2- تاكل طبقة الاوزون (ثقب الاوزون)

الاوزون Ozone (O_3) هو غاز سام وشفاف يمل إلى الزرقة ويتكون الجزيء منه من ثلاث ذرات أوكسجين. ويتواجد الأوزون في طبقتي الجو السفلي التروبوسفير وطبقة الجو العليا الستراتوسفير. اذ يتكون الأوزون في طبقات الجو السفلى من الملوثات المنبعثة من وسائل النقل أو بعض المركبات التي تحوي الهيدروكاربونات (الفريون- الذي يدخل في الثلاجات وأجهزة التكيف وكثير من الصناعات الأخرى). وفي هذه الحالة يعتبر الأوزون من المكونات الخطيرة على صحة الإنسان لأن تنفس قدر ضئيل منه يحدث تهيج في الجهاز التنفسي وقد يحدث الوفاة. أما الأوزون الموجود في طبقات الجو العليا فيتكون من تفاعل جزيئات الأوكسجين مع الأوكسجين الحر:

$$O_2 + O \xrightarrow{UV} O_3$$

أن وجود طبقة الأوزون في الستراتوسفير Stratosphere تعمل كدرع أو مرشح واقي يحمي الكرة الأرضية من الأشعة فوق البنفسجية الضارة ولا يسمح إلا بمرور جزء يسير من هذه الأشعة. ولولا وجود طبقة الأوزون هذه لزالت الحياة من الكرة الأرضية.

ومع بداية السبعينيات بدأ الاهتمام بتاثير الملوثات الصادرة من نشاط الإنسان على طبقة الأوزون حيث لم تعد قضية تاكل طبقة الأوزون مشكلة محلية او اقليمية فحسب، بل اصبحت شأنا عالميا، يحتاج الى تضافر الجهود لمواجهة الاخطار التي قد يحملها المستقبل. يرجع السبب الرئيسى لإحداث ثقب الأوزون الى تلوث البيئة بالكيماويات وتصل هذة الكيماويات الى منطقة الستراتوسفير عن طريق:

1- الايروسولات ومركبات الكلوروفلوروكاربون

ونعني بها بانها المواد الكيميائية على هيئة ذرات دقيقة محملة على غازات مضغوطة (الكلوروفلوركربونات) داخل علب ، وقد شاع استعمال هذه العلب المضغوطة في السنوات الأخيرة لأغراض متعددة منها اجهزة التبريد والتكييف، الثلاجات، معطرات الغرف، ومثبتات الشعر للسيدات، ومبيدات للحشرات المنزلية والمنظفات وغيرها كثير. ولأن غاز"الكلوروفلوروكاربون" سهل في تصنيعه ويعتبر رخيص التكاليف فسرعان ما دخل في صناعات كثيرة . و قد تبين أن هذا الغاز له عمر طويل قد يمتد قرناً أو يزيد فعمره المتوسط بين 75 – 100 سنة، وخلال هذه المدة الطويلة يمكنه أن يتصاعد في الجو لأنه شديد التطاير ويظل نشطاً في تفاعلاته الكيميائية، ويتمثل الخطر في هذا الغاز في احتوائه على غاز الكلور الذي ينتج من تفكك الكلوروفلوروكاربون تحت تأثير الأشعة فوق البنفسجية ولقد وجد أن الكلور الذي ينفصل من هذا الغاز هو العنصر الوسيط في تدمير غاز الأوزون وهو السبب الجوهري والأول في نضوبه، وتقليل نسبة تركيزه في بعض طبقات الغلاف الجوي ووجود ثغرات أو فجوات في مناطق متفرقة فيه، وأن هذا النضوب ليس تفاعلاً سريعاً يحدث للتو واللحظة. بل له خاصية الاستمرار البطيء وأن هذا التفاعل قد يستمر قروناً.

