

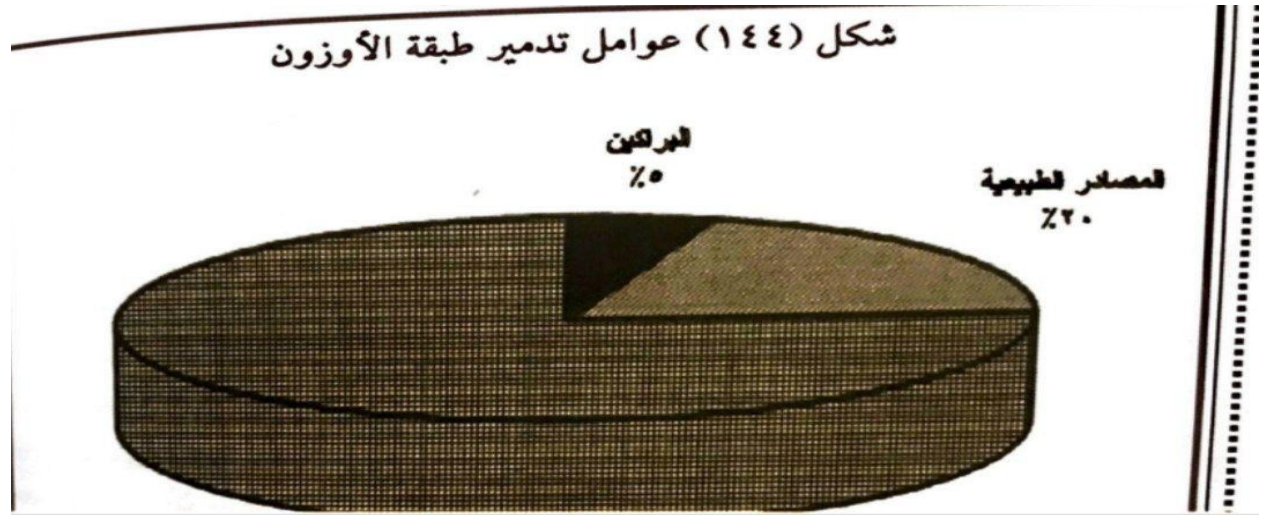
تأكل طبقة الأوزون

ذكرنا عند الحديث عن التركيب الكيميائي للغلاف الجوي في الفصل الثاني من هذا الكتاب، أن الأوزون هو أحد الغازات التي تدخل في تركيب الغلاف الجوي بنسبة ثابتة. لكن نسبته في الغلاف الجوي ضئيلة جداً، فمن بين مليون جزئ من الهواء لا يوجد سوى سبعة جزيئات أو أقل من الأوزون. ويتركز أكثر من ٩٠٪ من الأوزون الموجود في الغلاف الجوي، في طبقة محددة تقع ضمن طبقة الستراتوسفير، خاصة على ارتفاع يتراوح بين ٢٥-٥٠ كم.

والأوزون غاز لونه أزرق، رائحته كريهة، واسمه مستمد من كلمة لاتينية معناها الرائحة العفنة أو الكريهة، وتتكون ذرة الأوزون الواحدة من ثلاث ذرات من الأكسجين (O₃). يتكون الأوزون في طبقة الستراتوسفير بشكل طبيعي - خاصة وأن ذرة الأكسجين إذا تعرضت بشكل مباشر للأشعة الشمس فوق البنفسجية - فإنها

تنشط لتتحد أحد ذراتها مع ذرة أكسجين أخرى مكونة ذرة أوزون واحدة. واهم الغازات التي تعمل بشكل طبيعي على تأكل طبقة الأوزون هي غازات أكسيد النيتروجين وأكسيد الهيدروجين والكلور، خاصة وأن تلك الغازات توجد في طبقة الستراتوسفير، ولو بنسبة ضئيلة. ويبين الشكل (١٤٤) أهم العوامل التي تؤدي إلى تأكل غاز الأوزون في الغلاف الجوي، إذ يبدو أن العوامل البشرية المرتبطة بالصناعة وغيرها هي المسؤولة الرئيسية والأولى عن تأكل طبقة الأوزون. وتساهم البراكين الشوائب الأخرى التي تسرع في عملية تأكل الأوزون. في تأكل طبقة الأوزون لأنها تزود تلك الطبقة بكميات كبيرة من الكلور.

