من أسباب التغيرات المناخية

المكونات المتغيرة للغلاف الجوى

إعداد:
أحمد عطية الجعفرى
مدير إدارة البيانات المناخية

تحليل البيانات البديلة هى احد طرق التعرف على المناخ فى العصور القديمة ، واحد طرق تحليل البيانات البديلة هو تحليل فقاعات غاز ثانى أكسيد الكربون المحبوسة فى طبقات الجليد وهذا ما قام به فريق بحثى من جامعة بيرن بسويسرا حيث توصلوا من خلال قطعة من الجليد تحتوى على طبقات جليدية وصل عمر بعضها نحو أربعين ألف سنة إلى أن الهواء المحبوس فى فقاعات الجليد منذ نحو عشرين ألف سنة عندما كان أخر العصور الجليدية (العصر الجليدى يستمر نحو مائة ألف سنة) فى ابرد مراحله يحتوى على غاز ثانى أكسيد الكربون كميته تتراوح بين ١٨٠ و ٢٤٠ جزء فى المليون مقارنة ب ٢٨٠ جزء فى المليون فى أوائل القرن التاسع عشر قبل التوسع فى حرق الوقود الحفرى و ٣٦٨ جزءا فى المليون فى عام ٢٠٠٠ وتوصلوا أيضاً إلى أن التغيرات فى تركيز ثانى أكسيد الكربون تسبق التغيرات فى الغطاء الجليدى وهذه التغيرات تسبب تغيراً فى قوة ظاهرة الاحتباس الحرارى التى تعتبر من العناصر الفعالة فى التغيرات المناخية.

الاحتباس الحرارى (الصوبة الزجاجية):-

- الاحتباس الحرارى: هو ظاهرة ارتفاع درجة الحرارة عن معدلها فى بيئة ما نتيجة تغيير فى انطلاق الطاقة الحرارية واختلاف العلماء فى كون هذه الظاهرة هل هى ظاهرة طبيعية إما إنها راجعة إلى التلوث البيئى وبعض العلماء يقول إنها ظاهرة طبيعية حيث أن مناخ الأرض يشهد طبيعيا فترات ساخنة وفترات باردة مستشهدين بذلك عن طريق فترة جليدية أو باردة نوعا ما بين القرنين ١٧ و ١٨ فى أوروبا.ولكن الأغلبية العظمى من العلماء والتى لا تنفى أن الظاهرة طبيعية أصلا متفقة على أن انبعاث الغازات الملوثة مثل ثانى أكسيد الكربون والميثان ومركبات الكلورفلوركربون والغبار البركانى يقوى هذه الظاهرة فى حين يرجع بعض العلماء ظاهرة الاحتباس الحرارى إلى التلوث وحده فقط حيث يقولون بأن هذه الظاهرة شبيهة إلى حد بعيد بالدفيئات الزجاجية و أن هذه الغازات تقوى أو تقلل مفعول التدفئة لأشعة الشمس . ففى الدفيئة الزجاجية تدخل أشعة الشمس (قصيرة الموجة) حاملة حرارتها إلى داخل الدفيئة ولا تسمح بنفاذ الأشعة المنبعثة (طويلة الموجة) مما يؤدى إلى ارتفاع درجة الحرارة داخل الدفيئة. كذلك يتسبب ارتفاع تركيز هذه الغازات فى ارتفاع درجة حرارة الأرض .

- مجموعة غازات الاحتباس الحرارى هى ثانى أكسيد الكربون ، الميثان ، أكسيد النيتروز ، مركبات الكلوروفلوركربون وهى تمثل نسبة صغيرة جداً من مكونات الغلاف الجوى أقل من ٠,٠٠١٪ من حيث الحجم ولكنها تلعب دوراً خطيراً فى التغيرات المناخية كما فى شكل (١).

أولاً غاز ثانى أكسيد الكربون :-

يعتبر ثانى أكسيد الكربون من الغازات متغيرة التركيز فى الغلاف الجوى للأرض وازدياد نسبته يؤدى إلى ارتفاع متوسط درجة حرارة الأرض حتماً. وقد بدأ قياس نسبته منذ عام ١٩٥٨م ، أما ما قبل ذلك فيمكن الاعتماد على دراسة طبقات الجليد . ويصل مستوى تركيز ثانى أكسيد الكربون حالياً إلى ٣٨٢ جزء من مليون من الحجم الكلى ، وهى نسبة تزيد ٣١٪ عن قيمته قبل العصر الصناعى.

١- ثانى أكسيد الكربون فى العصر القديم فى العصور القديمة :-

- فى عام ١٩٨٠ قام فريق بحثى روسى وفرنسى فى محطة فوستوك شرق القارة القطبية الجنوبية التابعة للإتحاد السوفيتى سابقاً باخذ عينة من الغطاء الجليدى عمقها ٢,٢ كم ، تكونت هذه العينة نتيجة تساقط الثلج منذ أكثر من مائة وستين ألف عام فى العصر الجليدى قبل السابق٠بعض نتائج تحليل بيانات هذه العينة توصلت إلى أن ارتفاع تركيز غاز ثانى أكسيد الكربون داخل فقاعات الهواء المحبوسة بالجليد الذى تراوح بين ١٩٠ إلى ٢٨٠ جزء فى المليون قد ساهم فى ارتفاع متوسط درجة حرارة الهواء فى الفترة الدافئة بين أخر

عصرين جليدين عن المعدل الحالى بمقدار درجتين مئويتين والذى أدى بدوره إلى تراجع الغطاء الجليدى وبالتالى أدى إلى ارتفاع مستوى منسوب مياه المحيطات إلى ١٣٠م فوق المستوى الحالى.

- يرجع تزايد تركيز ثانى أكسيد الكربون فى العصور القديمة قبل ظهور الإنسان على الأرض إلى نشاط نبات البلانكتون وهو نبات بحرى ولكن هذه الزيادة لم تتعد ٣٠٠ جزء فى المليون وقد ساهمت تلك الزيادة فى ارتفاع درجة حرارة الغلاف الجوى للأرض.

- شكل رقم (٢) يمثل الارتباط بين تركيز ثانى أكسيد الكربون ودرجة الحرارة فى الغلاف الجوى على مدى ٤٢٥٠٠٠ عام ،حيث يمثل الخط الأحمر الارتفاع فى متوسط درجات الحرارة مقارنة بمعدل الفترة من ١٩٦١-١٩٩٠، ويمثل الخط الأزرق الانخفاض فى متوسط درجات الحرارة مقارنة بنفس المعدل ويبين الخط الأخضر تركيز ثانى أكسيد الكربون فى الغلاف الجوى. يوضح هذا الرسم البيانى أربع عصور جليدية ويفصل بينها فترات قصيرة من الدفء (بين جليدية) مثل تلك التى نعيشها الآن.بلغ أعلى متوسط

شكل (١)

لتركيز ثانى أكسيد الكربون فى العصور القديمة حوالى ٣٠٠ جزء من المليون وذلك منذ ٣٣٥٠٠٠ سنة.

