠٠ أثّـر على الكائنات التي تعيش في أعماقه، الأمر الذي كان له تأثير كبير على مرجانيات المياه الباردة (الفصول ٥ و٣٦ - ألف و٣٦ - واو و٤٢) [١].

[١] الفصول المشار إليها في هذه الخلاصة التقنية هي الفصول المتعلقة بالتقييم العالمي الأول للمحيطات (وهي متاحة على الرابط التالي: www.un.org/depts/los/rp). فعند الإشارة إليها في نهاية الفقرة، تنطبق الإحالات على جميع الفقرات السابقة حتى الإحالة السابقة من هذه الإحالات. ويمكن الاطلاع على الاستشهادات التي يستند إليها النص في تلك الفصول.

باء - ارتفاع مستوى سطح البحر

١٢ - يُرجّح بدرجة كبيرة أن تكون المستويات القصوى لمستوى سطح البحر قد زادت بالفعل في جميع أنحاء العالم منذ سبعينات القرن العشرين، في ما يعزى بصورة رئيسية إلى ارتفاع المتوسط العالمي لمستوى سطح البحر. فقد ارتفع المتوسط العالمي لمستوى سطح البحر بنسبة ٣,٢ مم سنوياً على مدى العقدين الماضيين؛ ويُعزى حوالي ثلث هذا الارتفاع إلى التمدد الحراري الناجم عن الاحترار بفعل الإنسان الذي يتسبب في التمدد الحراري للمحيطات. بينما يُعزى جزء من الارتفاع المتبقي إلى تدفقات المياه العذبة من القارات، وقد ازدادت هذه التدفقات نتيجةً لذوبان الأنهار الجليدية والصفائح الجليدية القارية القطبية.

١٣ - وتحدث التغيّرات الإقليمية والمحلية في مستوى سطح البحر أيضاً بتأثير عوامل طبيعية من قبيل التغيّر الإقليمي في الرياح والتيارات البحرية، والحركات الرأسية لليابسة، والتعديل في مستويات اليابسة الذي يحدث تجاوباً مع التغيّرات في الضغوط المادية الواقعة عليها (على سبيل المثال، ضغوط الصفائح التكتونية)، إلى جانب التأثيرات الناجمة عن الأنشطة البشرية من خلال التغيّرات في استخدام الأراضي وأعمال التعمير على السواحل. ونتيجةً لذلك، ترتفع مستويات سطح البحر بنسب أعلى من المتوسط العالمي في بعض المناطق، وتنخفض في مناطق أخرى. ومن شأن ارتفاع درجة الحرارة بمقدار ٤ درجات مئوية بحلول عام ٢١٠٠ (وهو المتوقع في سيناريو الحدّ الأعلى للانبعاثات الوارد في تقرير التقييم الخامس للهيئة الحكومية الدولية المعنية بتغيّر المناخ) أن يؤدي في نهاية تلك الفترة إلى ارتفاع مستوى سطح البحر في المتوسط بنحو متر واحد عن مستويات الفترة من عام ١٩٨٠ إلى عام ١٩٩٩(الفصل ٤).

جيم - تحمّض المحيطات

١٤ - يؤدي ارتفاع مستويات تركيز ثاني أكسيد الكربون في الغلاف الجوي إلى زيادة الكميات التي تمتصها المحيطات من هذا الغاز. فالمحيطات تمتص حوالي ٢٦ في المائة من الانبعاثات المتزايدة من ثاني أكسيد الكربون الناجمة عن أنشطة بشرية، ويتفاعل هذا الغاز مع مياه البحر لتكوين حمض الكربونيك في عملية تُعرف بتحمّض المحيطات. ويُستخدم في الكيمياء مقياس الأس الهيدروجيني لمعرفة هل سائل ما هو حامضي أو قاعدي (قلوي): فكلما انخفض رقم الأس، كان السائل أكثر حموضة. وقد ظل متوسط الأس الهيدروجيني للمحيطات مستقراً إلى حدّ كبير، طوال الـ ٢٥ ملايين سنة الماضية، وكان يتراوح بين ٨,٠ و ٨,٢ مع بعض الاختلافات الموسمية والمكانية. بيد أنه في العقود الثلاثة الماضية، لوحظ انخفاض في الأس الهيدروجيني للمحيطات، وتشير توقعات النماذج المناخية إلى أن الأس الهيدروجيني للمحيطات يمكن أن يصل إلى ٧,٨ بحلول عام ٢١٠٠، إذا استمرت انبعاثات ثاني أكسيد الكربون بمستوياتها الحالية. وهذا الأمر يتعدى نطاق متوسط تغيّر الأس الهيدروجيني لأي وقت آخر من التاريخ الجيولوجي الحديث. ويؤدي هذا الانخفاض في الأس الهيدروجيني إلى تقليص الأيونات الكربونية المتوفرة في مياه البحر. وبصفة عامة، بما أن المحيطات تختلط بوتيرة أبطأ من الغلاف الجوي، فإن امتصاص ثاني أكسيد الكربون فيها يكون أعلى بكثير في المستويات العُلوية للمياه (حتى عمق حوالي ٤٠٠ متر)، حيث يحدث القسط الأوفر من النشاط البيولوجي.

دال - الملوحة

١٥ - إلى جانب ارتفاع درجة حرارة المحيطات على نطاق واسع، تحدث أيضاً تغيّرات في درجة ملوحة المحيطات (المحتوى الملحي). وتختلف درجة ملوحة المحيطات في جميع أنحاء العالم نتيجةً للفروق في التوازن بين التدفقات من المياه العذبة (من الأنهار ومن ذوبان كل من الأنهار الجليدية والقلنسوة الجليدية) والتساقطات المطرية وتبخر المياه، وكلها عوامل تتأثر بالظواهر المناخية الطبيعية، كما تتأثر بتغيّر المناخ. والتغيّرات الواسعة النطاق في أنماط هطول الأمطار تؤدي إلى تغيّرات في ملوحة المحيطات، حيث يؤدي ارتفاع معدلات هطول الأمطار إلى تخفيف تركيز المياه ومن ثم التقليل من ملوحتها، بينما يكون لانخفاض هطول الأمطار الأثر المعاكس. وتشير التغيّرات الملحوظة في ملوحة المحيطات، التي يتم حسابها بالاعتماد على نظام للمشاهدات المتباعدة في الزمن، إلى أن المناطق التي تقل فيها الأمطار ويكثر التبخر، مثل مناطق المحيطات شبه المدارية، أصبحت أكثر ملوحة، بينما المناطق التي تكثر فيها الأمطار ويقل التبخر، مثل المياه الاستوائية في المحيط الهادئ والمحيط الهندي، أصبحت أقل ملوحة. وتؤدي التغيّرات في الملوحة إلى تغيّرات في كثافة المياه، وبالتالي إلى زيادة دوران مياه المحيطات. ويُحتمل أن تحدث هذه التغيّرات الجارية في ملوحة المحيطات أثراً على دوران مياه البحار وعلى انقسامها إلى طبقات (الفصلان ٤ و٥).