لكن الثابت علمياً أن نسبة الأوزون تعود في نهاية كل دورة - إذا أهملنا أثر لإنسان - إلى وضعها السابق - دون تغيير وأهم العوامل التي تؤثر على التباين الزمني والمكاني لنسبة الأوزون هي درجة العرض، والفصل، وشدة الرياح القطبية، ودورة الكلف الشمسي¹.

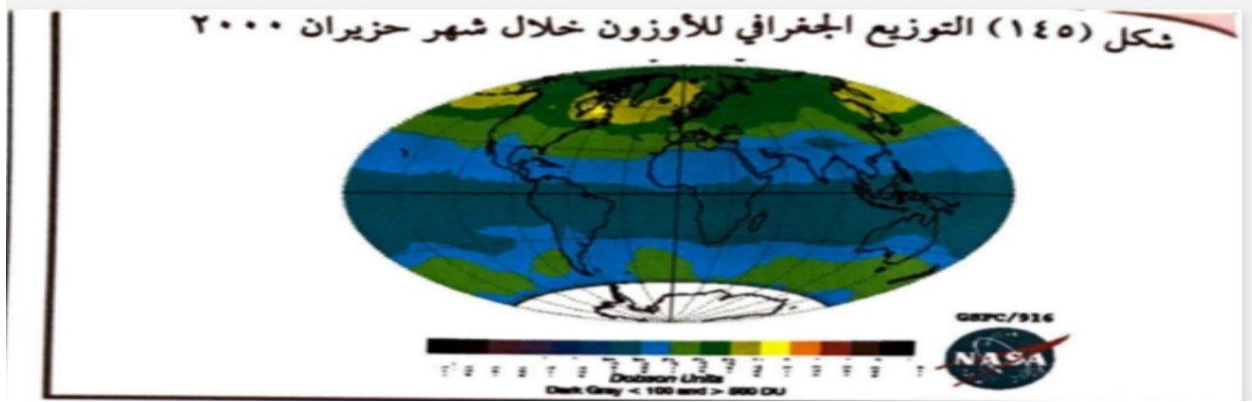


¹ المقصود بالكلف الشمسي هو البقع التي تظهر على سطح الشمس وتكون أقل إضاءة من المناطق المحيطة. وقد تبين أن ظاهرة الكلف الشمسي ثمر في دورة مستمرة مدتها أحد عشرة سنة.

أولاً / فوائد طبقة الأوزون

لطبقة الأوزون العليا التي توجد ضمن طبقة الستراتوسفير فوائد جمة، فهي تشبه الفلتر الذي ينقي أشعة الشمس التي تمر من خلاله من الأشعة الضارة التي لو وصلت جميعها إلى سطح الأرض - فإنها تلحق بالإنسان والنبات والحيوان أذى كبير² (شكل 145).

فمن المعروف أن أشعة الشمس فوق البنفسجية تتكون من ثلاث مجموعات متميزة من الأشعة. ويطلق على تلك المجموعات رموزاً معينة هي (A,F,C). أما المجموعة (A) فهي أقل المجموعات ضرراً، ويمر معظمها من خلال طبقة الأوزون دون أن تعترضه. وأكثر تلك الأشعة ضرراً هي المجموعة (C) التي تقوم طبقة الأوزون باعترضها جميعها، ولا تسمح لأي منها بالوصول إلى سطح الأرض. أما المجموعة (B) وهي المجموعة التي - لو وصلت سطح الأرض بنسبة كبيرة، فإنها تتسبب في انتشار العديد من الأمراض مثل سرطان الجلد، والعمى، وإضعاف جهاز المناعة في الجسم، كما تلحق أذى كبيراً ببعض أصناف النباتات والأسماك، وغيرها - فإن طبقة الأوزون تمتص ما بين ٩٥-٩٨٪ منها.



