عناصر التلوث على التغيرات المناخية واثارها البيئية في العالم

م.رحمن رباط الايدامي
جامعة القادسية /كلية الاداب

الخلاصة

اخذت التغيرات المناخية في العالم تحظى باهمية كبيرة ، لخطورتها وزيادة اثارها البيئية ، بسبب زيادة الطلب على مصادر الطاقة الاحفورية ، الامر الذي ادى الى حدوث ظاهرة الاحتباس الحراري تلك الظاهرة التي تعمل على دخول الاشعة القصيرة الموجة وتمنع انطلاق الاشعة طويلة الموجة في الغلاف الغازي بفعل زيادة انبعاث الغازات الدفيئة وعلى رأسها غاز Co_2 فضلاً عن ذلك تعمل عدة عوامل مؤثرة على تغيير غاز الاوزون (O_3) نفس التأثير من خلال زيادة اكاسيد الاوزوتية بفعل التفجيرات النووية وزيادة الطائرات النفاثة المدنية والعسكرية اذ تقوم بتلويث الغلاف الغازي بالمواد الكيميائيه مثل غاز ثاني اوكسيد الكاربون وثاني اوكسيد الكبريت وبخار الماء واول اوكسيد الكاربون واوكسيد الاوزوت والهايدروكاربونات ، فضلاً عن انطلاق المركبات الكلوروفلوركاربون الى الجو اذ تعمل هذه العوامل على انخفاض نسبة غاز o3 في طبقة الستراتوسفير ذلك الدرع الواقي من الاشعة فوق البنفسجية ، الامر الذي يعمل على التأثير على البيئة من زيادة مساحات الاراضي الجافة واتساع الحرائق بفعل موجات الحر ، الامر الذي يؤدي الى ذوبان الجليد ورفع منسوب البحار ، مما يقود الى انقراض او قلة اعداد الكائنات الحية (النباتية والحيوانية) . فضلاً عن ذلك تعمل الملوثات الناتجة من النشاطات البشرية ليست في زيادة درجات الحرارة فحسب بل في تغيير نوعية الامطار الساقطة من خلال نويات التكاثف وتشكيل الغيوم من ذرات الغازات الساخنة والجزيئات المحمولة الى طبقات الجو العليا على تكوين احماض الكبريتيك والكاربونيك والنتريك وسقوطها على شكل امطار حامضية واشعاعية وطبيعية لها اثار بيئية على الابنية اذ تسبب في تأكل الاحجار والطلاء والمطاط والانسجة وحتى بعض المواد البلاستيكية ، كذلك تؤثر على اشجار الغابات اذ تقوم بالقضاء على اعداد كبيرة منها تصل في بعض المناطق الى75%، كما تؤثر على الحياة الحيوانية فيها من هجرتها الى انقراضها وتناقصها ، وهذا الامر ينطبق كذلك على الحياة المائية .

المقدمة :

تعد التغيرات المناخية من أكثر المظاهر المخيفة التي تعصف بالعالم ، نتيجة التقدم الصناعي والتطور العمراني وتراجع مساحات الغابات في مختلف دول العالم ، لذا حذرت العديد من المؤتمرات العالمية من هذا الخطر الذي يواجه العالم ، ولم يتوقف خطر هذه الظاهرة على ارتفاع الحرارة على الارض من زيادة CO2 والتغير في نسبة غاز o3 فحسب ، بل حدوث ظواهر لها نتائج وخيمة على النظام الحيوي الذي نعيش فيه وهي زيادة موجات الحر واتساع مساحات الجفاف والحرائق ، مما يؤدي الى ذوبان الجليد الذي يعمل على رفع منسوب البحار وإغراق السواحل الأمر الذي يؤثر على باقي الكائنات الحية (النباتية والحيوانية) من قلة أعدادها الى انقراضها. ناهيك عن تأثير غاز CO2 وباقي الغازات الاخرى الناتجة عن نشاطات الانسان والانفجارات النووية التي تتشكل مع الغيوم وبالتالي تسقط على شكل امطار حامضية واشعاعية تحتوي اصلاً على مركبات كيمياوية مختلفة من كبريتيك وكاربونيك والنتريك ...الخ ومالها من تأثيرات على الابنية والنباتات والحيوانات ، لذا على المجتمع اليوم ان يعي هذا الخطر الذي يهدد نظامه الحيوي في مختلف مناطق العالم دون استثناء .

