قاعدة العلوم الفيزيائية

العلاقة بين تغير المناخ والطقس

إعداد:
أسرة التحرير

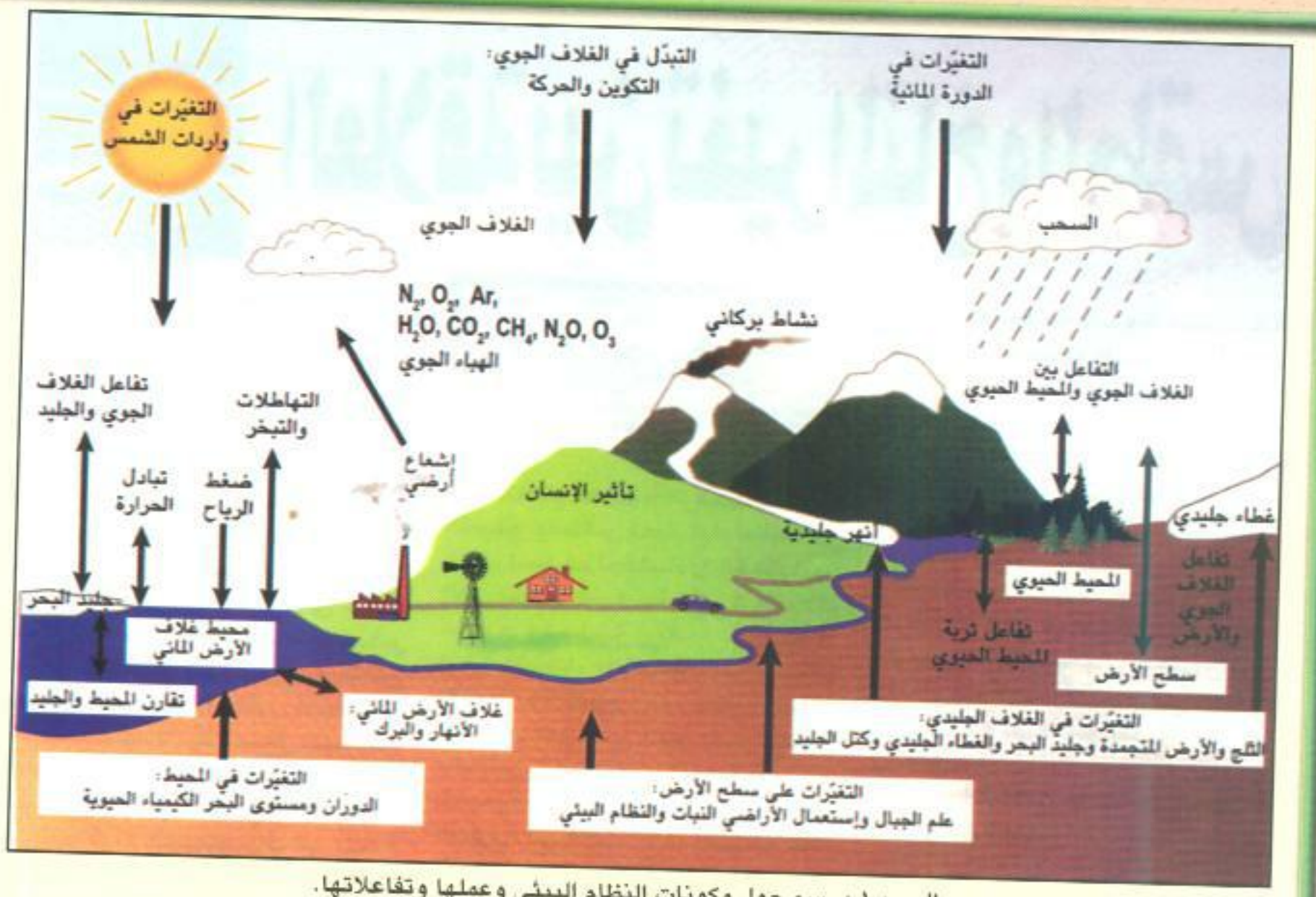
يعرف المناخ بأنه معدل الطقس، وبالتالى يتداخل المناخ والطقس. وتشير الدراسات إلى أن تغيرات قد طرأت على الطقس، وفى الواقع تحدد إحصاءات التغيرات فى الطقس مع الوقت تغير المناخ. وعلى الرغم من إرتباط المناخ والطقس إرتباطاً وثيقاً إلا أن اختلافات كبيرة تفصلهما عن بعضهما. وكثيرا ما يتم الخلط بين المناخ والطقس عندما يسأل العلماء عن إمكانية التنبئو بطقس خمسين سنة مقبلة فيتعذر عليهم التنبئو بالطقس لبضعة اسابيع مقبلة، إذ تجعل طبيعة الطقس المختلطة عملية توقعه مستحيلة على مدى أيام، ويختلف عن ذلك توقع التغيرات فى المناخ (كمعدل الطقس على المدى البعيد) الذى يتأتى من التغيرات فى تكوين الغلاف الجوى ومن عوامل أخرى، وهو ليس بأمر يصعب التحكم به، فمن المستحيل تحديد موعد وفاة أى شخص من الاشخاص، ولكن يمكن الجزم بثقة بأن معدل الوفاة فى الدول الصناعية يناهز ٧٥ عاماً. ومن الامور التى غالبا ما يخلط الناس فيها هو الاعتقاد بأن شتاء بارداً أو وجود نقطة مبردة على الكرة الارضية يدل على عدم وجود إحترار عالمى. إذ أن هناك دائما حدود للبرد وللحر على الرغم من تبدل قوتها وتواترها بسبب تغير المناخ، لكن يتبين أن الإحترار العالمى قد يبدأ عندما يكون معدل الطقس واحداً فى مختلف الأزمنة والامكنة.