ثانياً / عوامل تدمير طبقة الأوزون

تسهم النشاطات البشرية بما نسبته ٧٥-٨٥٪ من تآكل طبقة الأوزون، بينما تسهم العمليات الطبيعية المتنوعة بـ ١٥-٢٠٪، وتسهم البراكين بـ ١ - ٥٪ (شكل ١٤٦). وترتبط معظم النشاطات البشرية التي تعمل على تدمير طبقة الأوزون باستخدام مركبات كيميائية تعرف بالمركبات الكلوروفلوروكربونية (CFC's). وهي مركبات خاصة تتكون من ذرة كربون واحدة، وذرة فلور واحدة، وثلاث ذرات من الكلور. تمتاز هذه المركبات بعدد من الخصائص الحميدة التي تجعلها مفضلة في كثير من الصناعات الحديثة. فهي مركبات مستقرة، غير سامة، ولا تعمل على تآكل المواد كما أنها غير قابلة للاشتعال، ولا تتفاعل مع معظم الغازات أو المركبات الأخرى. ولهذا فقد استعملت منذ منتصف الثلاثينات في صناعة مواد التنظيف الخاصة بالأجهزة والمعدات الكهربائية، كما انتشر استعمالها منذ منتصف السبعينات في اسطوانات التبريد الخاصة بالثلاجات والمكيفات

² بالرغم من الفوائد الجمة لغاز الأوزون الموجود في طبقة الستراتوسفير، إلا أن لغاز الأوزون الموجود في الطبقة الأسفل من الغلاف الجوي - والذي يعرف مجازاً بـ الأوزون الأسود - مضر كثيرة. إذ أنه يساعد على تلف الأنسجة النباتية والحيوانية، كما يدخل في تركيب الضباب الدخاني الذي سبقت الإشارة إليه. وتشير بعض الدراسات الحديثة إلى أن تدهور نسبة الأوزون في الستراتوسفير يساعد على التغير المناخي المتوقع وبضاعف من تأثير ظاهرة الانحباس الحراري.

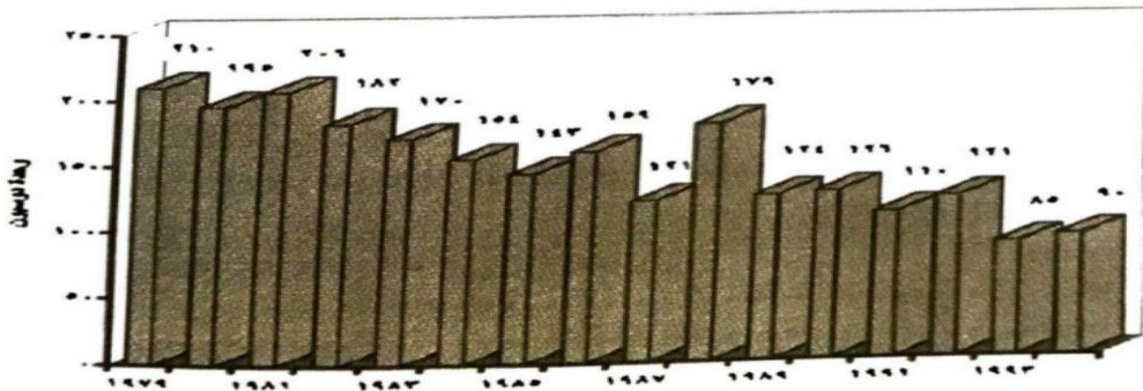
وغيرها. إلا أنه قد تبين منذ عقد السبعينات، أن لتلك المواد أثراً جسيماً على تدمير طبقة الأوزون خاصة وأن عمر تلك المركبات طويل جداً، مما يتيح لها الفرصة للوصول في يوم ما إلى طبقة الستراتوسفير. وعندما تصل إلى تلك الطبقة، فإنها تعمل على تفكيك ذرات الأوزون وتدميرها. والغريب أن لها قدرة تدميرية هائلة، إذ أن ذرة كلور واحدة من الذرات التي تدخل في تركيبها تستطيع أن تدمر ١٠٠٠٠٠ ذرة من الأوزون.