هاء - انقسام المياه إلى طبقات

١٦ - تؤدي الاختلافات في درجة الملوحة ودرجات الحرارة، بين مختلف مسطحات مياه البحر، إلى انقسام مياه البحر إلى طبقات تكوِّن فيها مياه البحر طبقات أفقية تكون عمليات

التبادل فيما بينها محدودة. وقد لوحظت زيادات في عدد طبقات مياه المحيطات في جميع أنحاء العالم، لا سيما في شمال المحيط الهادئ، وبصفة أعم، شمال خط العرض ٤٠ جنوباً، وتنجم هذه الزيادات عن التغيّرات في درجة الحرارة وفي الملوحة. ويقترن بتزايد انقسام مياه المحيطات إلى طبقات انخفاضٌ في المزج الرأسي في عمود المياه. ويؤدي هذا الانخفاض في المزج بدوره إلى خفض محتوى المياه من الأكسجين والمغذيات في الطبقات العلوية، كما يؤدي إلى خفض مدى قدرة المحيطات على امتصاص الحرارة وثاني أكسيد الكربون، وذلك لقلة المياه الباردة التي ترتفع إلى السطح حيث تحدث عملية الامتصاص هذه (الفصل ١ والفصول ٤ إلى ٦).

واو - دوران المحيطات

١٧ - أدّت الدراسة المكثفة لتفاعلات المحيطات مع تغيّر المناخ إلى فهم أوضح بكثير لآليات دوران المحيطات وما يحدث فيه من تغيّرات من سنة لأخرى ومن عقد لآخر. ونتيجة للتغيّرات في احترار أجزاء مختلفة من المحيطات، تحدث أيضاً تغيّرات في أنماط التباين في توزيع الحرارة في مختلف أجزاء المحيطات. وتتوافر بعض الأدلة على أن هذا الأمر يؤدي إلى تغيّرات في دوران الغلاف الجوي وفي الدوران العالمي الذي يتم من خلال عرض المحيط، وهو ما قد يؤدي، بمرور الوقت، إلى خفض انتقال الحرارة من المناطق الاستوائية إلى القطبين وإلى داخل أعماق المحيطات. وهكذا، تتحرك كتل المياه أيضاً بصورة مختلفة في المناطق الواقعة فوق الأجراف القارية: فعلى سبيل المثال، أسهمت التغيّرات في كتل المياه في خليج سانت لورنس، على الأقل جزئياً، في انخفاض تركّز الأكسجين المذاب في طبقات المياه العميقة في الخليج (الفصل ٥ والفصل ٣٦ - ألف).

زاي - آثار العواصف وغيرها من الظواهر الجوية البالغة الشدة

١٨ - يؤدي ارتفاع درجات حرارة مياه البحر إلى توفير قدر أكبر من الطاقة للعواصف التي تتكون في البحر. وتتوافق الآراء العلمية على أن ذلك سوف يؤدي إلى أعاصير مدارية أقل عدداً ولكن أشدّ قوة في مختلف أنحاء العالم، مع تفاوت من منطقة

مرجع الصورة: مركز غودارد لرحلات الفضاء - ناسا

لأخرى. وهناك أدلة على أن التوسع المرصود في المناطق المدارية منذ عام ١٩٧٩ تقريباً يصاحبه انزياح واضح باتجاه القطب لخط العرض الذي تحدث فيه العواصف بأقصى مستويات الشدة. وسيؤثر ذلك بالتأكيد على مناطق ساحلية لم يسبق لها أن تعرضت للأخطار الناجمة عن الأعاصير المدارية (الفصل ٥).

حاء - انخفاض مستويات الأكسجين المذاب (نزع الأكسجين أو نقص التأكسج)

١٩ - انخفضت مستويات الأكسجين المذاب في المحيطات في المناطق المدارية خلال السنوات الخمسين الماضية، ومرد ذلك في معظمه إلى ارتفاع درجة حرارة المحيطات. وقد أدّى ذلك، على سبيل المثال، إلى توسع المناطق التي تتوفر فيها أدنى مستويات الأكسجين المذاب (مناطق الحدّ الأدنى من الأكسجين)، بما في ذلك توسع هذه المناطق غرباً وعمودياً في شرقي المحيط الهادئ. ويُرجح أن ينتج عن التغيّرات المتوقعة في درجات حرارة سطح المحيطات وانقسام مياهها إلى طبقات انخفاضٌ في نقل الأكسجين من الغلاف الجوي (قابلية الأكسجين للذوبان) وانخفاضٌ في تهوية المياه الأكثر عمقاً، الأمر الذي سيؤدي بدوره إلى انخفاض تركيز الأكسجين في الطبقة العليا للمحيطات عبر المناطق المدارية. أما في المناطق الأخرى خارج المناطق المدارية، فإن الملاحظات الحالية ليست كافية لتحديد اتجاه الأمور، لكن يُتوقع أن يؤدي ارتفاع درجة حرارة المحيطات وانقسام مياهها إلى طبقات أيضاً إلى انخفاض نسبة الأكسجين المذاب.

٢٠ - وانخفاض مستويات الأكسجين في المياه الساحلية أكثر ارتباطاً بالمدخلات من المغذيات الآتية من اليابسة وبالنتائج الناجمة عن التلوث بالمغذيات؛ وتتعزز هذه الآثار أيضاً بفعل زيادة طبقات المياه ونقصان دوران المياه نتيجةً لاحترار سطح البحر. وحين تصطدم التيارات المتدفقة من المحيطات المفتوحة بالجروف القارية الضيقة، يمكن أن تنتقل المياه الغنية بالمغذيات والمتدنية الأكسجين إلى المياه الساحلية فينتج عن ذلك مناطق ناقصة الأكسجين (مناطق ذات مستويات منخفضة من الأكسجين المذاب) أو حتى مناطق ميتة (مناطق لا يكفي الأكسجين المتوفر فيها لوجود حياة، وتدعى أيضاً مناطق خالية من الأكسجين). ويمكن مشاهدة أمثلة لهذا التأثير على السواحل الغربية للقارة الأمريكية شمال وجنوب خط الاستواء، وعلى الساحل الغربي لأفريقيا الواقعة جنوب الصحراء الكبرى، ومنطقة الساحل الغربي لشبه القارة الهندية. وقد يرفع من حدّة هذا التأثير تزايدُ تدفق بعض التيارات البحرية (الفصول ٤ إلى ٦ والفصل ٢٠).