2- الطيران النفاث

اول اكسيد النيتروجين، وثاني اكسيد النيتروجين اللذين ينطلقان من الطائرات سابقة الصوت، التي تحلق بمستوى طبقة الأوزون وتخترقها يؤديان الى تحفيز تحلل الاوزون بواسطة تفاعلات

كيميائية. فقد وجد أن أكاسيد النيتروجين تفتت جزيئات الأوزون كما هو موضح في المعادلات التالية:

$$NO + O_3 \rightarrow NO_2 + O_2$$

$$NO_2 + O \rightarrow NO + O_2$$

وبذلك يعود أوكسيد النايتروجين إلى حالته الأصلية ليعيد الدورة مرة أخرى وبذلك يختل التوازن الطبيعي لغاز الاوزون.

3- إطلاق الصواريخ إلى الفضاء

تنقسم الصواريخ المستخدمة في عمليات غزو الفضاء إلى نوعين من حيث نوع الوقود المستخدم في دفعها هما:

أ) صواريخ تعمل بالوقود السائل.

ب) صواريخ تعمل بالوقود الجاف.

وحيث أن القدر المهول من الطاقة اللازمة لدفع حركة الصاروخ للأمام تستلزم حرق قدر هائل من الوقود السائل أو الصلب، أي أن الغازات الناتجة عن الاحتراق والتي تنفث في الجو من مؤخرة الصاروخ تكون هائلة الحجم وتقدر بآلاف الأطنان، وفي كل أنواع الصواريخ تحتوي هذه الغازات قدراً كبيراً من الغازات الوسيطة لتدمير الأوزون كالكلور والنيتروجين وغيرهما ،ويكون ذلك بنسبة كبيرة في الصواريخ التي تستخدم الوقود الجاف وبنسبة أقل في الصواريخ ذات الوقود السائل. ولقد قدر العلماء أن 500 عملية إطلاق متتالية لصواريخ ساترن – 5 الأمريكية كفيلة بالقضاء على كل غاز الأوزون في الغلاف الجوي. فقد ورد في إحصائية أن كل عملية إطلاق صاروخ (مكوك فضائي) تدمر مليون طن من غاز الأوزون.

4- التفجيرات النووية

لقد كان لتفجير القنبلتين الذريتين فوق مدينتي هيروشيما ونكازاكي اليابانيتين الكثير من الآثار فقد أعقب هذا التفجير الذري بثوان معدودة عمود من الدخان صعد إلى ارتفاع عال في الجو ثم الفضاء ملبداً بغيوم كثيفة حجبت ضوء الشمس عدة ساعات، ومع كل ما حواه عمود الدخان من أذى فلا شك أن الغازات والحرارة البالغة التي نجمت عنه، كان لها تأثيرات بالغة على طبقة الأوزون وما تحتها وما فوقها، وهي تطاول عنان السماء مخترقة كل طبقات الغلاف الجوي بدافع ذاتي قوي اكتسبته من قوة التفجير هذه. واليوم أصبحت التفجيرات النووية تجرى من أجل التجارب، ليس فقط في تحت الأرض أو في المناطق الصحراوية النائية وحدها، بل تجرى أيضاً في أعالي الغلاف الجوي وهي كلها تبث في الغلاف الجوي قدراً من الغازات والإشعاعات والحرارة التي بلا شك تعمل على تدمير غاز الأوزون أو على الأقل نضوبه.

5- الهالونات: التي تستخدم فى مكافحة الحرائق.

6- بروميد الميثيل: المستخدم كمبيد حشري لتعقيم المخزون من المحاصيل الزراعية ولتعقيم التربة الزراعية نفسها.

كيف يحدث استنزاف طبقة الاوزون

تبدا عملية تاكل طبقة الاوزون عندما تنطلق المركبات الهالوجينية والمواد الاخرى المستهلكة للاوزون في الغلاف الجوي وبكفاءة تقوم الرياح بخلط الطبقة السفلى من الغلاف الجوي وتوزع الغازات بشكل متساوي. المركبات الهالوجينية شديدة الاستقرار ولذلك لاتنحل في الامطار. بعد سنوات عديدة تصل جزيئات المواد المستهلكة للاوزون الى الطبقة العليا من الغلاف الجوي (فوق سطح الارض بعدة كيلومترات). الاشعة فوق البنفسجية القوية تفكك جزيئات المواد المستهلكة للاوزون CFCs، رابع كلوريد الكاربون، مثيل كلورو فورم والغازات الاخرى المطلقة لذرات الكلور، والهالونات ومثيل البروم المطلق لذرات البروم. تشير التقديرات الى ان ذرة كلور واحدة تستطيع تخريب اكثر من 100.000 جزئ اوزون قبل ان تغادر الطبقة العليا من الغلاف الجوي. حيث تتفاعل ذرة الكلور النشطة مع جزيء من غاز الأوزون ينتج عنه جزيء أوكسجين واحادي أوكسيد الكلورين. تتفاعل ذرة أوكسجين نشطة مع أحادي أوكسيد الكلور حيث تنطلق ذرة كلور نشطة لتحطيم جزيء أوزون جديد وهكذا تتم الدورة.