ولهذا، فقد بدأت دول العالم الصناعية منذ أواخر السبعينات باتخاذ سلسلة من الإجراءات التي تحد من استخدام تلك المركبات في الصناعة. فقد منعت الولايات المتحدة منذ عام ١٩٧٨ استعمالها في كثير من النشاطات الصناعية خاصة المنظفات. وفي عام ١٩٨٠ حذت عدد من الدول حذو الولايات المتحدة. وتم في عام ١٩٨٧ توقيع اتفاقية فيينا التي تعهدت فيها الولايات المتحدة و ٢٣ دولة أخرى بالحد من استخدام المركبات الكلوروفلوروكربونية بنهاية عام ١٩٩٩. وقد تمت مراجعة تلك الاتفاقية مرة ثانية عام ١٩٩٠ لزيادة فعاليتها في التخلص من تلك المركبات تعهدت بالقضاء كلياً على تصنيع واستخدام المركبات الكلوروفلوروكربونية في نهاية عام 2000 ، ورصدت ٢٤٠ مليون دولار لمساعدة الدول على التخلص من تلك المركبات.

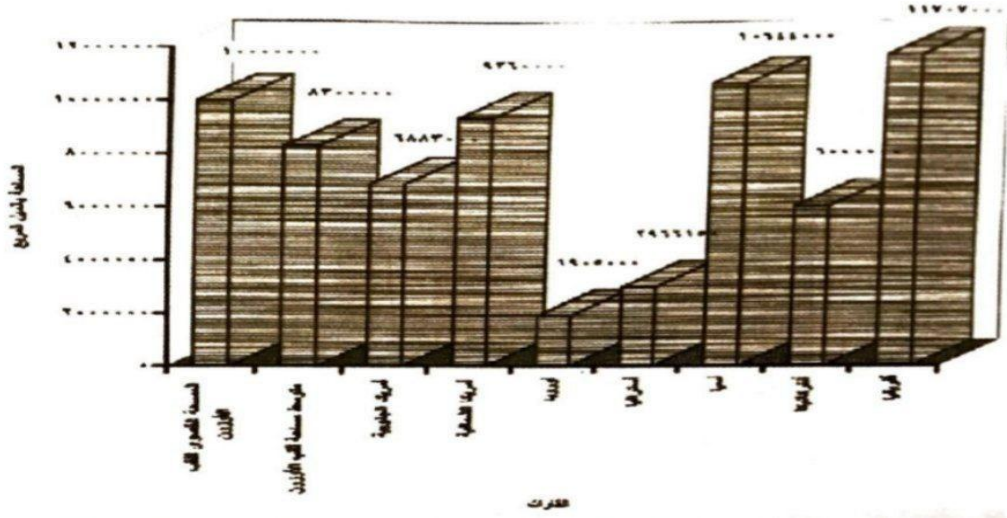
ثالثاً / ثقب الأوزون

أدركت مجموعة من العلماء البريطانيين الذين كانوا يقومون برصد الغلاف الجوي في المنطقة القطبية الجنوبية منذ عام ١٩٥٧ ، أن نسبة الأوزون تنخفض في الربيع كثيراً، لتعود فترتفع ثانية في الصيف. إلا أنهم لاحظوا أنه - ومنذ عام ١٩٨٠ - فإن نسبة الأوزون تنخفض في كل سنة عما سبقتها (شكل ١٤٦). وقد اعتقد أولئك العلماء - في البداية - أن خطأ في القياس قد أوحى لهم بذلك، إلا أن قياسات أخرى أكثر دقة وتطور شاركت فيها فرق علمية كبيرة من الولايات المتحدة ومن دول أخرى، قد أثبتت صحة تلك القياسات، كما أثبتت أن تآكل طبقة الأوزون يرتبط ارتباطاً وثيقاً بالنشاطات البشرية، وكما ورد في العدد الصادر في الثالث من أغسطس ١٩٩٥ من مجلة (Nature)، فإن نسبة الأوزون فوق القارة المتجمدة الجنوبية كانت تشهد تناقصاً مستمراً منذ عشرة أعوام، كما أن مدة بقاء ثقب الأوزون كانت تزداد في كل سنة عن سابقتها وقد قدرت مساحة ثقب الأوزون عام ١٩٩٤ بحوالي ٢٠ مليون كم²، أو ما يعادل مساحة أمريكا الشمالية بأكملها. والأسوأ من ذلك، أن تلك المساحة تزداد في كل سنة زيادة كبيرة، بحيث أصبحت تعادل ضعف مساحةها عام ١٩٩٤. ويبين الشكل (١٤٧) مساحة ثقب الأوزون مقارنة بمساحة القارات المختلفة. ويتوقع بعض علماء المناخ أنه - إذا استمر معدل الزيادة الحالي - فإن الأوزون سيتلاشى تماماً من تلك الطبقة عام ٢٠٥٠.