طاء - الأشعة فوق البنفسجية وطبقة الأوزون

٢١ - تؤثر بعض غازات الدفيئة، وبخاصة مركبات الكلورو فلورو كربون، على طبقة الأوزون في طبقة الستراتوسفير (الغلاف الجوي العلوي). وتحول طبقة الأوزون الموجودة في طبقة الستراتوسفير لكوكب الأرض دون وصول معظم الأشعة فوق البنفسجية المنبعثة من الشمس في نطاق الأشعة فوق البنفسجية ذات الآثار البيولوجية (والتي يتراوح طول موجاتها بين ٢٨٠ و٣١٥ نانومتراً) إلى سطح الأرض، وبالتالي إلى سطح المحيطات. وتنطوي الأشعة فوق البنفسجية ذات الآثار البيولوجية على طائفة واسعة من الآثار الضارة المحتملة، منها كبح الإنتاج الأوّلي للعوالق النباتية، وإحداث تغيّرات في هيكل ووظيفة مجموعات العوالق، وإحداث تغييرات في دورة النيتروجين. ونتيجةً لذلك، يمثل استنفاد طبقة الأوزون في الستراتوسفير منذ سبعينات القرن العشرين مبعثاً للقلق. وقد اتُّخذت إجراءات دولية، في إطار بروتوكول مونتريال المتعلق بالمواد المستنفدة لطبقة الأوزون، لوقف استنفاد طبقة الأوزون، ويبدو أن الحالة قد استقرت، وإن كان هناك تفاوت من عام لآخر. ونظراً للتباينات في مدى أعماق المياه التي تصل إليها الأشعة فوق البنفسجية ذات الآثار البيولوجية، لم يتم التوصل بعد إلى توافق في الآراء بشأن حجم أثر استنفاد طبقة الأوزون على صافي الإنتاج الأولي ودورة المغذيات.

٢٢ - بيد أنه تم تحديد أثر محتمل للأشعة فوق البنفسجية على الجسيمات النانوية (المتناهية الصغر) من ثنائي أكسيد التيتانيوم. ويستخدم ثنائي أكسيد التيتانيوم على نطاق واسع في الطلاءات البيضاء والتشطيبات ومستحضرات التجميل والوقاية من الشمس. وينقسم إلى جسيمات نانوية (قد تصل إلى جزء من مليون جزء من المليمتر). وتتحول هذه الجسيمات النانوية لثنائي أكسيد التيتانيوم، عند تعرضها للأشعة فوق البنفسجية، إلى مبيد أحيائي وبالتالي يمكن أن تؤثر سلباً على الإنتاج الأولي من العوالق النباتية.

مرجع الصورة: أودلي هيرينيو

مرجع الصورة: ميشيل هول | هاورد هول للإنتاج

ثالثاً - الآثار البيئية والاجتماعية والاقتصادية

ألف - الآثار التراكمية

٢٣ - لا تمثل الضغوط الناجمة عن تغيّر المناخ وما يتصل به من تغيّرات في الغلاف الجوي، بما في ذلك التحمّض ونزع الأكسجين، سوى بعض الضغوط الحالية التي تتعرض لها البيئة البحرية العالمية. وسيحدد حالةَ البيئة البحرية في المستقبل التفاعلُ المعقد بين مجمل الضغوط والتغييرات الواردة في التقييم البحري المتكامل العالمي الأول، ويعني ذلك أن هذه الضغوط والتغييرات لا تقتصر على تلك الناجمة عن تغيّر المناخ وما يتصل به من تغيّرات في الغلاف الجوي فحسب، بل تشمل أيضاً تلك الناجمة عن ممارسات الصيد غير المستدامة، والتلوث جراء النقل البحري، والتعدين في قاع البحار واستخراج المواد الهيدروكربونية منه، والضوضاء البشري المنشأ وأعمال التعمير على السواحل، وكذلك الضغوط الجديدة، مثل تلك المرتبطة بتوليد الطاقة من المصادر المتجددة (الموجز، الموضوع زاي).

باء - التغيّرات في الشبكة الغذائية

٢٤ - سوف تؤثر التغيّرات في الإنتاجية الأولية الناجمة عن تغيّر المناخ حتماً على الشبكة الغذائية بجميع مكوناتها. فإن آثار التغيّرات في تشكيلة الأنواع ووفرة الأغذية لها في مستويات الشبكة الغذائية السفلية ستزيد (أو في بعض الحالات، ستحدّ)، في كل مستوى من مستويات التغذية العليا، من صعوبة بقاء الحيوانات على قيد الحياة وتربية صغارها. ويبقى مدى تأثير هذه التغيّرات في الشبكة الغذائية على الحيوانات المفترسة في أعلى الشبكة، مثل الزواحف البحرية والطيور البحرية والثدييات البحرية، مجهولاً إلى حدّ كبير. وستؤثر التغيّرات الطارئة على الموئل في الحيوانات المفترسة أيضاً: فعلى سبيل المثال، ستتأثر أنواع الطيور التي تعيش في أشجار المانغروف أو تقتات من الأعشاب البحرية من التغيّرات التي تحدث في تلك الموائل.

٢٥ - وتشير التوقعات، في إطار بعض السيناريوهات المتعلقة بتغيّر المناخ، إلى احتمال تأثر نسبة تصل إلى ٦٠ في المائة من الكتلة الأحيائية الحالية في المحيطات، إما إيجاباً أو سلباً، الأمر الذي سيسفر عن عرقلة كثير من خدمات النُظم الإيكولوجية القائمة. فعلى سبيل المثال، تتوقع دراسات النمذجة للأنواع البيولوجية التي تفضل بشدة درجات حرارة بعينها، مثل التونة الوثابة والتونة الزرقاء الزعانف، حدوث تغيّرات رئيسية في نطاقها و/أو حدوث تغيّرات في إنتاجيتها.

٢٦ - وقد تمت ملاحظة هذه الآثار في جميع المناطق. ففي شمال غرب المحيط الأطلسي على سبيل المثال، مثّلت مجموعة من التغيّرات في وفرة الحيوانات المفترسة التي تسبب فيها عدد من العوامل، منها الصيد المفرط وتغيّرات المناخ، الضغوطَ الرئيسية التي يُعتقد أنها كانت السبب في التحولات التي حدثت في تشكيلة الأنواع البيولوجية على نحو يصل إلى درجة التحول الكامل في النظام الغذائي من نظام يهيمن عليه سمك القد إلى نظام تهيمن عليه القشريات. وبالمثل، حدثت في شمال شرق المحيط الأطلسي وبحر الشمال، بين عامي ١٩٦٠ و ٢٠٠٩، تغيّرات ملحوظة في تشكيلة أنواع العوالق، التي تمثل المستوى الأدنى في الشبكة الغذائية (أي أن أنواع السوطيات الدوارة المختلفة قد تزايدت بينما نقصت وفرتها بالمقارنة مع الدياتومات). ويُعزى هذا التحول إلى الأثر المشترك الناجم عن الزيادات في درجة حرارة سطح البحر وفي قص الرياح خلال الصيف.