يبذل علماء الارصاد الجوية جهودا جبارة بغية دراسة التطور اليومى لانظمة الطقس ومن أجل التوصل إلى إمكانية التنبئو بها.

ويستطيع علماء الرصد الجوى التنبئو بالطقس لعدة أيام مقبلة من خلال استخدام المبادئ الفيزيائية التى تحدد كيفية تحرك الغلاف الجوى وكيفية إرتفاع حرارته أو إنخفاضها، بالاضافة إلى تساقط الأمطار والثلوج وتبخر المياه. فالعامل الاساسى الذى يعيق التنبؤ بالطقس لأكثر من بضعة أيام هو خاصية دينامية يتميز بها الغلاف الجوى، فى عام ١٩٦٠، اكتشف عالم الارصاد الجوية إدوار لورنز أن تغيرات بسيطة فى الشروط الاساسية قد تؤدى إلى نتائج مختلفة جدا فى مجال توقع حال الطقس. وهذا ما يسمى بتأثير الفراشة: فمن حيث المبدأ يمكن للفراشة التى ترفرف بجناحيها (أو تؤدى ظواهر صغيرة أخرى) فى مكان محدد إن تبدل نمط الطقس المقبل فى مكان قريب. وأهم ما فى هذه النظرية هو أنها تبين قدرة التغيرات البسيطة التى يملكها بعض المتحركات، على إحداث تقلبات عشوائية ظاهرة فى الأنظمة المركبة.

غير أن النظرية العشوائية الهيولية هذه لا تؤدى إلى غياب النظام، وعلى سبيل المثال، قد يبدل تغيير بسيط فى الشروط السابقة لتاريخ الاعصار اليوم الذى يضرب فيه الاعصار أو وجهة السير التى سيسلكها، غير أن معدل الحرارة والهطول (المناخ) سيبقى على حاله. ومن المفيد أن تتم دراسة المناخ وكأنه تعاط مع شروط مسبقة للطقس لأن المشكلة الكبرى التى تقف عقبة أمام توقع الطقس هى معرفة كافة الشروط فى مرحلة بداية التوقع. ولمزيد من التحديد، يمكن النظر إلى المناخ من خلال دراسة نظام الارض بشكل عام. بما فيه الغلاف الجوى والارض والمحيطات والجليد والكائنات الحية (راجع الرسم ١) التى تشكل الشروط العامة لتحديد أنماط الطقس. وعلى سبيل المثال، تتم الاشارة إلى تاثير النينيو على المناخ فى سواحل البيرو. ويضع النينيو حدود التطور المحتمل لانماط الطقس التى يمكن أن تتأتى عن التأثيرات العشوائية. أما النينا فيضع حدودا أخرى.

ويتبلور مثل آخر عند المقارنة العادية بين الصيف والشتاء. وينتج تبدل المواسم عن التغيرات فى الانماط الجغرافية للطاقة التى يمتصها نظام الارض ويعاود عكسها. وبهذه الطريقة ترتسم توقعات المناخ المستقبلى من خلال التغيرات الاساسية فى الطاقة الحارة لنظام الارض، وعلى وجه التحديد من خلال المفعول المتزايد لآثار الدفيئة التى تحجز الحرارة قرب سطح الارض بسبب كمية ثانى أكسيد الكربون والغازات الأخرى المنبعثة منها فى الغلاف الجوى. وتختلف عملية توقع التغيرات التى يمكن أن تطرأ على المناخ من جراء غازات الدفيئة فى الخمسين سنة المقبلة عن عملية توقع أشكال الطقس لاسابيع مقبلة، كما أن الأولى هى مشكلة يمكن حلها بسهولة. وبكلام آخر، يسهل توقع التحولات البعيدة المدى الناتجة عن التغيرات فى الغلاف الجوى أكثر من



الرسم ١ : رسم حول مكونات النظام البيئى وعملها وتفاعلاتها.