شكل (١٤٦) تناقص نسبة الأوزون في ثقب الأوزون فوق القطب الجنوبي



شكل (١٤٧) مساحة ثقب الأوزون مقارنة بمساحة القارات



رابعاً / تآكل طبقة الأوزون في المناطق الأخرى

لا يقتصر تآكل طبقة الأوزون على القطب الجنوبي فقط، بل إن مناطق أخرى عديدة قد شهدت تناقصاً ملحوظاً. فقد أجمع ٢٩٥ عالماً من علماء الغلاف الجوي عام ١٩٩٤ أن نسبة الأوزون فوق أمريكا الشمالية وأوروبا قد تناقصت منذ عام ١٩٦٥ بحوالي ٥%. كما أن بعض القياسات الحديثة تثبت ظهور ثقب آخر للأوزون فوق القطب الشمالي. ولعل السؤال الذي يطرح نفسه بقوة هو ، لماذا ظهر ثقب الأوزون فوق القطب الجنوبي دون غيره من المناطق ؟. ويمكن الجواب على ذلك في أن نسبة نويات التكاثف الجليدي فوق القطب الجنوبي تزيد عنها في منطقة أخرى من العالم. وكما يبدو، فإن وفرة تلك النويات يلعب دوراً في تآكل طبقة الأوزون.

خامساً / بعض نتائج تآكل طبقة الأوزون

يؤدي تآكل طبقة الأوزون إلى نتائج خطيرة تشمل معظم عناصر النظام البيئي. واهم تلك النتائج هي ارتفاع نسبة الأشعة فوق البنفسجية التي تصل سطح الأرض. فقد ارتفعت نسبة تلك الأشعة - خلال السنوات الأخيرة في معظم المناطق المعتدلة خاصة في أوروبا وأمريكا الشمالية بنسبة ١٣-١٥٪. كما ارتفعت نسبة الإصابة بسرطان الجلد، بحيث أصبحت نسبة الإصابة به تعادل نسبة الإصابة بأنواع السرطان الأخرى مجتمعة. وقد تم تسجيل أكثر من مليون إصابة جديدة عام ١٩٩٤. وتعتقد بعض الأوساط العلمية التابعة للأمم المتحدة أن نسبة الإصابة بسرطان الجلد ستبلغ عام ٢٠٥٠ ، حوالي ١٢٥% من نسبتها الحالية.

وتقوم منظمة الأرصاد الجوية العالمية منذ عام ١٩٩٠ بنشر خرائط يومية للتوزيع الجغرافي لطبقة الأوزون في النصف الشمالي من الكرة الأرضية خلال الفترة الممتدة من بداية نوفمبر إلى نهاية مارس. ويتم رسم تلك الخرائط من البيانات التي يتم جمعها من ٩٠ محطة مناخية أرضية خاصة برصد طبقة الأوزون. ويتم تعزيز تلك البيانات باستخدام بيانات أخرى تجمعها أقمار صناعية خاصة مثل القمر (SBUV-2). ويتم إعداد وتوزيع

تلك الخرائط يوميا عن طريق مركز خاص تابع لمنظمة الأرصاد العالمية يديره مركز الفيزياء الجوية في جامعة ثيسالونيكي (Thessaloniki) في اليونان .