٢٧ - وغالباً ما تكون أنواع العوالق النباتية في المياه الحارة أصغر حجماً وأقل إنتاجية من تلك التي تعيش في المياه الباردة. وقد لوحظ، مع ارتفاع درجات حرارة المحيطات، حدوث توسّع في انتشار هذه الأنواع ووصولها إلى مناطق خطوط العرض العليا. ويؤدي استمرار توسّع هذه الكائنات إلى إحداث تغيّر في الكفاءة التي تُنقل بها الطاقة إلى الأجزاء الأخرى من الشبكة الغذائية، وهو ما يُتوقع أن ينجم عنه تغيّرات أحيائية في مناطق كبيرة في عرض المحيط، مثل المناطق الاستوائية من المحيط الهادئ. وعلاوة على ذلك، يُتوقع أن تسبب زيادةُ انقسام مياه المحيطات إلى طبقات وما يرتبط بذلك من انخفاض في نقل المغذيات من طبقات المحيطات العميقة في المنطقة الضوئية (أي تلك التي يخترقها ضوء الشمس بما فيه الكفاية للسماح بحدوث التمثيل الضوئي) تفاوتاً كبيراً في الإنتاج البيولوجي (الفصلان ٣٨ و٥٢).

جيم - العوالق

٢٨ - تقوم العوالق النباتية والبكتيريا بمعظم عملية الإنتاج الأولي التي تعتمد عليها الشبكات الغذائية البحرية. وتتسبب

حالياً الزيادة التي سبق توقعها في درجات حرارة الطبقات العليا من مياه المحيطات والناجمة عن التغيّرات المناخية، في حدوث تحولات في مجموعات العوالق النباتية. وقد يكون لذلك آثار عميقة على صافي الإنتاج الأولي ودورات العناصر الغذائية على مدى المائة سنة المقبلة. وبشكل عام، ففي الأماكن التي تكون فيها العوالق الأصغر حجماً هي التي تقوم بمعظم صافي الإنتاج الأولي، كما هو الحال عادة في مياه المحيطات المفتوحة التي تنخفض فيها مستويات المغذيات، ينخفض صافي الإنتاج الأولي وتسيطر الشبكة الغذائية الجرثومية على تدفقات الطاقة ودورات المغذيات. وباستخدام التكنولوجيا الساتلية لدراسة سجلات الكلوروفيل على مدى ٢٢ عاماً بدءًا من عام ١٩٨٠ في ١٢ حوضاً رئيسياً من أحواض المحيطات، أثبت العلماء أن الإنتاج السنوي العالمي الأولي للمحيطات انخفض بنسبة ٦ في المائة منذ عام ١٩٨٠. وفي ظل هذه الظروف، انخفضت القدرة الاستيعابية للأرصدة السمكية القابلة للصيد حالياً، ويمكن أن تنخفض كميات الكربون والنيتروجين والفوسفور العضوي الذي يذهب إلى أعماق البحار، مما يقلل من قدرتها على دعم الحياة.

٢٩ - ومن ناحية أخرى، عندما ترتفع درجة حرارة الطبقات العليا من مياه المحيطات، يكون من المتوقع أن يتوسع النطاق الجغرافي للعوالق المثبتة للنيتروجين (المتغذية على الآزوت الثنائي). ويمكن لذلك أن يعزز تثبيت النيتروجين بنسبة تتراوح بين ٣٥ و٦٥ في المائة بحلول عام ٢١٠٠. وسيؤدي هذا إلى زيادة صافي الإنتاج الأولي، وبالتالي، زيادة استيعاب الكربون، وقد تصبح بعض أنواع الكائنات ذات مستويات التغذية العليا أكثرَ إنتاجية.

٣٠ - والتوازن بين هذين التغييرين غير واضح. فالتحول نحو الإنتاج الأقل أولية أو التغيّرات في الهيكل الحجمي لمجموعات العوالق سيكون له آثار خطيرة على الأمن الغذائي البشري وعلى دعم التنوع البيولوجي البحري، وذلك من جرّاء تعطيل الشبكات الغذائية. وتوقيت التكاثر الربيعي للعوالق النباتية يتوقع أيضاً أن يتغيّر. وهذا سيؤثر أيضاً على الشبكات الغذائية البحرية لكون الكثير من الأنواع يتزامن لديها التفريخ ونمو اليرقات مع تكاثر العوالق النباتية وما يتصل بذلك من حدوث ذروة في وفرة العوالق الحيوانية (وهي حيوانات مجهرية تتغذى على العوالق النباتية والبكتيريا) (الفصل ٦).

دال - الطحالب البحرية والأعشاب البحرية

٣١ - يتأثر نمو وبقاء طحالب المياه الباردة، وبخاصة الطحالب البنية، بمستويات الحرارة والملوحة والمغذيات. وقد لوحظ أن المياه الدافئة القليلة المغذيات لها تأثير على التمثيل الضوئي، مما يسفر عن انخفاض النمو وانتشار حالات الانخفاض. فقد سبق أن أبلغ عن حالات انقراض للطحالب البنية على امتداد سواحل أوروبا وجنوب أستراليا، ومعظمها مرتبطة بآثار التغيّرات في ظروف مياه البحر. وقد لوحظت تغيّرات في توزيع الأنواع في شمال أوروبا والجنوب الأفريقي وجنوب أستراليا، مع توسع الأنواع التي تتحمل المياه الدافئة نحو القطبين. وهذه التغييرات يمكن أن تؤثر سلباً على موائل الشعاب الصخرية والأنواع التي يتم صيدها بشكل تجاري الموجودة في هذه الموائل في المناطق الساحلية. ويؤدي انخفاض غلة الطحالب البنية إلى نقص المتاح منها لغذاء الإنسان ولإمدادات المواد المستمدة من تلك الطحالب والمستخدمة في العديد من الصناعات، بما في ذلك إنتاج المستحضرات الصيدلانية والغذائية. وبالتالي ستتأثر المجتمعات والاقتصادات التي تعتمد على الطحالب البنية.

٣٢ - وتعمل مروج الأعشاب البحرية على تثبيت الرواسب وحماية المنطقة الساحلية من التآكل، مما يوفر مكاناً لنمو الحيوانات من قبيل الأسماك واللافقاريات (على سبيل المثال، القريدس) التي ترعى وتتكاثر فيها. وكان لارتفاع درجات حرارة مياه البحار أيضاً دور في حدوث داء ضموري أتى على مروج الأعشاب البحرية في الجزأين الشمالي الشرقي والشمالي الغربي من الولايات المتحدة الأمريكية (الفصلان ١٤ و٤٧).

هاء - غابات المنغروف

٣٣ - تهيمن غابات المنغروف [٢] على المنطقة المدّية للسواحل المحمية (الموحلة) للمحيطات المدارية وشبه المدارية والمعتدلة الدافئة. ويرتبط توزيع غابات المنغروف بدرجات حرارة الهواء وسطح البحر، بحيث تمتد إلى حوالي خط العرض ٣٠ درجة شمالاً وإلى ما بين ٢٨ درجة جنوباً في المحيط الأطلسي و٣٨ درجة جنوباً في المحيط الهادئ. ويحدّ من توزيعها كذلك المتغيّرات المناخية الأساسية، من قبيل نقص الأمطار وتواتر حوادث برودة الجو. وغابات المنغروف مهمة باعتبارها مناطق

[٢] تُستخدم عبارة "غابات المنغروف" للإشارة إلى كل من نوع محدد من الغطاء النباتي، والموئل الفريد (المسمى أيضاً الغابات المدّية، أو المستنقعات، أو الأراضي الرطبة أو المانغال) الذي يوجد فيه هذ الغطاء النباتي.