التنبئو باحداث مناخية مستقلة. فلا يمكن توقع نتيجة رمى قطعة نقدية أو حجر الزهر، لكن يمكن توقع السلوك الإحصائى لعدد كبير من المحاولات وأكدت الكثير من الابحاث أن للدفيئة مفعول مؤثر فى تغير كل من المناخ والطقس حيث تقوى الشمس مناخ الارض من خلال إشعاع طاقة موجات طويلة صغيرة فى المنطقة المرئية او شبه المرئية (كالاشعاع ما فوق البنفسجى) من الطيف. يتم عكس ثلث الطاقة الشمسية التى تصل إلى سطح الغلاف الجوى للأرض تقريبا مباشرة إلى الفضاء. أما الثلثان المتبقيان فيمتصهما السطح أو الغلاف إلى حد أدنى. ومن أجل المحافظة على الطاقة الواردة التى تم إمتصاصها، ينبغى أن تعاود الارض إشعاع الكمية عينها من الطاقة إلى الفضاء. وتقوم الأرض بإشعاع الطاقة على موجات طويلة وأكبر وبشكل أساسى فى منطقة الاشعة تحت الحمراء من الطيف، لأن الأرض أكثر برودة من الشمس (راجع الرسم ٢). معظم الإشعاعات الحرارية التى يتم إصدارها من الأرض ومن المحيط يمتصها الغلاف الجوى بالاضافة إلى السحب، ومن ثم يعاد إشعاعها إلى الأرض مجدداً، وهذا ما يطلق عليه إسم الدفيئة. وتقلص الجدران الزجاجية تدفق الهواء داخل الدفيئة وترفع حرارة الهواء فى داخلها.

يقوم مفعول الدفيئة فى الارض بعمل مماثل، أى بتسخين طبقة الكرة الارضية ولكن من خلال عملية فيزيائية مختلفة. ومع غياب مفعول الدفيئة فى الطبيعة سينخفض معدل حرارة سطح الأرض إلى ما دون نقطة تجمد المياه. فيساهم مفعول الدفيئة الطبيعى فى الأرض فى جعل الحياة التى نعرفها ممكنة، غير أن النشاط الإنسانى، وبالاخص حرق الوقود الأحفورى وإزالة الغابات. قد فاقم مفعول الدفيئة كثيراً وأدى إلى الإحترار العالمى.

ولا ينتج الغازان الأكثر تواجدا فى الغلاف الجوى أى النيتروجين والاكسجين مفعول الدفيئة (ويشكل النيتروجين ٧٨٪ من الغلاف الجوى الجاف بينما يشكل الاكسجين ٢١٪ منه). وفى المقابل، يتاتى مفعول الدفيئة من الجزئيات الأكثر تعقيداً والاقل عمومية . ويشكل بخار الماء غاز الدفيئة الأهم، ويليه أهمية ثانى أكسيد الكربون. وتساهم بعض الغازات الأخرى الموجودة فى الغلاف الجوى بكميات قليلة فى احداث مفعول الدفيئة وتشمل هذه الغازات الميثان والاكسيد النترى والاوزون. ويكون مفعول الدفيئة قويا فى المناطق الاستوائية الرطبة حيث يبلغ تبخر الماء نسبا مرتفعة، فتؤثر زيادة

رسم «٢» رسم نموذجي حول مفعول الدفيئة الطبيعي. راجع النص لمزيد من المعلومات

كمية صغيرة من ثانى أكسيد الكربون ومن بخار الماء تاثيراً بسيطاً على الأشعة ما دون الحمراء التى تضرب الارض، غير أن زيادة بسيطة فى ثانى أكسيد الكربون أو بخار الماء فى المناطق القطبية الجافة والباردة تتمتع بتأثير أكبر بكثير. وكذلك هو الحال فى الغلاف الجوى العلوى الجاف والبارد حيث تؤثر زيادة بسيطة فى تبخر الماء على مفعول الدفيئة فى حين لا تؤثر هذه الزيادة كثيراً إذا ما حصلت بالقرب من الأرض.

ويتأثر تركيز غازات الدفيئة فى الغلاف الجوى بعدد من مكونات النظام المناخى خاصة بالمحيطات وبالكائنات الحية. وخير دليل على ذلك هى النباتات التى تاخذ ثانى أكسيد الكربون من الغلاف الجوى وتحوله (مع الماء) إلى كربوهيدرات من خلال التمثيل الضوئى. فى الحقبة الصناعية، زاد نشاط الإنسان غازات الدفيئة فى الغلاف الجوى بسبب حرق الوقود الاحفورى وإزالة الغابات على وجه الخصوص.