1. مشكلة البحث : تتمثل مشكلة البحث بالاسئلة الاتية :
   - كيف يؤثر التلوث على التغير المناخي ويزيد درجة الحرارة ؟ وما هي الاثار المترتبة منه ؟
   - كيف يؤثر التلوث على التغير المناخي ويغير نوعية الامطار الساقطة ؟ وما هي الاثار المترتبة منه ؟
2. فرضية البحث : تنطلق فرضية البحث في الاجابة على الاسئلة اعلاه :
   - يعمل التلوث على زيادة غاز ثاني اوكسيد الكاربون والتغير في نسبة غاز الاوزون الجوي ، وبالتالي يعمل على زيادة موجات الحر والجفاف والحرائق وذوبان الجليد ورفع منسوب البحار فضلاً عن قلة اعداد الكائنات الحية (النباتية) والحيوانية الى انقراضها.
   - يعمل التلوث على زيادة غاز CO2 واكاسيد الكبريت والنتروجين والتفجيرات النووية التي تؤدي الى تغير في نوعية الامطار الساقطة من امطار حامضية الى اشعاعية وطنية الامر الذي يؤدي الى تأثيرات على الابنية والنباتات والحيوانات .
3. منهج البحث : لقد سار الباحث في هذا البحث على اساس المنهج التحليلي المستند على تحليل الجداول والخرائط والبيانات والمعلومات الخاصة بالبحث .
4. هدف البحث : يهدف البحث الى معرفه اثار التلوث ونتائج التغير المناخي من خلال استعراض ابرز الملوثات الرئيسة والمتمثلة بغاز Co_2 والتغير في نسبة غاز O_3 ، كما يناقش الاثار المترتبة منها مثل زيادة موجات الحر والجفاف والحرائق وذوبان الجليد وارتفاع منسوب البحار وقلة اعداد الكائنات الحية الى انقراضها ، فضلاً عن اظهار اثارها على نوعية الامطار من خلال تشكيل الغيوم من ذرات الغازات الساخنة وجزيئات محمولة الى طبقات الجو العليا وسقوطها على شكل امطار حامضية واشعاعية اضافة الى امطار طبيعية وتأثيرها على الابنية والنباتات والحيوانات .

المبحث الاول : اثر الاحتباس الحراري في التغيرات المناخية واثارها البيئية

اهم الملوثات الرئيسة الناتجة عن النشاطات البشرية هو زيادة غاز CO_2الناتج من احتراق مصادر الطاقة الاحفورية ، نتيجة التقدم الصناعي ، الامر الذي ادى بدورة الى حدوث ظاهرة الاحتباس الحراري التي تعمل على دخول الأشعة القصيرة الموجه وتمنع من انطلاق الاشعة طويلة الموجه عبر الغلاف الغازي ، وهذا يؤدي بدوره الى ارتفاع في درجة حرارة الارض ، اضافة الى ذلك فأن التفجيرات النووية واتساع خطوط النقل الجوي المدني والحربي وزيادة استخدام الاسمدة الازوتية والكلورفلوركاربون تؤدي هي الاخرى الى استمرار ارتفاع درجات الحرارة عن طريق التغير في نسبة غاز O3 الموجود في طبقة الستراتوسفير ، الذي يعد الدرع الواقي لسطح الارض من الاشعة فوق البنفسجية . ولتسليط الضوء على هذه التغيرات المناخية ومعرفة اسبابها نتمثل بما يلي:

اولاً: دور غاز ثاني اوكسيد الكاربون في التغير المناخي وارتفاع درجة حرارة الارض:

يلعب غاز CO_2 دوراً كبيراً في التأثير على كمية الاشعاع الشمسي الواصل والصادر من سطح الأرض تجاه الفضاء ، اي على الموازنة الاشعاعية وبالتالي على درجة الحرارة .