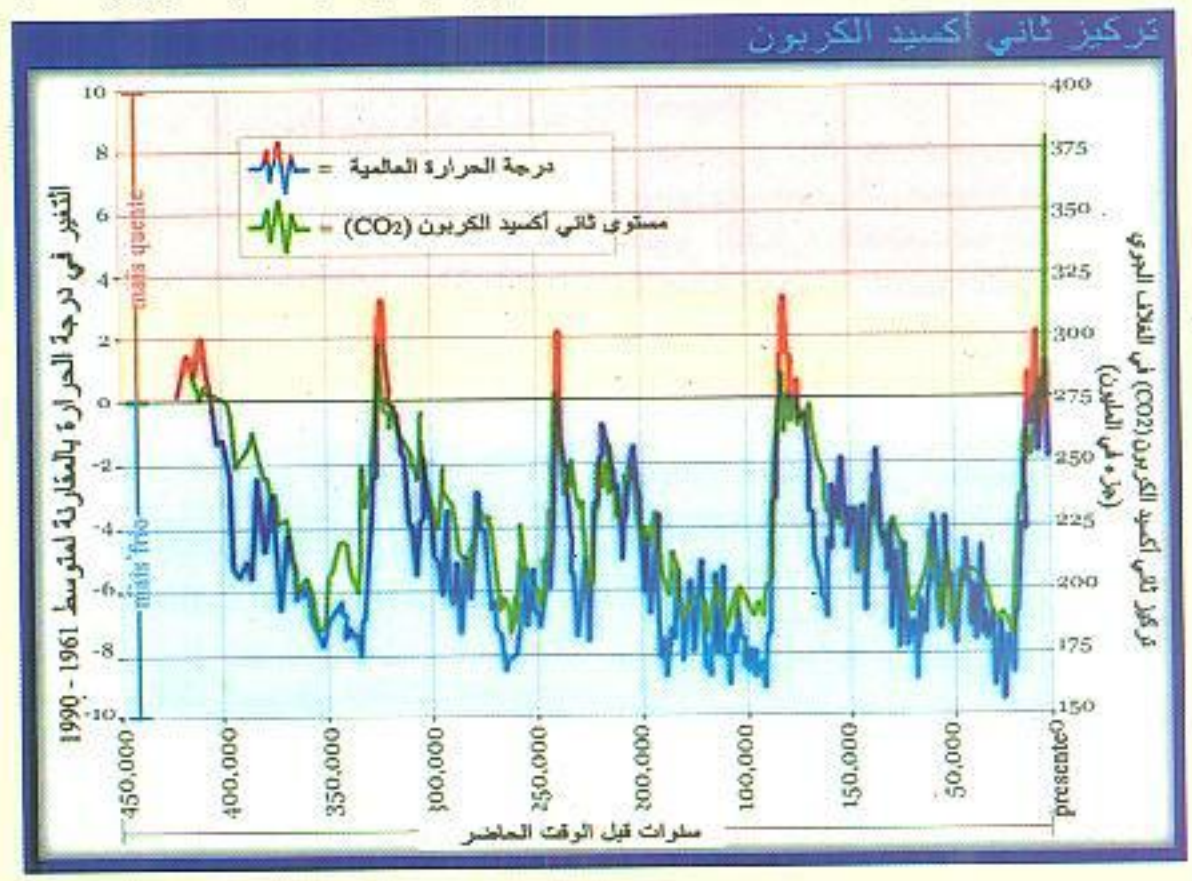
- وتفاوتت تركيزات ثانى أكسيد الكربون والميثان تفاوتا كبيرا خلال الدورات الجليدية وفيما بين الدورات الجليدية على مدى الأربعمائة والعشرين ألف سنة الماضية، ولكن حتى أكبر هذه التركيزات تقل كثيرا عن تركيزاتها الحالية فى الغلاف الجوى .

٢- ثانى أكسيد الكربون فى العصر الحديث :

- فى الفترة من ١٧٥٠ إلى ١٩٠٠ تراوح المتوسط السنوى عالمياً لتركيز ثانى أكسيد الكربون بين ٢٨٠ الى ٢٩٥ جزء فى المليون ويرجع السبب إلى زيادة حرق الغابات فى تلك الفترة.

- فى القرن العشرين : زادت نسبة تركيز غاز ثانى أكسيد الكربون كما فى شكل رقم (٣) خلال الفترة من ١٩٠٠م إلى ١٩٤٠م بقيمة ٩ ٪ عن المعدل مصحوب بارتفاع فى متوسط درجة حرارة الأرض بمقدار ٠,٦ س لكل عشر سنوات خلال الفترة المذكورة.

- وفى عام ١٩٦٠م بلغ المتوسط السنوى عالمياً لتركيز ثانى أكسيد الكربون ٣١٨



شكل (٢)

جزء فى المليون - وفى عام ١٩٧٠م بلغ المتوسط ٣٢٢ جزء فى المليون وفى عام ١٩٨٠م بلغ المتوسط ٣٣٩ جزء فى المليون وفى عام ١٩٩٠م بلغ ذلك المتوسط ٣٥٨ جزء فى المليون.وفى عام ١٩٩٨ بلغ المتوسط ٣٦٥ جزء فى المليون ، وفى عام ١٩٩٩بلغ ٣٦٧ جزء فى المليون ، وفى عام ٢٠٠٠ بلغ ٣٦٨ جزء فى المليون وفى عام ٢٠٠٦ بلغ ٣٨٢ جزء فى المليون.

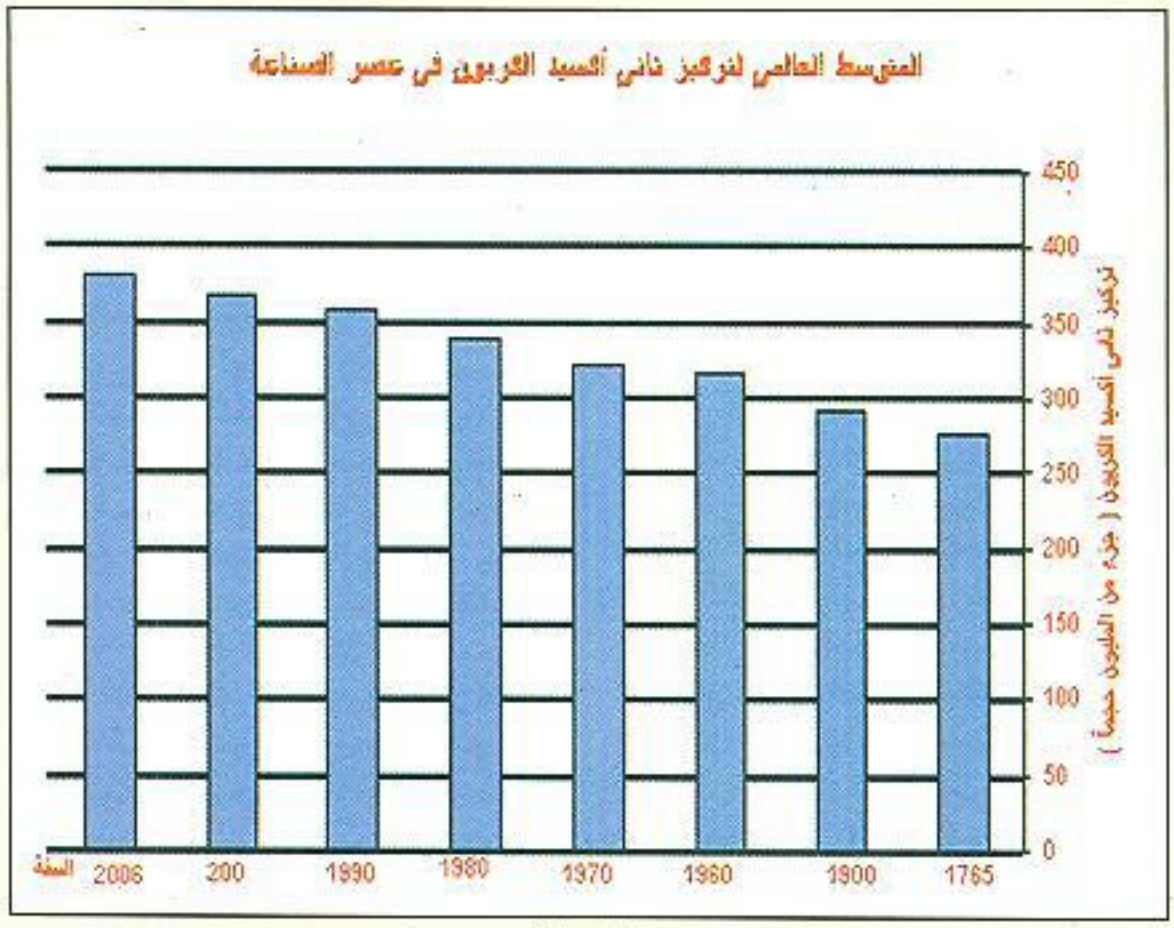
تأثير تركيز ثانى أكسيد الكربون على تغير المناخ :-