وتعزز إضافة غازات الدفيئة مثل ثانى أكسيد الكربون مفعول الدفيئة، وبالتالى تساهم فى مضاعفة الإحترار المناخى للأرض. ويرتبط مستوى الإحترار باليات التاثير التفاعلى. وعلى سبيل المثال، مثلما ينتج إرتفاع حرارة الغلاف الجوى عن أرتفاع مستويات غازات الدفيئة، يزيد تركز تبخر الماء مفعول الدفيئة. ويؤدى هذا الامر إلى مزيد من الإحترار، ما يتسبب بزيادة إضافية لتبخر الماء ضمن حلقة تعيد تعزيز نفسها بنفسها. وباستطاعة التاثير التفاعلى لبخار الماء أن يكون قوياً لدرجة يتضاعف من خلالها مفعول الدفيئة بسبب زيادة ثانى أكسيد الكربون وحده.

وتشمل آليات تاثير تفاعلى أخرى وهامة السحب. تمتاز السحب بقدرتها على إمتصاص الأشعة ما دون الحمراء، وهى بالتالى تؤدى مفعول الدفيئة بشكل كبير وبذلك تساهم فى إحترار الأرض، كما تقوى السحب على إعادة عكس الإشعاع الشمسى وبالتالى على تبريد الأرض. ويؤدى أى تغيير فى أى جانب من السحب كالشكل والموقع وكمية مياهها وعلوها وحجم الجزئيات فيها وشكلها ومدة حياتها إلى تبدل درجة تبريد الأرض وتسخينها. إذ تؤدى بعض التغيرات إلى تعزيز الإحترار فى حين تساهم أخرى فى تقليصه. يتم إجراء العديد من الدراسات فى الوقت الراهن من أجل فهم كيفية تغير الغيوم كرد على إحترار المناخ وكيفية تاثير هذه التغيرات فى المناخ من خلال عدة آليات تاثير تفاعلى.

لقد توصل العلماء إلى القول أن تصرفات الإنسان باتت عاملاً اساسياً ومسؤولاً عن الإحتباس

الحـــرارى الملحـــوظ فى السنوات الخمسين الأخيرة، إلى جانب عدة عـوامل أخرى مـازالت تؤثر بالمناخ. أما التـغيـرات المناخيـة الناتجة عن الإنسـان فـتـتـأتى من التـغيـرات الحاصلة فى كميات غازات الدفيئة فى الغـلاف الجـوى ومن الجـزئيـات الصغيرة (الهباء الجوى) ومن التغير فى إستعمال الأراضى مثلاً. ويتسبب تغيـر المناخ بتـأثر التـوقـعات حـول بعض أشكال الطقس. وعلى سـبـيل المثال، بسبب إرتفاع حـرارة الأرض، أصبحت بعض ظواهر الطقس أكثر تواتراً وأكـثـر قـوة (كـالموج الحـار والأمطارالغـزيرة) على عكس ظواهر أخرى باتت أقل تواتراً وحدة (كالبرد الشديد).

النشاط البشرى وتغير المناخ

يساهم النشاط الإنسانى فى تغير المناخ من خلال التسبب بتغيرات فى الغلاف الجوى للأرض وفى كميات غازات الدفيئة والهباء الجوى وزيادة الغـيـوم. ويشكل حـرق الوقـود الأحـفـورى أهم هذه النشاطات لأنه يرفع ثانى أكـسـيـد الكربون إلى الغلاف الجوى، وتؤثر غازات الدفيئة والهباء الجـوى فى المناخ من خـلال مـزج الإشـعـاع الشـمـسى الوارد بالاشعة ما دون الحمراء التى سيعاد عكسها، وهو الامر الذى يؤمن توازن طاقة الأرض. ويمكن أن يؤدى التغير فى غـزارة الغـلاف الجـوى أو فى مبادئ هذه الغازات والجزئيات إلى تسخـين النظام المناخى أو تبريده. ولم ينتج عن النشاط البشرى منذ بدء الثورة الصناعية فى السبعينيات من القـرن الماضى إلا تاثيـر واحـد هو الإحترار. وقد تسارع التأثير البشرى على المناخ فى هذه الحـقـبـة بسبب تغيرات فى الآليات العادية مثل:

غـــازات الدفيئـــة

ينتج عن النشاطات البشرية تسرب أربعة غازات دفيئة أساسية هى: ثانى أكسيد الكربون والميثان وأكسيد النيتروز والهلوكربون (وهو مجموعة غـازات تحـتـوى على الفلويورين والكلورين والبرومين). تتجمع هذه الغازات فى الغلاف الجوى وتتسبب بزيادة تركـيـزها مع الوقت. وقـد سجلت زيادات ملحوظة لهذه الغازات فى الحقبة الصناعية (راجع رسم ٣) وتنسب كـافـة هذه الزيادات إلى النشاطات البشرية.

● لقد إزداد ثانى أكسيد الكربون نتيجة الوقود الأحفورى المستعمل فى النقل وفى البناء فى المكيـفـات الهوائية وفى صناعة الإسمنت وسلع أخرى. وتبعث إزالة الغابات ثانى أكـسـيـد الكربون وتقلص قـدرة النباتات على إمتصاصه. كما ينبعث ثانى اكسيد الكربون من عمليات طبـيـعـيـة أخرى كـتـلاشى بعض الكائنات النباتية.