لتربية وتفريخ أنواع السمك، وعزل الكربون (لها قدرة كبيرة جداً على استيعاب الكربون وتخزينه)، ولتنظيم المناخ، ولتثبيت السواحل وحماية السواحل، وبوصفها مصدراً محتملاً لإنتاج المستحضرات الصيدلانية والأخشاب والحطب.

٣٤ - وغابات المنغروف قد تستفيد من وجود نطاقات محتملة أكبر مع تزايد دفء المناطق التي تقع شمال أو جنوب توزيعها الحالي (وإن كان هناك حدّ أعلى لدرجات الحرارة التي يمكنها أن تتحملها). ومع ذلك، ونظراً لأنها لا تستطيع البقاء في مياه أعمق من النطاقات القائمة، فهي عرضة للخطر من جراء ارتفاع مستوى سطح البحر، ولا سيما في المناطق التي لا يمكنها فيها توسيع نطاقها براً بسبب الدفاعات الساحلية أو تضارب استخدامات الأراضي. وهذا هو الحال بصفة خاصة في الجزر المنخفضة التضاريس القائمة على الكربونات، حيث لا يوجد سوى القليل من الإمدادات من الرواسب كي تتراكم، أو لا توجد هذه الإمدادات على الإطلاق (الفصل ٤٨).

واو - الشعاب المرجانية

٣٥ - تمثل تقريباً جميع الشعاب المرجانية في المناطق المدارية وشبه المدارية علاقة تكافل بين السلائل المرجانية، التي تشكل هياكل صلبة، والطحالب التي تقوم بعملية التمثيل الضوئي. وعندما تكون درجات حرارة المحيطات مفرطة الارتفاع، تصبح هذه الشعاب المرجانية منهكة وتطرد الطحالب التكافلية التي تعطي الشعاب المرجانية لونها وجزءًا من مغذياتها، مما يؤدي إلى الابيضاض. ويمكن أن يؤدي الابيضاض الشديد أو المديد أو المتكرر إلى موت المستعمرات المرجانية، ويؤدي الابيضاض المتكرر إلى إضعاف قدرتها على التحمل. ويمكن أن يؤدي ارتفاعٌ في درجات الحرارة لا يتجاوز الدرجة المئوية الواحدة إلى درجتين مئويتين عن الحدّ الأقصى لدرجات الحرارة الموسمية المحلية العادية إلى حدوث الابيضاض. وعلى الرغم من أن معظم الأنواع المرجانية معرّضة لخطر الابيضاض، فإن مقاومتها للحرارة تختلف من نوع إلى آخر. وتموت العديد من الشعاب المرجانية المصابة بالإنهاك الحراري والابيضاض في وقت لاحق من أمراض تصيب تلك الشعاب.

٣٦ - وكان ابيضاض المرجان ظاهرة غير معروفة نسبياً حتى بداية ثمانينات القرن العشرين، عندما وقعت سلسلة من حوادث الابيضاض الموضعية، ولا سيما في المنطقة الشرقية المدارية من المحيط الهادئ ومنطقة البحر الكاريبي الكبرى. فقد أدّى ارتفاع درجات الحرارة إلى تسارع معدّلات ابيضاض المرجان وإلى موت جماعي لشعابه خلال السنوات الـ ٢٥ الماضية. وأدّى ارتفاع درجات حرارة المحيطات في عامي ١٩٩٨ و٢٠٠٥، إلى ارتفاع معدلات موت المرجان في العديد من الشعاب المرجانية، دون أيّ علامة تذكر من علامات التعافي. وتُبين التحليلات العالمية أن هذا التهديد المتفشي قد ألحق أضراراً كبيرة بمعظم الشعاب المرجانية في جميع أنحاء العالم. وبلغ التعافي ذروته، في الحالات التي حدث فيها، في شعاب تتمتع بحماية كبيرة من الضغوط البشرية. بيد أن المقارنة بين حوادث الإنهاك الحراري الأخيرة والمتسارعة وبين معدل التعافي البطيء تشير إلى أن التدهور الناجم عن زيادة درجات الحرارة يفوق وتيرة التعافي. والآثار الضارة لابيضاض المرجان أكثر أهمية حيث تتعرض أيضاً الشعاب المرجانية للتدهور من جراء الصيد المدمر والتلوث، وزيادة التعكير (الذي يقيد من وصول أشعة الشمس إلى الشعاب المرجانية وبالتالي يؤدي إلى انخفاض إنتاجية الطحالب التكافلية)، وغير ذلك من الأنشطة البشرية، ومن جراء ارتفاع مستوى سطح البحر وتحمض المحيطات.

٣٧ - ويمكن أن تؤدي خسائر الشعاب المرجانية إلى آثار سلبية على إنتاج الأسماك وعلى مصائد الأسماك، وحماية السواحل، والسياحة البيئية، وغيرها من الاستخدامات المجتمعية للشعاب المرجانية. وتتنبأ البيانات والنماذج العلمية الحالية بأن معظم الشعاب المرجانية المدارية وشبه المدارية في العالم، ولا سيما تلك الواقعة في المياه الضحلة، ستكون قد شهدت ابيضاضاً سنوياً لغاية عام ٢٠٥٠، وستنقرض عملياً، في نهاية المطاف، ولن تبقى مصدراً من مصادر السلع والخدمات. وسيكون لذلك آثار كبيرة ليس على الدول الجزرية الصغيرة النامية وعلى صيادي الكفاف في المناطق الساحلية الكائنة على خطوط العرض المنخفضة فحسب، ولكن سيكون لها أيضاً آثار هامة محلياً في الاقتصادات الرئيسية، على سبيل المثال الحاجز المرجاني العظيم في أستراليا وجزر كيز بفلوريدا في الولايات المتحدة (الفصلان ٧ و٤٣).