- تزايد تركيز غاز ثانى أكسيد الكربون يؤدى إلى زيادة امتصاص الاشعة تحت الحمراء الحرارية فى الغلاف الجوى وذلك يؤدى إلى ارتفاع درجة حرارة الهواء وتناقص وتراجع فى مساحة الغطاء الجليدى فى المناطق القطبيةوارتفاع مستوى سطح الماء فى البحار والمحيطات الذى يؤدى إلى اختفاء بعض الجزر الصغيرة ويؤثر على سواحل بعض الدول وقد حدث ذلك بالفعل فى العصور القديمة قبل ظهور الإنسان على الأرض.

-الزيادة المرصودة فى تركيز ثانى أكسيد الكربون فى الغلاف الجوى بنسبة ٣١٪منذ بداية الثورة الصناعية عام ١٧٥٠م ترجع فى غالبها إلى تاكسد الكربون العضوى بواسطة احتراق الوقود الأحفورى وإزالة وحرق الغابات .

- وقد تزايد المتوسط العالمى لدرجة الحرارة السطحية فى المدة من ١٨٦٠ إلى عام ٢٠٠٠، وهى فترة التسجيل باستخدام الاجهزة . وبلغت هذه الزيادة خلال القرن العشرين٠,٦ درجة مئوية.

- وتبين القياسات المباشرة لثانى أكسيد الكربون فى الغلاف الجوى التى أجريت خلال الاربعين سنة الأخيرة من القرن العشرين أن الانبعاثات بين عام وآخر فى متوسط الزيادة فى ثانى أكسيد الكربون فى الغلاف الجوى كبيرة. ففى التسعينات، تباينت المتوسطات السنوية لزيادة ثانى أكسيد الكربون فى الغلاف الجوى من٠,٩ إلى ٢,٨



شكل (٣)

جزء فى المليون سنويا ، ويمكن إرجاع هذه التغييرات إحصائيا إلى التقلبية المناخية قصيرة الأجل التى تغير المعدل الذى يمتص به ثانى أكسيد الكربون فى الغلاف الجوى وإطلاقه فى المحيطات واليابسة. وكانت أعلى متوسطات الزيادة فى ثانى أكسيد الكربون فى الغلاف الجوى عادة خلال سنوات ظاهرة النينيو القوية.

- وقد أنذرت الهيئة الحكومية للتغيرات المناخية لضرورة خفض نسبة ثانى أكسيد الكربون فى الغلاف الجوى الذى وصلت نسبته إلى مرة ونصف من المستوى الذى كان عليه فى الجو قبل الثورة الصناعية. إلا أن بعض مؤسسات الطاقة العالمية تتوقع بان تركيز هذا الغاز فى الغلاف الجوى سوف يتزايد بحجم ٧٠ ٪ بقدوم عام ٢٠٣٠ نتيجة لازدياد الكميات البترولية والفحمية والغازية المحروقة نظرا لازدياد الحاجة العالمية للطاقة مع تزايد العدد السكانى فى العالم.

ثانياً غاز الأوزون :-

- الأوزون غاز يتكون الجزىء منه من ثلاثة ذرات من الاكسجين وهو غاز سام . ويوجد الأوزون طبيعياً فى طبقتى الاستراتوسفير بنسبة ٩٠٪ والتروبوسفير بنسبة ١٠٪كما فى شكل (٤) .

-فى طبقة الاستراتوسفير يتكون الأوزون من التفاعلات الطبيعية بين ذرات الاكسجين التى تنتج من انشطار جزئيات الأكسجين بفعل أحدى الأطوال الموجية للاشعه فوق البنفسجية . وفى نفس الوقت تتفكك جزيئات الأوزون إلى ذرات من الأكسجين بامتصاص طول موجى آخر للاشعه فوق البنفسجية . وهذه التفاعلات مستمرة حتى الوصول لحالة توازن ، أى أن الأوزون يتكون و يتفتت بفعل الاشعه فوق البنفسجية بصوره طبيعيه متوازنة تحافظ على تركيزه فى طبقات الجو العليا على ارتفاع بين ٢٠ و ٥٥ كم فيما يعرف بطبقة الأوزون وإن كان يتركز بشكل كبير بين إرتفاعى ٢٠ و ٣٠ كم . ويتكون الأوزون فوق المناطق الاستوائية حيث يوجد أقل تركيز للأوزون ثم ينتشر شمالاً وجنوباً فى اتجاه مناطق العروض الوسطى حيث يوجد أكبر تركيز للأوزون.

-فى طبقة الجو القريبة من سطح الأرض (التروبوسفير) يتكون الأوزون نتيجة التفاعلات الكيميائية

الضوئية بين الملوثات المنبعثة من وسائل النقل خاصة بين اكاسيد النيتروجين والهيدروكربونات ، وفى هذه الحالة يعتبر الأوزون من الملوثات الخطرة على صحة الإنسان والأحياء الأخرى خاصة النباتات إذا زادت نسبة تركيزه.

الاوزون فى العصر الحديث :

- تم اكتشاف غاز الأوزون عام ١٨٣٩م بواسطة العالم س٠ف٠ شوبناين أثناء قيامه بإجراء تجارب على التفريغ الكهربى، وتم إكتشافه ضمن المكونات الطبيعية للغلاف الجوى عام ١٨٥٠م ، وفى عام ١٩٢٠ تم أول قياس كمى لكمية الأوزون فى عمود الغلاف الجوى بواسطة العالم ج٠م٠ب٠ دوبسون بجامعة أكسفورد بواسطة جهاز (دوبسون اوزون سبكتروفوتومتر) وفى عام ١٩٥٥م اهتمت المنظمة العالمية للارصاد الجوية بقياسات الأوزون حيث أنشئت شبكة لمحطات الأوزون على المستوى العالمى.