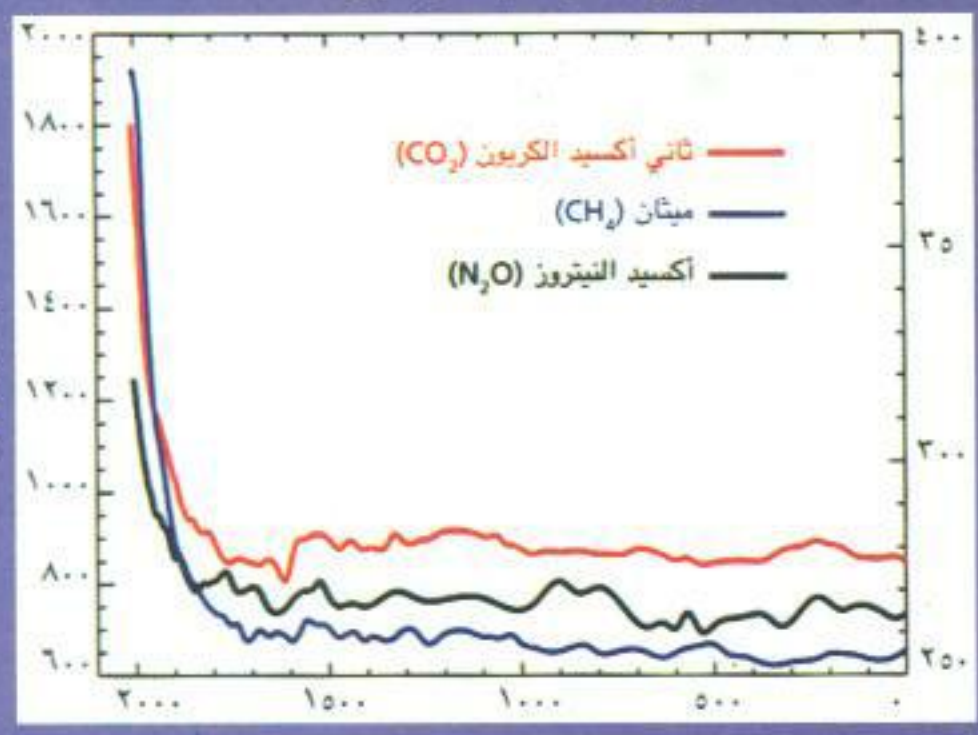
● لقد إزداد الميـثـان نتـيـجـة النشاطات البشرية المتصلة بالزراعة وتوزيع الغاز الطبيعى ودفن الأشياء فى باطن الأرض. كما ينبعث الميثان من عـمليات طبـيـعـيـة تحصل على سبيل المثال فى الأراضى الرطبة. لا تتزايد تركيزات الميثان فى الوقت الراهن فى الغلاف الجوى لأن معدلات الزيادة قـد انخـفـضت على مـدى العقدين المنصرمين.

● ينبعث أكسيد النيترس ايضا بسبب النشاطات الإنسانية مثل استعـمال الأسمدة وحرق الوقود الأحفورى، كما ينبعث من عمليات أخرى فى التربة والمحيطات.