٣٨ - ولم تكن مرجانيات المياه الباردة موضوع دراسة مستفيضة إلاّ مؤخراً، لأن موقعها في المياه العميقة جعل دراستها أمراً صعباً. ومع ذلك، من الواضح أن نموها يحدّ منه كل من الحرارة وتوافر أيونات الكربونات: إذ لا يُعثر عليها في مياه أدفأ من درجات الحرارة القصوى التي تتحملها الأنواع المعتمدة عليها (باستثناء بعض الأنواع في البحر الأحمر)، وهي لا تنمو في مستويات أقل من مستوى تشبع الكربونات (المستوى الذي لن تتحلل الكربونات المعدنية دونه). وقد أظهرت حالات الارتفاع في درجة الحرارة أنها تؤثر على مجموعات الكائنات الموجودة في أعماق البحار في البحر الأبيض المتوسط. وتحمّض المحيطات هو تهديد منتشر آخر للعديد من أنواع هذه الشعاب. ونظراً لأن حالة التشبع بالكربونات في مياه البحر هي أمر معتمد على الحرارة، فهي أقل بكثير في المياه الباردة، ولذلك فإن مرجانيات

المياه الباردة تقع في مستوى أقرب بكثير إلى مستوى التشبع. ومع مضي تحمّض المحيطات في الحدوث، سيصبح مستوى التشبع أكثر سطحية، مما يعرض المزيد من مرجانيات المياه الباردة إلى ظروف نقص التشبع. والشعاب المرجانية الموجودة في المياه الباردة، والروابي المرجانية والحدائق المرجانية، تدعم مجموعة من الكائنات الشديدة التنوع، ومن ذلك الكتلة الحيوية الحيوانية التي هي أضعاف تلك الموجودة في قاع البحر المحيط بها. وبالإضافة إلى هذه المجموعة المترابطة بإحكام، فإن مرجانيات المياه الباردة هي أيضاً بمثابة مناطق مهمة للتفريخ والتربية والتكاثر والتغذية للعديد من الأسماك واللافقاريات. والضرر الذي يقع عليها بالتالي سيكون له آثار أوسع مترتبة على ذلك (الفصل ٤٢).

زاي - توزع الأرصدة السمكية

٣٩ - مع ارتفاع درجات حرارة مياه البحار، فإن توزُّع الأرصدة السمكية ومصائد الأسماك التي تتوقف عليها آخذٌ في التحول. وفي حين أن النمط الأعم يكون بتحرك تلك الأرصدة صوب القطب وإلى طبقات المياه الأعمق، من أجل البقاء ضمن نطاق المياه الذي يؤمن لها درجات الحرارة الفضلى، فإن الصورة ليست واحدة، بأي حال من الأحوال، كما أن هذه التحولات لا تحدث في تناغم في ما يخص مختلف الأنواع. وتؤدي زيادة درجات حرارة المياه أيضاً إلى زيادة معدلات الاستقلاب، وفي بعض الحالات، زيادة النطاق الحيوي لبعض الأرصدة وإنتاجيتها.

٤٠ - وكما ذكر أعلاه، فإن النماذج المناخية العالمية تتوقع أن يؤدي الاحترار إلى نزع الأكسجين وانقسام أعماق المحيطات إلى طبقات. وسوف يؤثر هذا سلباً على كل من النُظم الإيكولوجية القاعية البحرية (قاع البحر) والنُظم الإيكولوجية العائمة (العمود المائي). ففي شمال المحيط الهادئ، ثبُت أن انخفاض متوسط تركيزات الأكسجين في الأعماق المتوسطة مرتبط بالانخفاض الحادث في ٢٤ نوعاً من أنواع أسماك الأعماق المتوسطة من ثماني فصائل. وإذا اتسع ذلك ليشمل نطاقاً أوسع، فإنه يمكن أن تكون له آثار سلبية خطيرة إيكولوجية وبيولوجية - جيولوجية - كيميائية.

٤١ - بيد أن التغيّرات في توزيع الأرصدة السمكية غالباً ما تكون نتيجة لأسباب معقدة. فالانخفاض في الأرصدة السمكية غالباً ما يكون مدفوعاً بالصيد المفرط، وكثيراً ما يصعب التمييز بين آثار تغيّر المناخ والإفراط في الصيد. وهذا ينطبق، مثلاً، على حالات اختفاء سمك القد من غراند بانكس قبالة كندا وحلول أنواع من القشريات محله من قبيل جراد البحر، والانخفاض في سمك القد س بحر الشمال والزيادة في سمك القد في بحر بارينتس.

٤٢ - ومصائد الأسماك الصغيرة النطاق هامة جداً كمصدر للغذاء والدخل للبشر في المناطق المدارية. وهناك عدد كبير من النساء ممن يعملن في مصائد الأسماك الصغيرة النطاق، والعديد من الشعوب الأصلية ومجتمعاتها المحلية تعتمد على هذه المصائد. ومعظم الأشخاص العاملين في مصائد الأسماك الصغيرة النطاق يعيشون في البلدان النامية، ويحصلون على دخل منخفض، وكثيراً ما يعتمدون على العمل غير الرسمي.

٤٣ - وتشكل الأسماك المرجانية جزءًا كبيراً من كميات الصيد الواردة من هذه المصائد الصغيرة، وبخاصة في منطقة المحيط الهادئ. وبالإضافة إلى الاستجابة المباشرة إلى التغيّرات في درجة حرارة البحر المذكورة أعلاه، فإن وفرة الأسماك المرجانية تتأثر باتساع الشعاب المرجانية التي تعيش فيها وبحالة هذه الشعاب. ويمكن أن تختلف الوفرة من ضعفين إلى عشرة أضعاف على مرّ الزمن، وذلك بشكل كبير بالارتباط مع فقدان موائل الشعاب المرجانية واستعادتها بعد ذلك، وذلك في أعقاب حوادث الأعاصير والابيضاض. ومن المرجح أيضاً أن تكون مصائد الأسماك الصغيرة النطاق معرضة لآثار تغيّر المناخ وزيادة عدم اليقين، وذلك بدرجة أكبر من مصائد الأسماك الكبيرة النطاق، نظراً لأن فرصتها أقل لنقلها إلى مناطق صيد جديدة.

٤٤ - ومع تحرك جهود الصيد إلى مناطق جديدة سعياً إلى الوصول إلى الأرصدة السمكية التي تغيّر مواقعها، يمكن أن تكون هناك آثار جانبية على النُظم الإيكولوجية المعنية. فعلى سبيل المثال، يمكن أن يؤدي انخفاض الغطاء الجليدي البحري في القطب الشمالي إلى أن تصبح مناطق لم يسبق الصيد فيها أماكن يتم فيها الصيد بشكل عام، والصيد بالشباك الجرافة، والصيد العرضي لأنواع لم يسبق لها أن تعرضت لهذا الضغط.

٤٥ - وتكون النتيجة تغيّرات في النُظم الإيكولوجية تحدث بمعدلات مختلفة تتراوح بين ما يقرب من الصفر وبين السرعة الكبيرة. والبحوث التي أُجريت على هذه الآثار مشتتة، ونتائجها متباينة، ولكن بما أن مناخ المحيطات مستمر في التغيّر، فإن هذه الاعتبارات تسبب قلقاً متزايداً بشأن الإنتاج الغذائي. ويؤدي تزايد عدم التيقن الذي يكتنف مصائد الأسماك إلى آثار اجتماعية واقتصادية وآثار على الأمن الغذائي، مما يؤدي إلى تعقيد الإدارة المستدامة.

حاء - إنتاجية المحاريات

٤٦ - والأنواع مثل المحاريات معرضةٌ بشكل خاص إلى انخفاض كمية أيونات الكربونات الذائبة في الماء حولها لأن هذا يعوق قدرتها على تشكيل أصداف كربونات الكالسيوم.