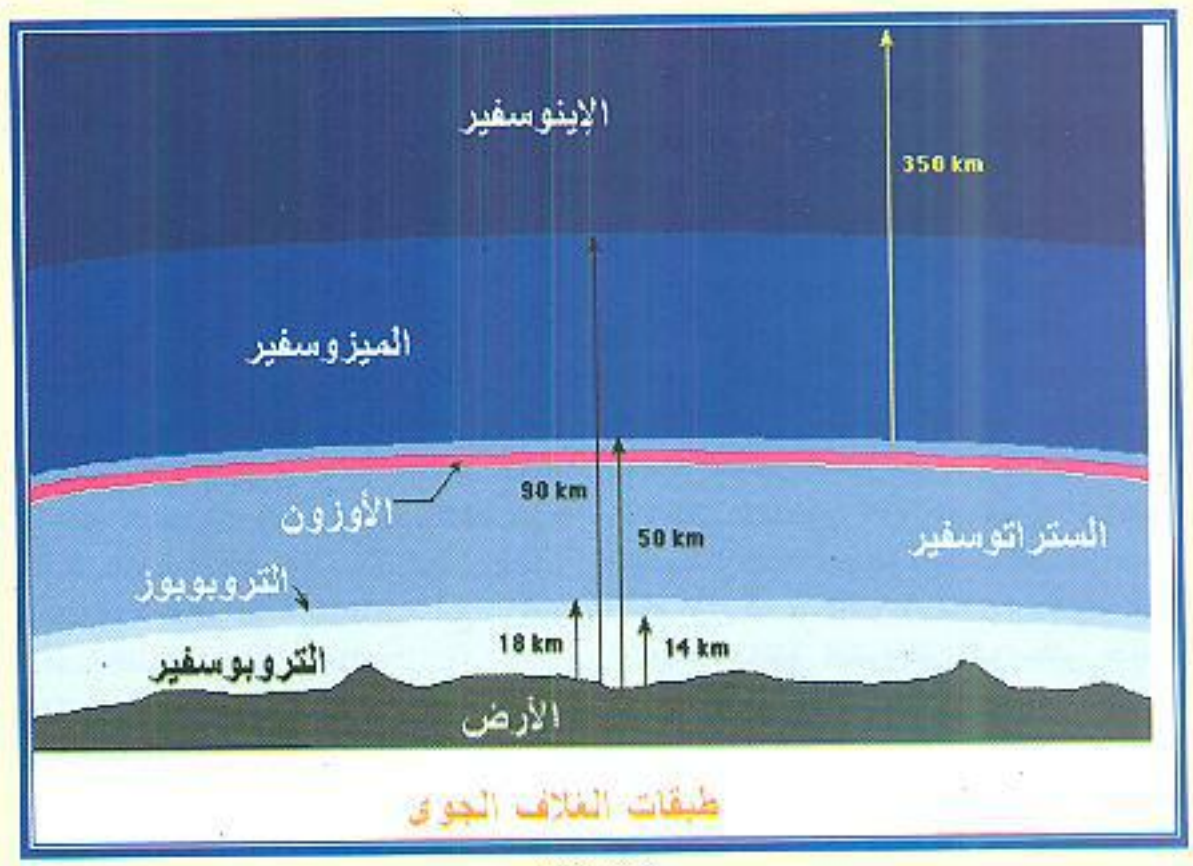
- وتحدث التغييرات الملحوظة فى متوسط عمود الأوزون الكلى بالدرجة الأولى فى مناطق خطوط العرض الوسطى وفى المناطق القطبية ، ولم تلاحظ اتجاهات لها شأنها فى عمود الاوزون الكلى فى المناطق المدارية (خط عرض ٢٥ درجة شمالاً - ٢٥ درجة جنوباً) .

- وهناك اختلافات فى سلوك الأوزون بين نصفى الكرة الأرضية ، وعلى وجه الخصوص فإن متوسط عمود الأوزون الكلى على مدار الفترة من ١٩٩٧-٢٠٠١ كانت أقل بنسبة ٣٪ و٦٪ من قيم ما قبل عام ١٩٨٠ فى مناطق خطوط العروض الوسطى فى نصف الكرة الشمالى (خط عرض ٣٥ درجة شمالاً - ٦٠ درجة شمالا) ومناطق خطوط العروض الوسطى فى نصف الكرة الجنوبى (خط عرض ٣٥ درجة جنوبا-٦٠ درجة جنوبا) على التوالى. وموسمية التغييرات فى عمود الأوزون الكلى ١٩٩٧-٢٠٠١ بالنسبة إلى ما قبل عام ١٩٨٠) مختلفة فى نصف الكرة الشمالى ونصف الكرة الجنوبى. ففوق مناطق خطوط العروض الوسطى فى نصف الكرة الشمالى، يلاحظ أكبر التناقص فى الأوزون خلال الشتاء-الربيع (٤٪) ، مع كون التناقص فى الصيف-الخريف أكبر بمقدار نصف ذلك تقريبا. وفوق مناطق خطوط العروض الوسطى فى نصف الكرة الجنوبى، يبدى التناقص الطويل الأجل فى الأوزون نفس الحجم (٦٪) خلال جميع الفصول .

- وهناك نظريات مختلفة لتفسير تكوين ثقب الأوزون ، بعضها يؤكد أنها ظاهره جيوفيزيقية طبيعية بالدرجة الأولى (لان الثقب يتكون فى فصل الربيع ويتلاشى فى الصيف) أى إنه يحدث إعادة توزيع فكتل الهواء القادمة من خطوط العروض المرتفعة جنوبا تكون فقيرة فى تركيز الأوزون فعندما تصل إلى طبقة الاستراتوسفيرفوق القطب الجنوبى أثناء فصل الربيع الجنوبى تحرك طبقة الأوزون وتحل محلها وهذه النظرية الديناميكية تربط بين تغيرات تركيز الأوزون والتغير فى حركة الهواء ، والبعض الأخر يؤكد أنها نتيجة للتفاعل مع المركبات الكيميائية المحتوية على الكلور والبروم ، وان التفاعلات تحدث فى الشتاء بسبب البرودة الشديدة ومع حلول فصل الربيع يتضح نقص الأوزون (يظهر ثقب الأوزون) . فى نهاية عام ١٩٨٦ كانت العلاقة بين تكون السحب القطبية والتفاعلات الكيميائية على سطح جزيئات السحب وتحطيم الأوزون هى الفكرة الأكثر قبولاً حول تحليل تكون ثقب الاوزون فوق القطب الجنوبى.

- وقد حدث تغيرات على طبقة الأوزون خلال العصر الحديث أهمها ثقب الأوزون فوق القطب الجنوبى ففى القرن العشرين بلغ أعلى متوسط سنوى لمساحة ثقب الأوزون لمنطقة القطب الجنوبى ١٦,٤ مليون كم مربع فى عامى ١٩٩٨ و١٩٩٩، وخلال السنوات الماضية من القرن الحالى بلغ أعلى متوسط سنوى لمساحة ثقب الأوزون لمنطقة القطب الجنوبى ١٨ مليون كم مربع فى عام ٢٠٠٦ كما فى شكل رقم (٥) ، وخلال العقد الأخير من القرن العشرين زاد متوسط مساحة ثقب الأوزون فى فصل الربيع، ولكن بسرعة أكبر كما كان يحدث فى الثمانينيات.

- أما القطب الشمالى وفى بعض فصول الشتاء الباردة خلال العقد الأخير من القرن العشرين، وصل الحد الأقصى للفقد الإجمالى لعمود الأوزون الناجمة عن المواد الهالوجينية إلى ٣٠٪ . وخسارة أوزون القطب الشمالى فى