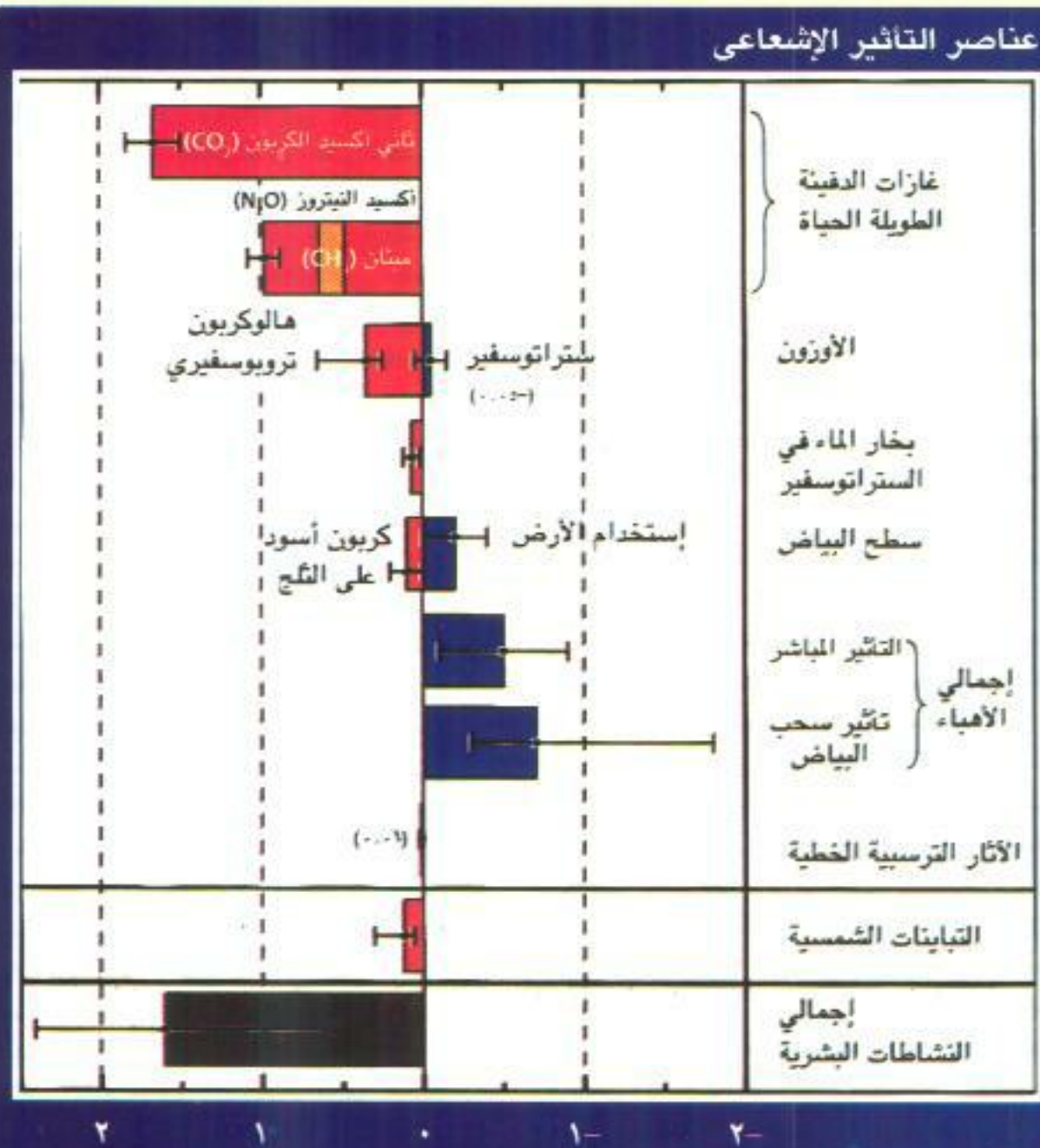
● لقد تنامت تركيزات الهلوكربون بنسبة كبيرة بسبب النشاطات الإنسانية، ونتيجة العمليات الطبيعية أيضا لكن بنسبة أقل. وتشمل الهلوكربونات الكلوروفلورو كربون (مثل CFC-١١ وCFC-١٢) الذى جرى استعمالها كثيراً كعوامل تجليد وفى العمليات الصناعية الأخرى قبل أن يكتشف العلماء أن وجودها يؤدى إلى استنزاف الجزء الأعلى من الغلاف الجوى للأوزون. وأخـذت غـزارة غـازات الكلوروفليوكربون تنخفض فى الآونة الأخيرة بفضل التعديلات الدولية من أجل حماية طبقة الأوزون.

● يشكل الأوزون أحـد غـازات

تركيزات غاز الدفيئة من ٠ إلى ٢٠٠٥



● الرسم «٣» تركيزات غاز الدفيئة من ٠ إلى ٢٠٠٥:
تركيزات غازات الدفيئة المعمرة فى الغلاف الجوى خلال الالفى سنة الماضية. إزدادت هذه الغـازات منذ العـام ١٧٥٠، وهى تنسب إلى النشـاط الإنسـانى فى الحقبة الصناعية. يعبر عن وحدة قياس التركيز بالجزء فى المليون او المليار ويدل هذا القياس على عدد جزئيات غاز الدفيئة فى المليون أو المليار جزئية، على التوالى فى عينة من الغلاف الجوى.



التأثير الاشعاعى للمناخ بين العامين ١٧٥٠ و٢٠٠٥

الرسم ٤: ملخص حول المكونات الرئيسية للتأثير الإشعاعى فى تغير المناخ. تنتج كل هذه التأثيرات الإشعاعية عن عامل أو أكثر يطال المناخ، العوامل البشرية المنشأ أو الطبيعية المنشأ (راجع النص). تشير الأرقام إلى التأثيرات الإشعاعية فى العام ٢٠٠٥ المرتبطة بارقام رصدت فى بداية الحقبة الصناعية فى العام ١٧٥٠. يؤدى النشاط البشرى إلى تغير ملحوظ فى الغازات المعمرة وفى الأوزون وتبخر الماء وسطح البياض والهباء الجوى والنزر الخطية لقد سجل الإزدياد فى التأثير الطبيعى الأكثر أهمية بين العاملين ١٧٥٠ و٢٠٠٥ بسبب الإشعاع الشمسى. أدى التأثير الإشعاعى الإيجابى إلى الإحترار فى حين أدى التأثير الإشعاعى السلبى إلى التبريد. يرمز الخط الأسود السميك المتصل بالجداول الملونة إلى هامش الشك فى كل قيمة.