وفي أجزاء من شمال المحيط الهادئ، حيث يحدث تدفق المياه الموسمي المنخفض الحموضة، لوحظت بالفعل تأثيرات على تشكيل ونمو أصداف أنواع المحاريات. وهذا يتطلب اتخاذ إجراءات تكيف للحدّ من الآثار على صناعات تربية المحار. ومع استمرار انخفاض درجة حموضة المحيطات وامتصاص تشبعات أيونات الكربونات عموماً، يتوقع وقوع تغييرات أوسع نطاقاً على النُظم الإيكولوجية، مع ما يترتب على ذلك من آثار على الصناعات التي تعتمد على الأسماك الصدفية البرية. ونظراً إلى اختلاف المحيطات في جميع أنحاء العالم وعلى مرّ الزمن، فإن آثار تحمّض المحيطات لن تكون هي نفسها عبر المناطق، وسيكون هناك اختلاف كبير على النطاقات المكانية الصغيرة. وإضافة إلى ذلك، يمكن أن يسفر انقسام المياه إلى طبقات عن إذابة مستويات من الأكسجين غير كافية للمحاريات في طبقات المياه السفلى، مما يؤدي إلى تخفيض إنتاجيتها أيضاً.

٤٧ - وإضافة إلى ذلك، فإن درجة الحرارة والملوحة وغير ذلك من التغييرات في المحيط ستؤدي أيضاً إلى تغيّر توزيع المحاريات وإنتاجيتها، سلباً أو إيجاباً، في مختلف المناطق. وكما هو الحال فيما يخص صيد الأسماك، فإن مآل هذه التغييرات ليس واضحاً بالمرة ويمكن أن يؤدي إلى تخريب مصائد المحاريات القائمة وعملية تربية المحاريات (الفصل ١١).

٤٨ - ويمثل ارتفاع درجة حرارة مياه البحر، إلى جانب ارتفاع مستويات المغذيات، أحد الأسباب التي تعزى إليها زيادة الظواهر السُمّية المرتبطة بتكاثر بعض أنواع العوالق النباتية. ومن هذه الظواهر حالات تسمم المحاريات المسبب للشلل التي تصيب بني البشر عند تناولهم المحار المصاب. وينتج عن هذا التسمم ظهور أعراض بسرعة كبيرة (٣٠ دقيقة في أغلب الأحيان) قد تشمل شلل الذراعين والساقين، وفقدان التوافق الحركي، وعدم ترابط الكلام، وكثيراً ما يكون هذا التسمم قاتلاً. وقد لوحظت زيادة في وتيرة تكاثر هذه العوالق النباتية السمية خلال العقود الثلاثة الماضية، ولا سيما في المياه الساحلية في المناطق الشرقية والغربية من شمال المحيط الأطلسي (الفصل ٢٠).

طاء - تلوث المغذيات

٤٩ - يؤدي إفراط البشر في القذف بالمغذيات، ولا سيما النترات، إلى المحيط عن طريق الساحل أو الجو إلى التلوث بالمغذيات. فإنه يمكن لارتفاع مستويات المغذيات، ولا سيما مركبات النيتروجين، أن يؤدي إلى تكاثر الطحالب. وهذا يحدث عند توافر ضوء الشمس بقدر كاف لدعم التمثيل الضوئي لدى الطحالب. وفي نهاية المطاف، تُستنفَد المغذيات ويؤدي تحلل الطحالب إلى إنقاص نسبة الأكسجين في مياه البحر إذ تعمل البكتيريا على تحلل الطحالب الميتة. ويمكن لزيادة انقسام المياه إلى طبقات نتيجةً لتغيّر المناخ أن تزيد من تفاقم هذه المشاكل. وتحلُّل الطحالب يمكن أن يؤدي أيضاً إلى تكثيف التحمض في المناطق المحيطة به. وبالإضافة إلى ذلك، يمكن أن تنشأ مناطق منخفضة الأكسجين، أو حتى مناطق ميتة (عديمة الأكسجين)، عن ارتفاع مياه القاع الغنية بالمغذيات إلى السطح تحت ضغط التيارات البحرية. ويمكن لهذا الارتفاع أن يفاقم مشاكل تلوث المغذيات الساحلي أينما حدث (المرجع نفسه).

ياء - الغمر والتحاتّ الساحليان

٥٠ - يشكل ارتفاع مستوى البحر، نتيجة ارتفاع درجة حرارة المحيطات وذوبان الجليد القاري، تهديداً كبيراً على النُظم الساحلية والمناطق المنخفضة في جميع أنحاء العالم، عن طريق الغمر وتحاتّ السواحل وتلوث احتياطيات المياه العذبة والمحاصيل الغذائية. وهذه الآثار حتمية، إلى حدّ بعيد، بالنظر إلى كونها ناجمة عن ظروف قائمة بالفعل، ولكن قد تكون لها آثار مدمرة إذا لم تُتّبع الخيارات اللازمة للتخفيف من حدتها والتكيف معها. وثمة مجتمعات محلية كاملة في الجزر المنخفضة (بما في ذلك كيريباس، وملديف، وتوفالو) ليس لها ملجأ تلوذ إليه في جزرها. وكثير من المناطق الساحلية، ولا سيما بعض مناطق دلتا الأنهار المنخفضة، تتسم بكثافة سكانية مرتفعة جداً. ويُقدر أن ما يزيد على ١٥٠ مليون نسمة يعيشون على أراض لا يتجاوز ارتفاعها متراً واحداً فوق مستوى المدّ حالياً، وأن ٢٥٠ مليون نسمة يعيشون على ارتفاعات تقع في حدود خمسة أمتار من ذاك المستوى. وبسبب ارتفاع الكثافة السكانية في المدن الساحلية، فإن هذه المدن معرّضة أكثر من غيرها لمخاطر ارتفاع مستوى البحر، إلى جانب آثار تغيّر المناخ الأخرى، من قبيل التغيّرات الحادثة في أنماط العواصف. ومن المرجح أيضاً أن يؤدي ارتفاع مستوى سطح البحر إلى زيادة التحات الساحلي، عند تجاوز الدفاعات البحرية أو الالتفاف حولها، أو حيث يمكن أن تكون السواحل عُرضةً للعواصف بوتيرة أكبر (الفصول ٥ و٧ و٢٦ و٤٤).

كاف - فقدان الجليد البحري في مناطق خطوط العرض العالية والآثار المرتبطة به

٥١ - تحتوي النُظم الإيكولوجية المغطاة بالجليد والواقعة على خطوط العرض العليا على نطاق من التنوع البيولوجي له أهمية عالمية. وحجم هذه النُظم الإيكولوجية وطبيعتها يجعلانها

شديدة الأهمية للتوازن البيولوجي والكيميائي والفيزيائي القائم في المحيط الحيوي. وقد شهد التنوع البيولوجي في هذه النُظم تكيّفات ملحوظة لكي يتمكن من البقاء سواء في ظروف البرد القارس أو في الظروف المناخية الشديدة التقلُّب. والإنتاجية البيولوجية في البحار الواقعة في مناطق خطوط العرض العليا منخفضة نسبياً، وتؤدي تجمعات طحالب الجليد، التي تنفرد بها تلك المناطق، دوراً بالغ الأهمية في ديناميات النظام.