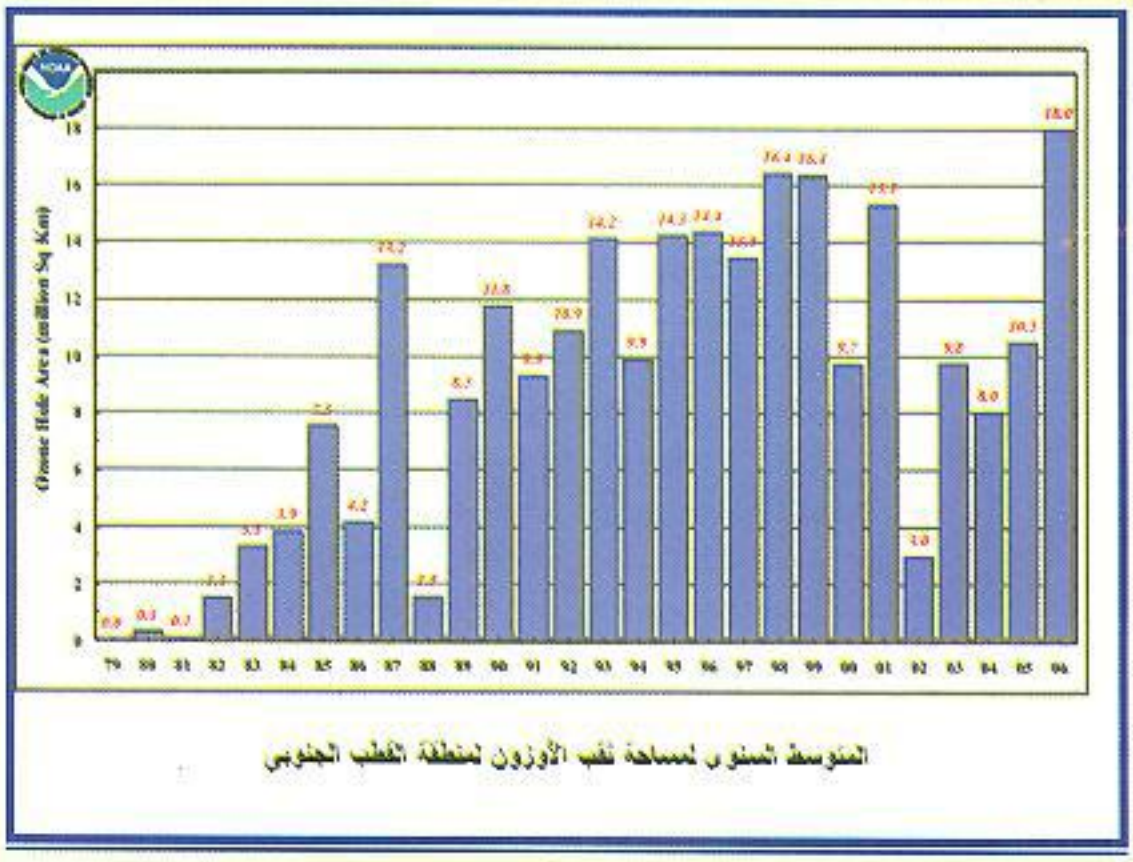
شكل (٤)

الشتاء/الربيع متقلبة بدرجة عالية بسبب التغييرات فى الطقس فى الستراتوسفير من شتاء إلى آخر، لكنها أصبحت مفهومة الآن بشكل أفضل بسبب العديد من عمليات المراقبة الجديدة والمقارنات النماذجية. وهناك اتفاق عام بين التحليلات التى تقيس كمية الفقد الكيميائى لأوزون القطب الشمالى بالنسبة لفصل الشتاء/الربيع للسنة ١٩٩٩/ ٢٠٠٠ لقد تميزت هذه السنة المدروسة جيدا بدرجات حرارة منخفضة جداً ، وفقد للأوزون تصل إلى ٧٠٪ قرب ٢٠ كم ، وفقد فى عمود الأوزون الكلى أكبر من ٨٠ وحدة دوبسون(٢٥٪) بحلول أوائل الربيع . وفى المقابل فإن الفقد الكيميائى التقديرى كان صغيرا جدا خلال شتاء ١٩٨٩-١٩٩٩ القطبى الأدفأ والأكثر اضطرابا. لقد كانت ثلاثة من فصول شتاء القطب الشمالى الأربعة الأخيرة من القرن العشرين دافئة، مشفوعة بحدوث القليل من فقد الأوزون ؛ وكان ستة من فصول الشتاء التسعة السابقة عليها باردة مع حدوث فقد أكبر فى الأوزون .

- التلوث الهوائى يعمل على زيادة غاز الأوزون بالقرب من سطح الأرض أى فى طبقة التروبوسفير فى حين يعمل على نقصانه فى طبقة الاستراتوسفير وبذلك يكون التلوث سببا فى إحداث الأوزون ضررا كبيرا للحياة بشتى صورها فى كلتا الحالتين ، وتظهر التقديرات التى تستند إلى سيناريوهات التقرير الخاص حدوث زيادات فى أوزون التروبوسفير بأكثر من ٤٠ جزءا فى البليون فوق معظم مناطق خطوط العروض الوسطى فى نصف الكرة الشمالى وهذه الزيادات ستضاعف تقريبا من مستويات تركيز الأوزون فوق المدن الكبرى مما يؤدى إلى تدهور كبير فى جودة الهواء .

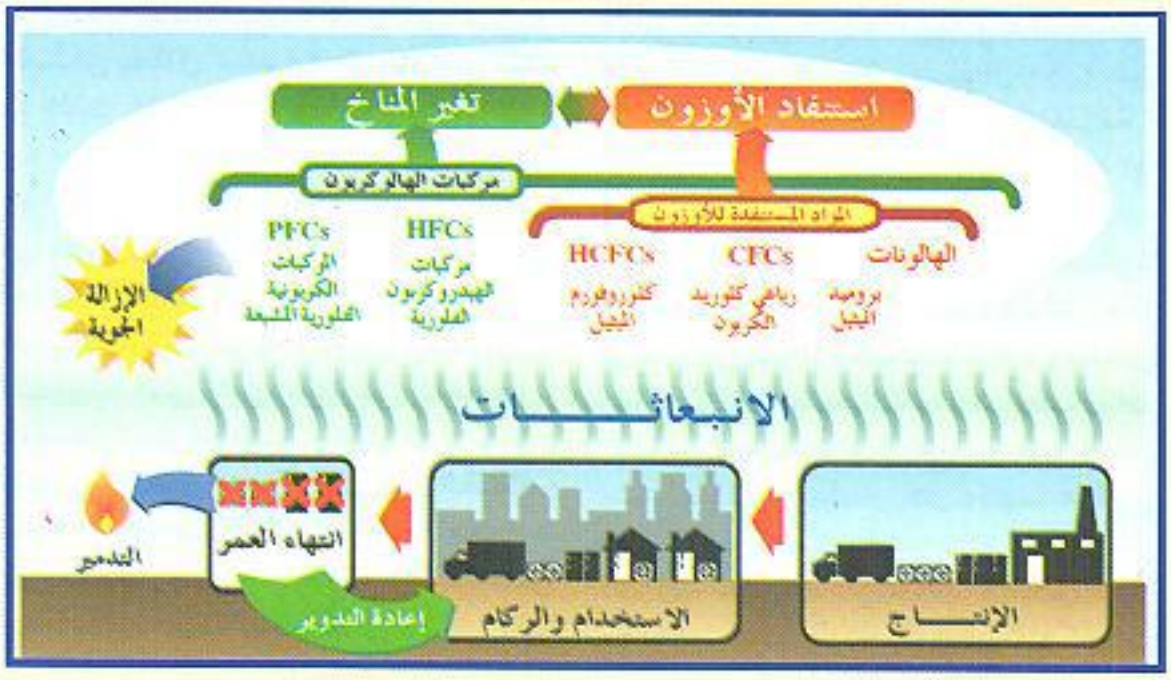
ثالثاً مركبات الفلوروكلوركربونات :-

مركبات الكلوروفلوروكربون هى تلك المركبات المعروفة صناعياً "بالفريون" الذى يُستخدم فى أجهزة التبريد من



المتوسط السنوى لمساحة ثقب الأوزون لمنطقة القطب الجنوبى

شكل (٥)



شكل (٦)

الثلاجات والمكيفات، كما تدخل فى صناعات الإيروسول (البخاخات المعطرة والمزيلة لرائحة العرق)،وفى الصناعات الإلكترونية أيضاً. وهذه المركبات عمرها طويل يتراوح من ٥ إلى ١٧ عام قد يمتد إلى مائة عام . ويأتى أثرها الضار من الصعود لطبقات الجو العليا حيث يتحرر الكلور منها بفعل الأشعة فوق البنفسجية وهذا الكلور هو الذى يعمل على تدمير الأوزون وهو أحد أسباب ثقب الأوزون وتقليل نسبه فى الغلاف الجوى.