$$Cl + O_3 \xrightarrow{UV} ClO + O_2$$

$$ClO + O \longrightarrow Cl + O_2$$

ان الكمية الاجمالية للاوزون تعتبر ثابتة فيما لو كان انتاج واستنزاف الاوزون متوازنا وهذا ماكان سائدا لعدة عقود مضت. إلا ان الزيادة الكبيرة في الكلور والبروم المتواجد في الطبقة العليا من الغلاف الجوي قلبت هذا التوازن فاصبح تدمير الاوزون اسرع من امكانية تفاعل تكوينه الطبيعي والمحافظة عليه مما ادى الى تناقص مستوى الاوزون في طبقة الستراتوسفير.

ومن الجدير بالذكر ان الولايات المتحدة وغرب أوروبا تختص بإنتاج حوالي 80% من المواد المؤثرة على طبقة الاوزون وتختص روسيا واليابان بحوالي 10 – 12% وتختص الدول النامية مجتمعة بحوالي 8 – 10%. وبما ان الاوزون يعمل كمصفاة للاشعة فوق البنفسجية وبالتالي فان زيادة تدمير طبقة الاوزون يعني زيادة في وصول الاشعة فوق البنفسجية ذات التاثيرات الضارة على صحة الانسان والكائنات الحية الاخرى والبيئة. ان الاشعة فوق البنفسجية هي جزء من الطيف الكهرومغناطيسي ذو اطوال موجات اقصر من الضوء المرئي وعادة ماتقسم الى ثلاثة حزم هي:

1- UV A: هي الحزمة من الاشعة فوق البنفسجية ذات طول موجي مابين 320-400 نانوميتر وهي لاتمتص بالاوزون وليس لها تاثيرات ضارة.
2- UV B: هي الحزمة من الاشعة فوق البنفسجية ذات طول موجي بين 280-320 نانوميتر. وطبقة الاوزون تحمي من اغلب اشعة هذه الحزمة القادمة من الشمس والتي لها العديد من التاثيرات الضارة وبشكل رئيسي تخريب ال DNA وانواع من سرطانات الجلد وتؤثر على بعض المواد والمحاصيل وعلى الحياة البحرية. من المهم الوقاية دائما من هذه الحزمة من الاشعة حتى لو لم يكن هناك تخريب لطبقة الاوزون وذلك بارتداء القبعات، النظارات الشمسية، والكريمات الواقية من الشمس.
3- UV C: هي الحزمة من الاشعة فوق البنفسجية ذات طول موجي اقل من 280 نانوميتر، وهي شديدة الخطورة ولكن تمتص بالكامل بالاوزون وبالاكسجين العادي.