الدفيئة التى يتم إنتاجها وتدميرها باستمرار نتيجة التفاعلات الكيميائية. ولقد زادت النشاطات الانسانية نسبة الأوزون فى الجزء الأعلى من الغلاف الجوى من خلال نفث بعض الغازات كمونوكسيد الكربون والهيدروكربون وأكسيد النيتروجين التى تتفاعل كيميائيا وتنتج الأوزون. ويدمر الأوزون الناتج عن النشاطات الإنسانية الأوزون فى الجزء الأعلى من الغلاف الجوى، وقد تسبب بثقب الأوزون فوق القطب الجنوبى.

● ينتج بخار الماء غاز الدفيئة الأكثر غزارة وأهمية فى الغلاف الجوى وتجدر الإشارة إلى أن النشاط البشرى لا يؤثر إلا قليلا على كمية بخار الماء فى الغلاف الجوى. ويملك البشر القدرة على التأثير على بخار الماء بطريقة غير مباشرة من خلال تغيير المناخ فعليا. وعلى سبيل المثال، يحتوى غلاف جوى أكثر حرارة على كمية أكبر من بخار الماء. كما تؤثر النشاطات البشرية على بخار الماء عبر غاز HC4 الذى تبثه، ويؤدى هذا الغاز إلى تدمير كيميائى فى الجزء الأعلى من الغلاف الجوى عبر إصدار كميات قليلة من بخار الماء.

● يشكل الهباء الجوى جزئيات صغيرة تتواجد فى الغلاف الجوى بأحجام وتركيز وتركيبات كيميائية مختلفة. بعض الهباء الجوى يتم بثه مباشرة فى الغلاف الجوى فى حين يتشكل جزء آخر من خلال التركيبات الصادرة. يشمل الهباء الجوى التركيبات الطبيعية والتركيبات الناتجة عن النشاط البشرى. لقد زاد إحتراق الوقود الأحفورى والكتلة الاحيائية من تركيبات الكبريت فى الهباء الجوى إلى جانب التركيبات العضوية والكربون الاسود. وأدت نشاطات الإنسان فى المناجم وفى العمليات الصناعية إلى تزايد الغبار فى الغلاف الجوى. ويحتوى الغلاف الجوى الطبيعى على الغبار المعدنى الناتج عن الأرض وعن ملح البحر فى الهباء الجوى وعن الانبعاثات البيوجينية من الأرض والمحيطات والكبريت، بالاضافة إلى غبار الهباء

الجوى الناتج عن الانفجارات البركانية.

ما هو التأثير الإشعاعى؟

ما هو التاثير الإشعاعى؟ غالبا ما يتم تقييم تأثير عامل قادر على تغيير المناخ، كغاز الدفيئة، من حيث تاثيره الإشعاعى الذى هو قياس يعكس كيفية تاثر توازن الطاقة فى نظام الأرض - الغلاف الجوى عند تغير العوامل المؤثرة بالمناخ. وتستعمل مفردة «إشعاعى» لأن تلك العوامل تغير التوازن بين الإشعاع الشمسى الوارد والإشعاع ما دون الأحمرالخارج فى الغلاف الجوى. ويسيطر هذا التوازن على حرارة سطح الأرض. أما مفردة «تاثير» فتشير إلى إبتعاد توازن الأرض الإشعاعى عن حالته الطبيعية.

ويتم تحديد كمية التأثير الإشعاعى عادة على اعتبار انه نسبة تغير الطاقة للوحدة المكانية الواحدة على الكرة الأرضية تقاس فى أعلى الغلاف الجوى بالواط للمتر المربع الواحد (راجع الرسم ٤). عندما يتم تقييم التأثير الإشعاعى الناتج عن عامل واحد أو عدة عوامل على أنه تاثير إيجابى، تزيد طاقة نظام الأرض - الغلاف الجوى فى النهاية، الأمر الذى سيؤدى إلى إحترار النظام. والعكس صحيح، فبوجود تاثير إشعاعى سلبى، تنخفض الطاقة فى النهاية، ما يؤدي إلى تبريد النظام. أما التحديات الهامة التى سيواجهها علماء المناخ فتمكن فى تحديد كافة العوامل المؤثرة بالمناخ والآليات التى تولد عبرها تاثيراً، وذلك بغية تحديد كمية التاثير الإشعاعى لكل من العوامل ومن أجل تقييم إجمالى التاثير الإشعاعى الناتج عن مجموعة العوامل.