- تُعتبر الكلوروفلوروكربونات مركبات من الكلور، والفلور، والهيدروجين، والكربون. ولا تتواجد تلك المركبات بصورة طبيعية. فقد تم تصنيع الكلوروفلوروكربونات لأول مرة عام ١٨٩٢، ولكن لم يكن يُعرف لها أى استخدام فى ذلك الوقت. إلا أنها أثبتت فائدتها كمادة دافعة فى البخاخات بكافة أنواعها والثلاجات. ولكن ظهرت مشكلة. عند إطلاق الكلوروفلوروكربونات فى الجو فإنها تنزح حتى الطبقات العليا من الغلاف الجوى (الستراتوسفير) حيث تحلل جزيئات الأوزون الموجودة بها .

- تم حظر استخدام الكلوروفلوروكربونات بموجب بروتوكول مونتريال فى عام ١٩٨٧ وعلى الرغم من أنها تعد من غازات الاحتباس الحرارى شديدة القوة ، إلا أنها تتواجد فقط بكميات صغيرة جدًا فى الغلاف الجوى .

- فى عام ٢٠٠٠ انخفضت نسبة خلط ثانى كلورو فلورو الميثان وثلاثى كلورو ثلاثى فلورو الميثان بأسرع مما حدث فى عام ١٩٩٦، ولا تزال نسب خلط ثلاثى كلورو ثنائى فلورو الميثان فى ازدياد، وإن كان بمزيد من البطء وأسفر الانخفاض السريع فى ثلاثى كلورو الميثان عن اضمحلال أسى فى نسب خلطه منذ عام ١٩٩٨؛ وكانت نسب خلط هذا الغاز فى عام ٢٠٠٠ أقل من نصف الذروة الملاحظة فى عام ١٩٩٢ وكانت نسبة الانخفاض الملاحظة بالنسبة لثلاثى كلورو الميثان خلال عام ٢٠٠٠ حوالى ثلث ما كانت عليه فى عام ١٩٩٦

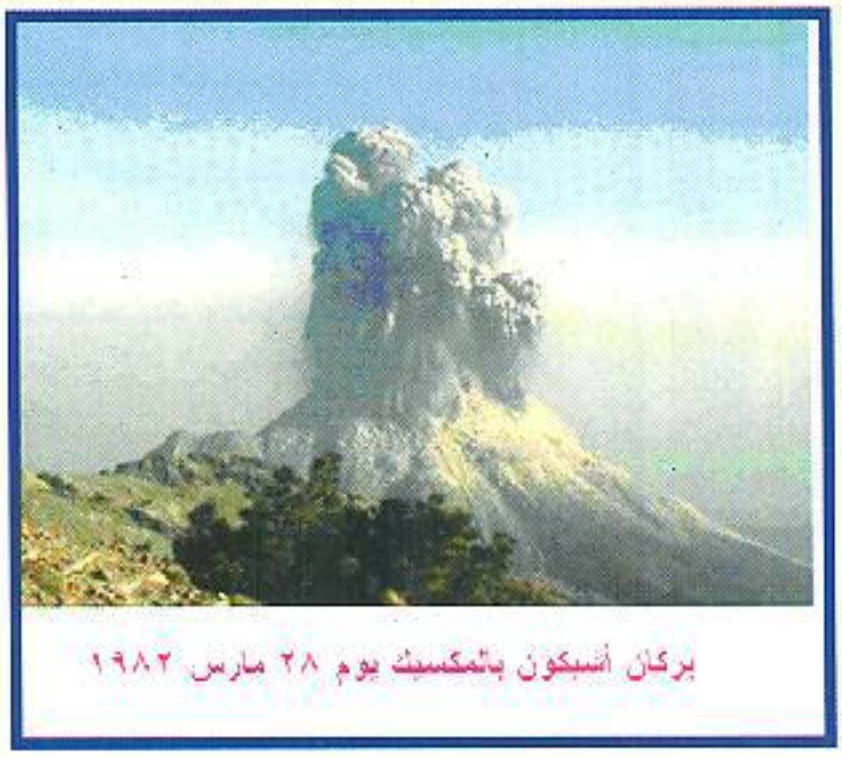
- واستمر التأثير الإجمالى لجميع مواد الهالوجين المستنفدة للأوزون فى الغلاف الجوى، على النحو المقدر بواسطة حساب مكافئات الكلور من القياسات الجوية للكلور وللغازات المحتوية على البرومين فى التناقص. واعتبارا من منتصف عام ٢٠٠٠، كان مكافئ الكلور العضوى فى الغلاف الجوى أقل بنحو ٥٪ من ذروة مقداره فى الفترة ١٩٩٢-١٩٩٤ والتناقص الحديث العهد أبطأ بشكل طفيف مما حدث فى منتصف التسعينيات بسبب انخفاض تأثير ثلاثى كلورو الميثان على هذا التناقص.

- والتخفيضات الجمة فى انبعاثات المواد المستنفدة للاوزون خلال التسعينيات على النحو المستدل عليه من القياسات الجوية، متسقة مع الضوابط المفروضة على الإنتاج والاستهلاك فى بروتوكول مونتريال لعام ١٩٨٧م المعدل. ويعتبر الاستهلاك فى البلدان النامية فى الوقت الحالى مساهم هام فى الانبعاثات العالمية. وعام ١٩٩٩ هو أول عام يقيد فيه إنتاج واستهلاك طبقة من المواد المستنفدة للأوزون (المركبات الكلورو فلورو كربونية) فى جميع اطراف بروتوكول مونتريال. والقياسات الجوية متسقة مع الانبعاثات المستمدة من بيانات الإنتاج المبلغة عن المركبات الكلورو فلورو كربونية.

رابعاً غاز الميثان :-

-غاز الميثان هو أحد مكونات الهيدروكربونات ، كما أنه عنصر رئيسى فى الغاز الطبيعى ، وعنصر فاعل فى غازات الاحتباس الحرارى ، تنبعث كمية كبيرة من غاز الميثان إلى الجو بدلاً من استعادتها واستعمالها كوقود ، تصدر حوال ٦٠ ٪ من انبعاثات الميثان عن مصادر بشرية " ناتجة عن الإنسان " ، وهى ردم أو طمر النفايات ، والمناجم ، والعمليات التى تعتمد الغاز والزيت ، علاوة على المصادر الزراعية ، ويأتى ما تبقى من موارد طبيعية ، وبشكل رئيسى من المستنقعات وهيدرات الغاز " مواد صلبة بلورية مكونة من جزئيات الميثان كل منها مطوق بجزئيات من المياه " ، والأراضى الدائمة التجمد ، والنمل الأبيض .

-وتكمن أهمية الميثان فى أنه أقوى مفعولاً من ثانى أكسيد الكربون بواقع ٢٣ مرة فى قدرته على احتجاز الحرارة داخل الغلاف الجوى للارض كما انه قادر على حبس الغازات المنبعثة من الفضلات الحيوانية للخنازير والطيور الداجنة ومن مناجم الفحم أو الغازات المتسربة من أنابيب الغاز ، حيث تنبعث من مزارع الحيوانات المجترة كميات كبيرة من الغازات ، منذ عصر ما قبل النهضة الصناعية ، وأنخمس غازات الاحتباس الحرارى المسئولة عن ارتفاع درجة حرارة الأرض ناجمة عن الميثان ، تُقدر كميات غاز الميثان الموجودة فى الغلاف الجوى بحوالى ٤٧٠٠ مليون طن وتزداد بمعدل سنوى ما بين ٣٠٠ - ٣٥٠ مليون طن تنتج من مصادر مختلفة.