الاضرار الصحة والبيئية لاستنزاف طبقة الاوزون

لقد ازداد الاهتمام العالمي بقضية استنزاف الأوزان في العقود الاخيرة نظرا لما تشكله من خطورة الاثار الصحية والبيئية، لا على الانسان وحده، بل على الحيوان والنبات والنظم البيئية الاخرى. فقد ذكر فريق العمل المعني بالتقويم البيئي والتابع لبرنامج الام المتحدة لشؤون البيئة في تقرير نشره في نوفمبر عام 1991، ان استنزاف طبقة الاوزون والزيادة الناتجة في الاشعة فوق البنفسجية قد يؤديان الى تعجيل معدل تكون الضباب الدخاني الذي يبقى معلقا في الاجواء لأيام عدة. مثلما حدث في لندن عام 1952 عندما ساد الضباب الدخاني جو هذه المدينة وحول نهارها الى ليل على مدى بضعة ايام، وادى الى خسائر فادحة في الارواح وصلت الى حوالي 4 الاف حالة وفاة. كما ان تآكل درع الاوزون قد يؤدي الى زيادة في معدلات سرطان الجلد بنسبة 26.% أما الاشعة فوق البنفسمجية من نوع UVB، فتلعب دورا رئيسيا في تكوين الاورام الجلدية، وهي النوع الاشد خطرا، حيث إن تعرض الجلد للأشعة فوق البنفسجية يمكن أن يحدث تلفًا Epidermal أي تحت البشرة الخارجية للجلد مباشرة بسبب تلف الحامض النووي D.N.A وينتج عن ذلك انقسام الخلايا وحدوث الأورام وسرطان الجلد. ، وهذا يعني حدوث ما يقدر بحوالي 300 الف حالة سرطان جلد سنويا، وستكون حصة الولايات المتحدة فقط ما يقرب من 180 مليون حالة خلال ثمانين سنة، ان لم يتحرك المجتمع الدولي بشكل فاعل لوقف استنزاف طبقة الاوزون.

من الاخطار الصحية الاخرى لمشكلة تدهور حالة طبقة الاوزون حدوث مرض المياه البيضاء، (اي اعتام عدسة العين). فطبقا لتقرير الام المتحدة (سابق الذكر) فان نفاد الاوزون بمعدل 10% قد يتسبب في اصابة حوالي 1.7 مليون شخص سنويا، بهذا المرض نتيجة تعرضهم للاشعة فوق البنفسجية، اضافة الى اصابة العين بمرض الماء الازرق، لعدم قدرتها على مقاومة هذه الاشعة، كما ان الكميات المتزايدة من الاشعة فوق البنفسجية، والتي تخترق طبقة الاوزون، تضعف فعالية جهاز المناعة عند الانسان، وهذا ما يجعل الاشخاص اكثر عرضة للاصابة بالامراض المعدية، الناتجة عن الفيروسات مثل الجرب، وكذلك الناتجة عن البكتيريا كمرض السل، والامراض الطفيلية الاخرى.

ولا تتوقف الاثار السلبية لتقليص طبقة الاوزون على البشر وحدهم، فيسهم تدمير طبقة الاوزون واتساع الثقب في هذه الطبقة في زيادة درجة حرارة سطح الارض وبالتالي يؤدي ذلك الى ما يعرف بظاهرة الاحتباس الحراري. ولعل اكثر المناطق تضررا هي المنطقة المدارية، نتيجة ارتفاع درجة الحرارة، وقوة اشعة الشمس. كما تشير بعض البحوث الى ان نصف النباتات التي درست حساسة للاشعاعات UVB ينخفض انتاجها ويصغر حجم اوراقها ما يؤثر في انتاج المحاصيل الزراعية، مثلما اوضحت بعض التقارير، ان هناك احتمالات لتناقص انتاج فول الصويا بنسبة 23% نتيجة تعرضها لهذا النوع من الاشعاع. اضافة الى ان التراكيب الكيميائية، لبعض انواع النباتات، قد تتغير بسبب هذا الوضع، مما يضر بمحتواها من المعادن وقيمتها الغذائية، بصورة عامة.

ومن ناحية اخرى فهناك مخاوف من اضعاف تجمعات الكائنات الحية الدقيقة، الموجودة في مياه البحار والمحيطات والمعروفة بالعوالق النباتية، نتيجة تعرضها للاشعة فوق البنفسجية، وتعتبر هذه الكائنات اساسا مهما لسلسلة الغذاء في الانظة البيئية المتواجدة في المياه العذبة والمالحة، وفي مقدمتها الاسماك والربيان وغيرها. كما ان العوالق النباتية تقوم بدور كبير قي امتصاص غاز ثاني اكسيد الكربون في الجو وبذلك تخفف من وطأة الاحتباس الحراري، كما انها تطلق

الاكسجين الضروري لاستمرار الحياة. بالاضافة الى ذلك فان زيادة الاشعة فوق البنفسجية يهلك يرقات الأسماك التي تعيش قريبًا من سطح الماء.