عوامل التأثير الإشعاعى التى تتضرر بسبب نشاط الإنسان

لقد تم توضيح المساهمات فى التأثير الإشعاعى من جراء بعض العوامل المتاثرة بنشاط الإنسان فى الرسم ٤. وتعكس النتائج مجمل التأثيرات المتعلقة بالحقبة الصناعية (منذ العام ١٧٥٠). لقد إزدادت تاثيرات كافة غازات الدفيئة. إن الغازات الناتجة عن الإنسان إيجابية إذ يمتص كل غاز منها الإشعاع ما دون الأحمر الصادر إلى الغلاف الجوى. وقد أدت زيادة ثانى أكسيد الكربون، من بين غازات الدفيئة كلها، إلى إحداث أكبر تاثير إبان هذه المرحلة. وقد ساهم أوزون الطبقة السفلى من الغلاف الجوى بالإحترار فى حين أدى انخفاض أوزون الجزء الأعلى من الغلاف الجوى إلى التبريد.

تؤثر سلائف الهباء الجوى فى التأثير الإشعاعى من خلال عكس الإشعاعات ما دون الحمراء والشمسية فى الغلاف الجوى ومن خلال إمتصاصه. تنتج بعض الأهباء الجوية تاثيراً إيجابياً فى حين تتسبب أخرى بتاثير سلبى. أما التأثير الإشعاعى المباشر الحاصل فى كافة أشكال الهباء الجوى فهو سلبى. ويتسبب الهباء الجوى بطريقة غير مباشرة بتاثير إشعاعى سلبى من خلال التغيرات التى يحدثها فى خصائص السحب.

لقد بدلت نشاطات الإنسان طبيعة سطح الأرض منذ الحقبة الصناعية من جراء التغيرات فى النباتات والمراعى والغابات والأراضى الزراعية بشكل رئيسى. كما عدلت النشاطات البشرية الخصائص الإشعاعية للثلج والجليد.

وفى المحصلة يبدو أن إنعكاس الإشعاعات الشمسية يجرى بنسب أكبر على سطح الأرض نتيجة النشاطات البشرية. ويؤدى هذا التغيير إلى تأثير سلبى.

وتحدث السفن الهوائية تركيز نزر خطية فى المناطق التى تتمنع بحرارة منخفضة وبرطربة مرتفعة. وتعرف الآثار الترسبية بانها نوع من السحب العالية التى تعكس الإشعاع وتمتص الإشعاع الشمسى وتمتص الإشعاع ما دون الأحمر. لقد ضاعفت هذه السحب الخطية الناتجة عن عمليات السفن الكونية من نسبة الغيوم كما يتوقع أن تنتج تاثيراً إشعاعياً إيجابياً بسيطاً.

التأثير الإشعاعى الناتج عن التغيرات الطبيعية

تحدث التأثيرات الطبيعية من جراء التغيرات الشمسية والانفجارات البركانية. لقد تكاثرت المخرجات الشمسية تدريجياً إبان الثورة الصناعية. محدثة تاثيراً إشعاعياً بسيطاً (راجع الرسم ٤). وذلك إلى جانب التغيرات الدورية فى الإشعاع الشمسى التى تتبع دورة ١١ عاماً. ترفع الطاقة الشمسية درجة حرارة النظام المناخى مباشرة كما يمكنها أن تؤثر على غزارة بعض غازات الدفيئة فى الغلاف الجوى، مثل الأوزون الستراتوسفيرى. تستطيع الانفجارات البركانية أن تنتج تاثيرات سلبية قصيرة العمر (من سنتين إلى ٣ سنوات) عبر الزيادات المؤقتة لكبريت الهباء الجوى فى الستراتوسفير. فى الوقت الراهن، يخلو الستراتوسفير من الهباء الجوى البركانى حيث حصل آخر انفجار بركانى فى العام ١٩٩١ (جبل بيناتوبو).

إن التأثير الإشعاعى المتوقع حصوله فى الوقت الحاضر وفى بداية الحقبة الصناعية بسبب تغيرات الإشعاع الشمسى والبراكين هو أقل بكثير من تغير التأثير الإشعاعى المتوقع حصوله بسبب النشاطات البشرية. وفى المحصلة، يمكن القول إن التأثير الإشعاعى فى الغلاف الجوى الناتج عن النشاط البشرى أكثر فاعلية على المناخ الحالى والمستقبلى من التأثير الإشعاعى المتوقع حدوثه من جراء التغير فى عمليات طبيعية.

بناء على ما سبق يمكن الاجابة عن بعض التساؤلات وهى:
أولا: كيف تتغير درجات الحرارة على الأرض؟
ثانيا: كيف يتغير الهطول؟
ثالثا: هل حصل تغير فى الظواهر الجوية الشديدة مثل الأمواج الدافئة والجفاف والفيضانات والاعاصير؟
رابعا: هل تشهد كمية الثلج والجليد تراجعا؟
خامسا: هل يرتفع مستوى سطح البحر؟

البقية العدد القادم