بركان أشبكون بالمكسيك يوم ٢٨ مارس ١٩٨٢

شكل (٧)

الميثان فى العصور القديمة :

- أعلن فريق فوستوك عام ١٩٨٨م أن تركيز الميثان فى الغلاف الجوى بالفترة بين الجليدية الأخيرة (منذ حوالى أربعة عشر ألف سنة) كان نحو ٠,٦٢ جزء فى المليون ، بينما كان تركيزه ٠,٣٤ جزء فى المليون خلال العصر الجليدى قبل السابق ، هذا الارتفاع فى التركيز من ٠,٣٤ إلى ٠,٦٢ جزء فى المليون ساهم فى ارتفاع درجة حرارة الأرض مما أدى إلى انحسار وذوبان المثلجات وإنتهى بذلك العصر الجليدى.

- تلمح البيانات التاريخية الجوية المستدل عليها من محفوظات هواء نصف الكرة الجنوبى والهواء المحبوس فى جليد القطب الجنوبى إلى أنه بافتراض وقوع تغييرات مماثلة فى كل من نصفى الكرة الأرضية فإن مجموع البروم العضوى الناتج عن بروميد الميثان والهالونات قد وصل إلى أكثر من الضعف منذ منتصف التسعينيات.

الميثان فى العصور الحديثة :

- بدأت القياسات الدقيقة لتركيز الميثان فى الهواء فى الستينات من القرن الماضى. وقد لوحظ ازدياد تركيزه من ١,٤ جزء من المليون فى الستينات إلى ١,٧ جزء من المليون

فى نهاية الثمانينات ، وفى عام ٢٠٠٠م تعدى التركيز إلى جزءين فى المليون.

- ومن عام ١٧٥٠ حتى عام ٢٠٠٠، تزايدت تركيزات الميثان بنسبة ١٥٠٪ وهذه الزيادة غير مسبوقة ويمكن عزو الزيادة فى الميثان إلى الانبعاثات الناجمة عن استخدام الطاقة وتربية الماشية وزراعة الأرز وطمر النفايات وأكثر من نصف الانبعاثات الحالية من الميثان نتيجة لأنشطة بشرية .

تأثير تركيز الميثان على تغير المناخ :-

- يمتص الميثان الإشعاعات التى يبلغ طولها ٧,٦٦ ميكرومتر فى طيف الأشعة تحت الحمراء والأثر المباشر على حرارة الأرض الناتج عن زيادة تركيز الميثان من ٧٠, إلى ١,٧ جزء من المليون يبلغ نحو نصف التدفئة المتزامنة الناجمة عن زيادة تركيز ثانى أكسيد الكربون بالجو من ٢٨٠ إلى ٣٥٠ جزء من المليون ، ولكن قدرة الجزىء الواحد من غاز الميثان على امتصاص وتخزين الحرارة تفوق جزىء غاز ثانى أكسيد الكربون بحوالى ٣٠ مرة، أى أن التأثير الحرارى لغاز الميثان أكبر من ثانى أكسيد الكربون .

- فى العصور القديمة قبل ظهور الإنسان على الأرض كان ازدياد نشاط البكتريا هو السبب فى ارتفاع نسبة تركيز الميثان الذى ساهم بدوره فى ارتفاع درجة حرارة الأرض الذى أدى إلى ذوبان الجليد وارتفاع مستوى سطح الماء فى البحار والمحيطات.

- يساهم غاز الميثان فى تكوين ثانى اكسيد الكربون بنسبة ٦ ٪ من خلال التفاعلات الكيمائية.

- التقليل من انبعاث غاز الميثان فى الجو يؤدى إلى إحداث تأثير إيجابى بشكل أسرع مما لو حاولنا ذلك عن طريق تخفيض انبعاثات غاز ثانى أكسيد الكربون و من الممكن التأثير على دورة الميثان فى الجو خلال ثمانى سنوات بخلاف ثانى أكسيد الكربون الذى نحتاج معه إلى عقود من الزمان.

- يتصاعد غاز الميثان إلى أعلى طبقة التروبوسفير ليساعد على زيادة تركيز الاوزون حيث إنه يتفاعل مع غاز الكلور.

خامساً أكسيد النتروز :

- مصادر أكسيد النتروز طبيعية وأخرى متعلقة بالنشاطات البشرية ، المصادر الأساسية المتعلقة بالنشاطات البشرية تضم : التربة الزراعية - الأسمدة الحيوانية - معالجة مياه الصرف - احتراق الوقود الأحفورى إنتاج الأحماض الآزوتية ، ينتج أكسيد النتروز طبيعياً من مصادر بيولوجية حيوية متنوعة فى التربة والماء خصوصاً نشاط الأحياء الدقيقة فى الغابات الاستوائية الرطبة والمحيطات ،هذين المصدرين يساهمان باكثر من ٧٠ ٪ من المصادر الطبيعية ، بينما تطلق العمليات الميكروبية المشابهة فى ترب المناطق المعتدلة كميات أقل. إن كميات كبيرة من أكسيد النتروز المحيطى يمكن أن ترتفع إلى الجو من خلال عملية نزع النتروجين الموجود فى الرواسب البحرية خصوصاً فى المناطق الغنية بالمواد المغذية .

- مستويات انبعاثات أكسيد النتروز من أى مصدر تتباين من دولة أو من منطقة إلى أخرى وذلك تبعاً لعوامل عدة مثل : خصائص وميزات الانتاج الزراعى والصناعى - تقنيات الاحتراق .

على سبيل المثال : الاستخدام الكبير للأسمدة النيتروجينية فى إنتاج المحاصيل الزراعية ينتج وبشكل ملحوظ انبعاثات كبيرة من التربة الزراعية .

- من المهم فى دراسات انبعاثات أكسيد النتروز أن نأخذ بعين الاعتبار التفاعلات المختلفة الحاصلة بين العمليات الطبيعية والتأثيرات البشرية فى دورة النتروجين . إذ أن التأثيرات البشرية يمكن أن تعزز بشكل ملحوظ العمليات الطبيعية التى تؤدى إلى تشكيل تلك الأكسيد .

- يقاس تركيز أكسيد النتروز كجزء فى البليون وليس كجزء فى المليون.

أكسيد النتروز فى العصور الحديثة :

- تركيزه فى عام ١٩٧٦ كان ٢٩٨ جزء فى البليون فى نصف الكرة الجنوبى ، ٢٩٩ جزء فى البليون فى نصف الكرة الشمالى وهو يرتفع سنوياً بمعدل ٠,٢ ٪ ، تركيزه فى فترة ما قبل العصر الصناعى ٢٨٠ جزء فى البليون.

تأثير تركيز أكسيد النتروز على تغير المناخ :-

- مضاعفة أكسيد النتروز تسبب انخفاض فى تركيز الأوزون فى طبقة الاستراتوسفير يبلغ حوالى ٤ ٪وتبلغ فترة بقاء جزئ واحد من أكسيد النتروز حوالى ١٧٠ سنة فى الغلاف الجوى مما يؤدى إلى ارتفاع درجة الحرارة.

سادساً الغبار البركانى :-

- فى التسعينات من القرن الماضى اختل التوازن بين انصار نظرية ارتطام النيزك بالأرض لصالح نظرية انفجار البراكين ، هذه النظرية تشير إلى أن كافة الانقراضات انطلقت من إنفجارات بركانية متكررة ، حيث تمكنوا من العثور على الحمم المنصهرة خارجة من شقوق جوفية متراكمة بتكرار زمنى متجانس يمتد كل منها لمدة ٥٠٠ سنة.