نسبة غاز CO_2 في الجو ليست ثابتة ، بل هي متغيره اذ تتغير من فصل الى آخر ، ومن مكان الى آخر ويصل مدى التغير الفصلي في هذا الغاز الى الضعف في العروض العليا من نصف الكرة الشمالية ، فعند دائرة عرض 50 شمالاً تتراوح كميته بين 310 / 1000000 في اواخر الصيف الى 318/1000000 في الربيع . وتعود القيم المنخفضة الملحوظة في الصيف الى عملية تمثيل هذا الغاز في البحار القطبية الباردة . واذا كانت كمية غاز CO_2 في الجو بحدود (2300 × 10 ^{6}طن) فأن الكمية الرئيسية لهذا الغاز تجدها محلولة في مياه المحيطات (130000 × 10 ^{6}طن) . غير ان المهم في الامر هو ان حدوث تزايد في كمية غاز CO_2 في الجو يؤدي الى تزايد في امتصاص الاشعة الارضية طويلة الموجه التي يبثها سطح الارض والتي تقع ضمن المدى الموجي 13-17 ميكرون ، مما ينجم عنه تزايد في درجة الحرارة ، ذلك ان غاز CO_2 يعد غازاً شفافاً للاشعة الضوئية (قصيرة الموجه) لكنه غاز غير شفاف للاشعة الحرارية (طويلة الموجة) التي يبثها سطح الارض [1] . وتتباين النشاطات البشرية التي تزيد من غاز Co_2 في الجو وخاصة في المئة السنة الاخيرة التي ادت الى احداث تغيرات في دورة الكاربون ، اذا بلغت كمية غاز CO_2 والتي تنتج عالمياً عن طريق مصادر الطاقة الاحفورية، فضلاً عن حرق الغابات والاعشاب بحوالي 14 مليار طن سنوياً ، ينطلق حوالي نصف هذه الكمية الى الغلاف الغازي بينما تمتص التربة والغلاف المائي القسم المتبقي . بعد ان يستقبل سطح الكرة الارضية اشعة الشمس يعكس قسم كبير من هذه الاشعة على شكل اشعة تحت الحمراء infrared لتجنب ازدياد درجة حرارة سطح الارض . وعند زيادة نسبة غاز CO_2في الغلاف تقل نسبة معدلات الاشعة تحت الحمراء المعكوسة من الارض الى الفضاء الخارجي وبالتالي تتجمع في الغلاف الغازي ، وهذا يعود الى خصائص غاز CO_2في امتصاص الأشعة الحمراء الامر الذي يؤدي الى رفع درجات الحرارة على سطح الارض واحداث تغيرات للمناخ العالمي ، وتسمى هذه الظاهرة بالبيت الزجاجي (Green house effect) الذي يسمح بدخول الضوء المنظور (400-750nm) ولكنه يحجز الاشعة تحت الحمراء المنعكسة من السطح والبنايات داخل البيت مسبباً ذلك الارتفاع في درجة الحرارة [2] خطورة تزايد Co_2 في الغلاف الغازي والتي يتوقع ان تتضاعف نسبته ، ومما يؤكد دقة هذه التوقعات هو مقدار التغير في درجة حرارة سطح الارض وغلافها الغازي بسبب الاحتباس الحراري الناتج من تراكم كميات كبيرة من غاز Co_2 [3] . وهذا واضح في جدول (1) الذي يبين زيادة تركيز غاز Co_2 في الجو ، الناتج من الاستهلاك العالمي للنفط ومصادر الطاقة الاخرى والتي هي في حالة تزايد مستمر ، حيث بلغ اجمالي استهلاك الطاقة نحو (35.1) مليون برميل مكافئ نفط / يومياً في عام 1950 ، ثم الى (193.1) مليون برميل مكافئ نفط / يومياً عام 2000

جدول (1) زيادة انبعاث غاز ثاني اوكسيد الكاربون في الجو خلال المدة 1970-1996

السنوات	تركيز Co_2 جزء بالمليون	السنوات	تركيز Co_2 جزء بالمليون	السنوات	تركيز Co_2 جزء بالمليون
1970	325.5	1979	336.7	1988	351.3
1971	326.2	1980	338.5	1989	352.8
1972	327.3	1981	339.8	1990	354.0
1973	329.5	1982	341.0	1991	355.5
1974	330.1	1983	343.6	1992	356.3
1975	331.0	1984	344.3	1993	357.0
1976	332.0	1985	345.7	1994	358.9
1977	333.7	1986	347.0	1995	360.9
1978	335.3	1987	348.8	1996	362.6

المصادر :

1. NNEP (1998-1999) world Recourse . USA, p.348.
2. UNEP (1988-1989)world Recourse USA , p. 335

ويتوقع ان يصل الاستهلاك الى نحو (316.2) مليون برميل مكافئ من نفط يومياً عام 2025 جدول (2) ، من خلال استمرار احراق الوقود المستخرج من الحفريات وبدرجة اقل فقدان الغطاء النباتي ، الغابات خاصة [4] اذ تشير بعض الدراسات الى ان درجة تركيز هذا الغاز Co_2 في الجو بحدود 285 جزء من مليون عام 1860 وبحدود 294 جزء من مليون في عام 1870 ، لتبلغ قرابة 300 جزء من مليون عام 1920 ، لتصل الى حوالي 313 جزء من مليون في عا م 1960 [5] ، وحسب جدول (1) 325.5 جزء من مليون عام 1970 ، ثم تزداد الى 338.5 جزء من مليون عام 1980 ، وتصل الى 354 جزء من مليون عام 1990 ، والى 362.6 جزء من مليون عام 1996 ، ويستمر التزايد ليصل 370 جزء من مليون عام 2000 [6] ، والى 379 جزء من مليون عام 2005 [7] ومن المتوقع ان يصل الى 425 جزء من مليون عام 2020 [8] .