سادساً / الآثار المناخية لتآكل طبقة الأوزون

التأثيرات المناخية (الاحتباس الحراري)

الاحتباس الحراري هو زيادة ففي المتوسط العالمي لدرجات الحرارة بسبب تزايد تركيز غازات الدفيئة في الغلاف الجوي وقدرتها على امتصاص الاشعة تحت الحمراء وأعادت بثها نحو سطح الارض ضمن دورة تبادلية من الامتصاص وإعادة الاشعاع الذاتية لقد ارتفعت درجة الحرارة في الآونة الأخيرة بسبب هذه الظاهرة التي يشهدها العالم حاليا بسبب زيادة الانشطة البشرية وحرق المزيد من الوقود الاحفوري مما أدى الى انبعاث ثاني اكسيد الكربون وغاز الاوزون وبعض غازات الدفيئة الى الغلاف الغازي ما بعد الثورة الصناعية بشكل متزايد .ولغاز الاوزون دور مهم في تنظيم درجة حرارة سطح الارض وذلك بتركيزه في طبقة الغلاف الجوي السفلى (التربوسفير) اذ يؤدي تركيز الاوزون في هذه الطبقة الى امتصاص الاشعة تحت الحمراء ويترتب على ذلك ارتفاع في درجة حرارة سطح الارض . والتغير في كمية الاوزون بسبب تفاعله مع المركبات الغازية السابقة الذكر ستنعكس على درجة الحرارة السطحية في التربو سفير والستراتوسفير فعند انخفاض نسبة الاوزون تتاح الفرصة لمزيد من الاشعة فوق البنفسجية من العبور تجاه سطح الارض مما يؤدي الى زيادة درجة حرارة سطح الارض وتؤثر العلاقة بين الاحتباس الحراري وثقب الاوزون علاقة دائرية اذ ان الاحتباس الحراري يسهم في وجود ثقب الاوزون وبالعكس ثقب الاوزون يساهم في زيادة الاحتباس الحراري ، فعند وجود ثقب الاوزون يحدث تسرب للاشعة فوق البنفسجية الى سطح الارض مما يؤدي الى احتباس حراري ، وعندما تنبعث غازات الاحتباس الحراري في الغلاف الجوي فانها تصعد الى طبقة الاوزون وتصطدم بغاز الاوزون مما تؤثر سلبا في آلية عمل جزيئات الاوزون بمرحلة معينة أي انه يصبح هناك ثقب في طبقة الاوزون . عندها تنتسرب الاشعة فوق البنفسجية الى سطح الارض وترتفع درجة الحرارة داخل الغلاف الجوي

وتشير الدراسات إلى ان معدل تركيز الاوزون في الجزء السفلي من طبقة التربوسفير قابل للتغير بسبب قصر عمره في الغلاف الجوي ولقد ارتفعت نسب الاوزون ما بعد الثورة الصناعية في هذه الطبقة نتيجة التفاعلات المعقدة مع اكاسيد النتروجين واول اكسيد الكربون والهيدرو كاربونات والميثان وبفعل الاشعة فوق البنفسجية فضلا عن نقله في طبقة الستراتوسفير بواسطة المنخفضات الجوية والجباهات الهوائية . كما يتشكل الاوزون في طبقات الجو السفلى من الملوثات المنبعثة من وسائل النقل والمصانع والاستخدامات المنزلية ونتيجة لزيادة هذه الانبعاثات في الطبقة السفلى من الغلاف الجوي ادت الى زيادة نسبة غاز الاوزون من ١٥٪ - ٣٥٪ للمدة ٢٠٠٠ - ١٧٥٠ وهذه النسبة كما ذكرنا متغيرة وغير ثابتة .