البراكين فى العصور القديمة :

- يشير تاريخ التطور الجيولوجى للقشرة الأرضية الى تعرضها لانفجارات بركانية أدت إلى إحداث تغير فى الغلاف الجوى المحيط بالأرض، ورافقت كل مرحلة من مراحل التطور الجيولوجى للقشرة الأرضية تغيرات مناخية والى تغير مكونات الغلاف الجوى بفعل الأبخرة والغازات التى كانت تندلع من البراكين، ويوجد حاليا آثار لحوالى (٣٩٠ بركانا) على امتداد آثار بحر التيس الذى انقرض قبل حوالى (١٠ ملايين سنة) ولا يزال العديد منها يمتاز بنشاطها البركانى وحسب مكتب الإحصاء الجيولوجى الأمريكى يوجد حوالى (١٥٠٠ بركان خامد فى العالم وان ٣٣٪ منها تمتلك

خصوصيات الثوران العنيفة وان ٥٠ بركانا منها فعالة تنفجر بين الحين والآخر مؤدية إلى تغيرات مناخية والى عواصف رياحية.

- على مدى الحقب الأول، وجدت الآلةُ الأرضية إيقاعًا تطورت الحياةُ عبره. بعد ذلك، ومع نهاية الحقب الأول، أى منذ نحو ٢٣٠ مليون سنة، تغيّر الحقب. وبدأ الحقب الثانى بكارثة أدت إلى اختفاء ٩٠٪ من الأنواع البحرية. ففى تلك الفترة حصلت ثورانات بركانية هائلة، لكنها لم تكن تشبه شيئًا مما نعرفه اليوم. هناك نوعان من النشاط البركانى لم نرهما أبدًا يعملان: الاندفاقات الواسعة المدى من البازلت، التى غطت مئات آلاف الكيلومترات المربعة، والتى لا تزال باقية، وترجع إلى نهاية الحقب الأول، فى الصين وسيبيريا؛ وكذلك المداخن البركانية أيضًا، التى كانت تؤدى إلى ولادة الصخور الحاملة للماس (الكيمبرليت) الذى نجده خصوصًا فى جنوب أفريقيا وكندا وسيبيريا. ولقد اجتاحت الجوَّ غازاتٌ ورمادٌ مُهلكان، وتشكّل ما يشبه الزجاج العاتم. إن الثورانات التى نَصِفُها اليوم بالكبيرة جدًا يمكن أن يكون لها تأثيرٌ كبير على المناخ. وهذه الثورانات قادرة على إنقاص درجة الحرارة المتوسطة بمقدار نصف درجة طوال سنة؛ لكنها ليست إلا بعض الظواهر البسيطة جدًا بالمقارنة مع البقعة البركانية التى سبق ذكرها. وقد قارن بعضهم الوضع بشتاء نووى يلى حربًا ذرية: تظلم السماء، فيتباطأ التركيب الضوئى تباطؤًا كبيرًا، بل يتوقف حتى تتناقص البلانكتون (العوالق الزرقاء) التى تلعب دور مهم فى كميات تركيز ثانى أكسيد الكربون.

- إنتهى الحقب الأول بكارثة بركانية وجليدية قاسية. دام الحقب الثانى ١٨٠ مليون سنة أى أكثر بقليل فقط من نصف الحقب الأول. الحقب الجيولوجية تتقاصر مع الزمن، لأنه تتوفر لدينا معلوماتٌ أكثر فأكثر بفضل آثار الحياة، فنستطيع أن نحدد، بالتالى، الانقطاعات تحديدًا أدق. إن الحقب الثانى ينقسم إلى ثلاثة عصور: الترياسى والجوراسى والكريتاسى. وخلال هذا الأخير اجتاحت الديناصورات كواكب الأرض. ونشهد انطلاقة جديدة هائلة للحياة. وبعد ٣٠ مليون سنة، فى نهاية العصر الترياسى نجد آثار أولى الثدييات؛ وفى الجوراسى كانت أولى الطيور الطائرة ؛ وفى الكريتاسى ولدت النباتات الزهرية . عندما أخرجت الأرض من باطنها الحمم الصخرية المذابة وقد بقيت لعدة قرون وهى تغلى وتتدفق مخرجة ربع مليون ميل مكعب من الحمم والتى هى الآن الهند، وهو ما يقدره العلماء بمقدار ١٠٠,٠٠٠ ضعف بركان لاكى وبعض العلماء لا يزال يعزى اندثار الديناصورات إلى هذا الانفجار البركانى وليس إلى اصطدام النيزك بالأرض وقد كان هناك حدث آخر أكبر من هذا فيما قبل نهاية العصر البيرمى الترياسى وهو انفجار فى سيبيريا وهو أضخم ما هو معروف لدى علماء تاريخ العصور الجيولوجية والذى قضى فى وقته على ٩٥٪ من جميع أشكال الحياة على الأرض يتكون من غاز الكبريت البركانى والأمطار الحامضية، وكذلك وجود المركبات المحتوية على الكلور.

البراكين فى العصور الحديثة :

-هناك أكثر من ٨٠٠ بركان نشط حاليا على وجه الأرض، ٥٠٠ منها فقط على حواف المحيط الهادى والمسماة بحلقة النار، وتقريبا نفس العدد من البراكين الساكنة هذا بالإضافة إلى العديد من البراكين التى صنفت على أنها هامدة .

- فى عام ١٧٨٣م تفجر بركان لاكى فى أيسلندا مطلقا ثلاثة أميال مكعبة من الحمم البركانية وسيل من الغبار البركانى والرغوة البركانية وتسبب الغبار البركانى فى الجو بخفض درجة الحرارة فى أيسلندا والمناطق المحيطة بمقدار ٩ درجات مئوية.

- الغبار الذى انطلق من بركان كاتماى عام ١٩١٢م أدى الى إنخفاض فى كمية الإشعاع الشمسى بنسبة ١٢٪ وقد وصل ارتفاع الغبار إلى ٣٢كم أى انه وصل إلى طبقة الستراتوسفير.

-الغبار الذى إنطلق من بركان الشيكون فى المكسيك (شكل رقم ٧) يوم ٢٨ مارس ١٩٨٢ ووصل ارتفاعه إلى الستراتوسفير وامتازت ثورته بإطلاق كميات هائلة من الغبار والأدخنة والأتربة وادى إلى انخفاض فى كمية الإشعاع الشمسى بنسبة ٦٪ وذلك حتى خطوط العروض المنخفضة.

-بركان كراكاتوا أمام سكان ساحلى غرب جافا وجنوب سوماترا الواقعان على مقربة من كراكاتوا . عندما بدأ البركان يثور وقعت إنفجارات كبيرة كلّ عشرة دقائق تقريبًا شكّلت عمودًا من الرماد والجُسيْمات امتدّ حتى مسافة خمسة وعشرين كيلومترًا تقريبًا، كان بركان كراكاتوا عام ١٨٨٣م أكثر الانفجارات البركانية دمارًا فى التاريخ الحديث وبعد أيّام من حدوثه غطّت السحب البركانية التى حملتها التيارات الدافقة سبعين بالمائة من العالم وعكست أشعة الشمس باتجاه الفضاء وكانت النتيجة انخفاض إجمالى فى حرارة الأرض بحوالى نصف درجة مئويّة.

تأثير الغبار البركانى على تغير المناخ:-

- يصحب الاندفاعات البركانية انطلاق كميات كبيرة من المواد الدقيقة الصلبة إلى الجو (الغبار البركانى) هذا الغبار يؤدى إلى حجب الأشعة الشمسية أو التخفيف منها وتقوم جزيئات الغبار بدور نويات التكاثف التى تساهم فى تكون السحب وهذا ينعكس على درجة الحرارة.

- الانفجار البركانى يؤدى إلى إطلاق كمية كبيرة من غاز الكبريت الذى يقوم بعكس الأشعة الشمسية وبالتالى تبريد الأرض، وأيضاً يقوم البركان بإطلاق غاز ثانى أكسيد الكربون الذى له تأثير مدفئ " تأثير البيت الزجاجى".

المصادر :

١ - وحدة البحوث المناخية - جامعة إيست أنجليا (إنجلترا)٠
٢ - المركز القومى الأمريكى لعلوم الفضاء.