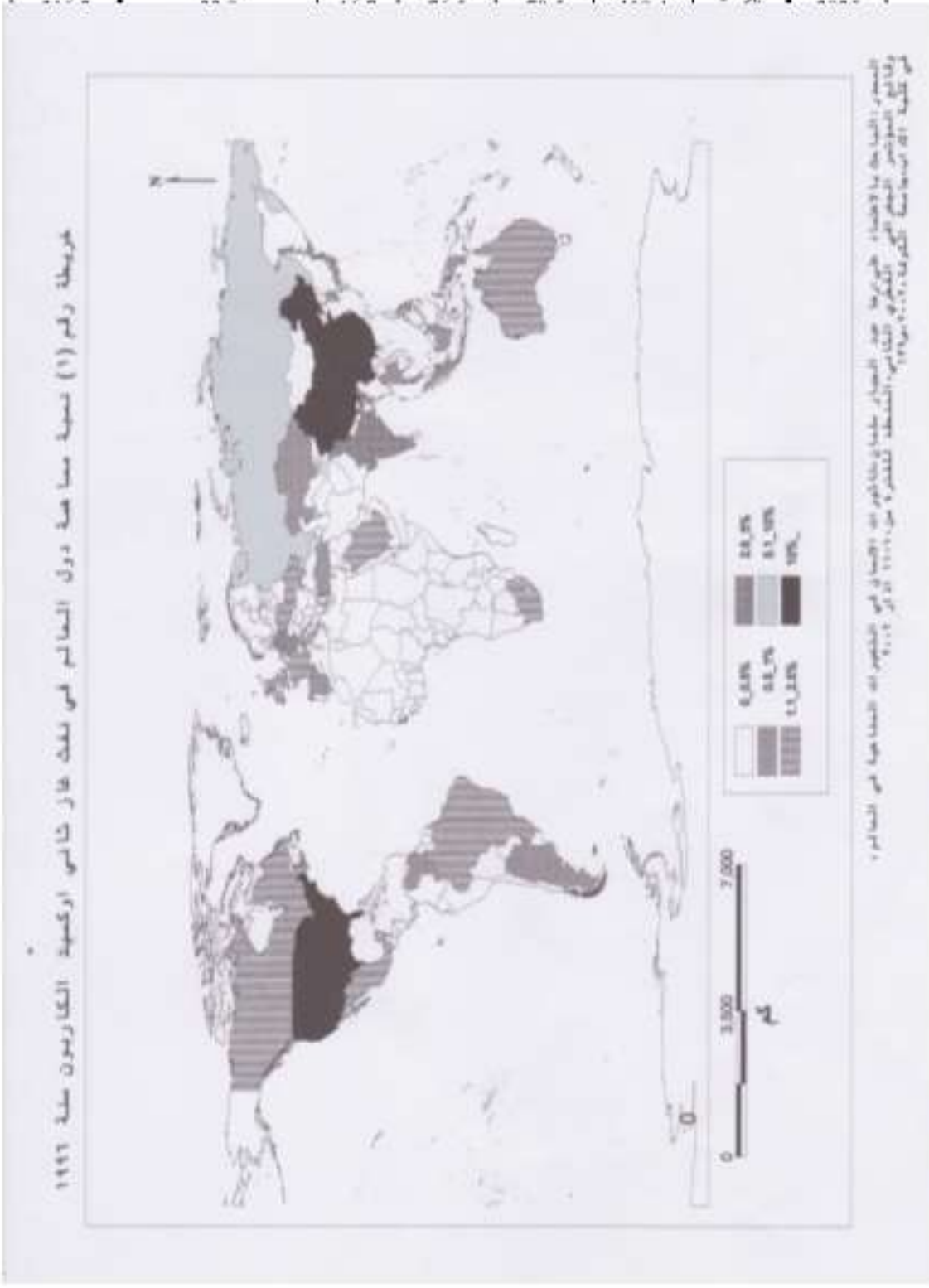
والمصادر المؤدية لاستهلاك مصادر الطاقة في العالم والتي تسببت انبعاث الغازات ومنها غاز Co_2 وتؤدي الى تغيرات بيئية ومناخية حادة هي الصناعات والاعمال والاستخدامات الكثيفة في الدول المتقدمة [9] ويمكن ملاحظة ذلك في خريطة (1) التي تبين نسبة مساهمة دول العالم في نفث غاز Co_2 وهذه النسب تبعث القلق اذ تساهم الولايات المتحدة والصين بأعلى النسب من غاز Co_2 ثم تأتي روسيا الاتحادية والمانيا والهند واليابان بالمرتبة الثانية ، ويمكن معرفة تأثير هذا الغاز على الدول التي تطلقها مثل اليابان ومدى تأثيره على مدنها الكبيرة مثل طوكيو وازواكا وكيوتو التي شهدت ارتفاعاً سريعاً في درجات الحرارة ، حيث ازدادت درجة الحرارة بحوالي 0.9 م في طوكيو و 0.6 في اوزاكا و 0.9 م في كيوتو ، بينما اوضحت المحطات الريفية ارتفاعاً اقل عما هو عليه في المدن الكبيرة ، وقد ارجعوا 60% من هذا الارتفاع الى زيادة التحضر على المناخ[10]. من زيادة شبكات الطرق والتطور العمراني والابنية التي تمتص نسبة عالية من الاشعاع الشمسي ، فضلاً عن زيادة اعداد السيارات والمعامل الصناعية ووسائل التدفئة والتبريد .