٥٢ - وتُقدَّر مساهمة طحالب الجليد بأكثر من ٥٠ في المائة من الإنتاج الأولي في المناطق القطبية الشمالية الوسطى المغطاة بالجليد الدائم. وبتقلص الغطاء الجليدي البحري، قد تنخفض هذه الإنتاجية ويزداد توافر الأنواع الحيوانية التي تعيش في المياه المفتوحة. وهذه النُظم الإيكولوجية الواقعة على خطوط العرض العليا تخضع حالياً للتغيّر بمعدل أسرع من الأماكن الأخرى على وجه الأرض. ففي المائة سنة الماضية، ارتفع متوسط درجات الحرارة في المنطقة القطبية الشمالية بضعفي متوسط المعدل العالمي تقريباً. وسيؤثر تقلُّص الجليد البحري، ولا سيما التحول إلى تضاؤل الجليد البحري المتشكّل خلال عدة سنوات، على طائفة واسعة من الأنواع في تلك المياه، ولا سيما الأنواع التي تعتمد على مناطق الجليد من أجل التكاثر والاستراحة والغذاء.

٥٣ - وفي النصف الجنوبي من الكرة الأرضية، يمثل كريل أنتاركتيكا أحد الأنواع الأساسية، لكونه الفريسة المفضلة لدى العديد من الكائنات المفترسة، بما في ذلك كثير من الأسماك والطيور البحرية والفُقَم والحيتان. ولما كان توافر الكريل أمراً وثيق الارتباط بمدى توافر الجليد البحري وطحالب الجليد التي يحتوي عليها في الشتاء السابق (كلما زاد الجليد البحري، ازداد الكريل) فإن أيّ تغيير يحدث في مقدار الجليد البحري قد يفضي إلى تغيّرات في الشبكات الغذائية في مياه القطب الجنوبي. ومع احترار المياه وتقلص مدى الجليد البحري الموسمي، من المرجح أن يقل توافر الكريل أيضاً، بينما سيزداد توافر الأنواع التي تعيش في المياه الأدفأ، مثل الهلاميات البرميلية. وعلى الرغم من أن العديد من الكائنات المفترسة يمكنها أن تنتقل من التغذّي على الكريل إلى الهلاميات البرميلية والعكس، فإن مستوى الجودة الغذائية المستمد من تلك الأخيرة أدنى بكثير من المستوى المستمد من الكريل. ومن ثم فإن تحوُّل المحيط الجنوبي من جماعات يغلب عليها الجليد البحري إلى جماعات تعيش في المياه المفتوحة من المرجح أن يكون له آثار ضارة على كثير من الأحياء البحرية التي يمثل الكريل عنصراً مهماً من فرائسها (الفصول ٣٦ زاي، و٣٦ حاء، و٤٦).

٥٤ - وعلى الرغم من أن عدد السفن التي تعبر المياه القطبية منخفض حالياً، فقد كان في تصاعد خلال العقد الماضي. فقد ترتب على انحسار الجليد القطبي نتيجة للاحترار المرتبط بتغيّر المناخ زيادة في إمكانية حركة النقل البحري بين المحيطين الأطلسي والهادئ حول شمال القارة الأمريكية والقارة الأوروبية الآسيوية خلال الصيف الشمالي. وتُبين حركة الأنواع بين المحيطين الهادئ والأطلسي حجم الأثر المحتمل. والطرق الممتدة عبر منطقة القطب الشمالي أقصر من الطرق المستخدمة حالياً وقد تكون أقل تكلفةً منها (وردت إشارة إلى إمكانية تحقيق وفورات تتراوح بين ٢٠ و٢٥ في المائة). وزيادة حركة النقل البحري تصاحبها زيادة في مخاطر التلوث البحري الناجم عن الكوارث الحادة والتلوث المزمن على حدّ سواء، وإمكانية دخول أنواع غريبة من خلال تعلُّق كائنات بهياكل السفن وتصريف مياه الصابورة. ويترتب على المعدل الشديد الانخفاض الذي يمكن به للبكتيريا تحليل النفط المسكوب في الظروف القطبية ومعدل التعافي المنخفض بصفة عامة في النُظم الإيكولوجية القطبية أن الأضرار الناجمة عن هذا التلوث من شأنها أن تكون خطيرة جداً. وعلاوة على ذلك، فإن الهياكل الأساسية للاستجابة والتنقية في أحواض المحيطات الأخرى معدومةٌ اليوم إلى حدّ بعيد في جميع أنحاء المحيط المتجمد الشمالي، مما يجعل التصدّي لظواهر التلوث أكثر صعوبة من الناحية اللوجستية. ومن شأن هذه العوامل أن تؤدي إلى تفاقم هذه المشاكل. ومع مرور الزمن، قد تؤدي أيضاً الزيادة في حركة النقل البحري التجاري عن طريق المحيط المتجمد الشمالي وما تحدثه من اضطرابات ضوضائية إلى نـزوح حيوانات، منها الثدييات البحرية، بعيداً عن موائلها الحيوية (الفصل ١٧).

لام - مخاطر الاتصالات

٥٥ - لطالما كانت الكابلات البحرية عرضة لخطر القطع بسبب الانهيالات الأرضية تحت الماء، ولا سيما على حافة الجرف القاري. ومع تغيّر توزيع الأعاصير وشدتها في مختلف المحيطات، كما هو متوقع في ظل سيناريوهات تغيّر المناخ، فإن المناطق البحرية المغمورة التي كانت مستقرة حتى الآن قد تصبح أقل استقراراً تحت تأثير العواصف. وهذا يمكن أن يؤدي إلى ارتفاع معدلات الانهيالات الأرضية تحت الماء وما يترتب على ذلك من أضرار للكابلات. ومع تزايد اعتماد التجارة العالمية على النقل الرقمي للبيانات، فإن هذا الضرر المتزايد في الكابلات البحرية، إضافة إلى الانقطاعات الناجمة عن أسباب أخرى، مثل مراسي السفن والصيد بشباك الجر القاعية، يمكن أن يؤخر أو يعطّل الاتصالات ذات الأهمية الحيوية للتجارة العالمية (الفصل ١٩).

رابعاً - خلاصة

٥٦ - ينبع أكبر خطر يهدد المحيطات من الفشل في التصدي السريع للمشاكل المتعددة الجوانب المبينة أعلاه. وقد حدث تدهور خطير في أجزاء كثيرة من المحيطات، بما في ذلك بعض المناطق الواقعة خارج نطاق الولاية الوطنية. وإن لم تُعالج هذه المشاكل، ثمة خطر كبير في أن تتضافر فتنتج دورة تدميرية تفضي إلى حالة تدهور تفقد المحيطات إثرها قدرتها على توفير العديد من الفوائد التي يستفيد منها الناس حالياً.

مرجع الصورة: إيف عينو

مريم الصورة: ماتيو فولكي

17-05753