وبناء على ما تقدم يتضح بان زيادة غاز Co_2 في الجو يعمل على تغير موازنة الاشعاع الشمسي الواصل الى الارض بطريقة يزيد معدل درجة حرارة الغلاف الغازي ، ومن ثم يؤدي الى ظاهرة البيت الزجاجي الذي يستقبل اشعاعاً قصير الموجة ويعيق مرور اشعاع طويل الموجه ، مما يقود الى ارتفاع درجة حرارة الجو والارض معاً .

جدول (2) استهلاك العالم من النفط ومن مصادر الطاقة الاخرى للمدة 1900 – 2025 (مليون برميل مكافئ من نفط / يوميا)

السنة		النفط	الغاز الطبيعي	الفحم	النووية	الكهربائية والمصادر الاخرى	الاجمالي
1900	الكمية	0.420	-	9.9	-	0.221	10.541
	%	3.8%	-	94.2%	-	2%	100%
1950	الكمية	9.1	3.3	20.9	-	1.8	35.1
	%	25.9%	9.4%	59.9%	-	5.1%	100%
1960	الكمية	21.6	8.1	30.0	-	3.6	63.3
	%	34.1%	12.8%	47.4%	-	5.7%	100%
1970	الكمية	46.4	18.6	32.7	0.4	6.1	104.2
	%	44.5%	17.8%	31.4%	0.4%	5.9%	100%
1973	الكمية	57.0	21.5	33.4	1.0	6.6	119.5
	%	47.7%	18.0%	28.0%	0.8%	5.5%	100
1980	الكمية	61.7	25.6	40.4	3.3	8.3	139.3
	%	44.3%	18.4%	29.0%	2.4%	5.9%	100%
1990	الكمية	65	32.4	46	8.1	4.0	155.5
	%	41.8%	20.8%	29.6%	5.2%	2.6%	100%
2000	الكمية	75.7	41.3	45.2	12.3	18.6	193.1
	%	39.2%	21.4%	23.4%	6.4%	9.6%	100%

201.8	15.7	13.1	48.1	46.7	78.2	الكمية	2002
100%	7.8%	6.5%	23.8%	23.1%	38.7%	%	
271.5	20.8	15.5	66.9	64.9	103.3	الكمية	2015
100%	7.7%	5.7	24.6%	23.9%	38.1%	%	



ثانياً: تاثير تغير غاز الاوزون (O_3) الجوي في التغير المناخي :

يعد غاز O3 من اهم مكونات طبقة الستراتوسفير ، بل ويعد احد العناصر المهمة في تركيب الجو ، لاهميته المناخية بالنسبة لطبقتي الستراتوسفير والتروبوسفير ايضاً والحيوية. واي تغير في نسبته ستظهر اثارها على طبقة الستراتوسفير [11] وذلك لاحتواء هذه الطبقة على اكثر من 95% من غاز O3 ، لذا اصبحت هذه الطبقة لها اهمية حياتية كبيرة لكونها تشكل درعاً واقياً يحمي احياء سطح الارض من مخاطر الاشعة فوق البنفسجية التي يمتص معظمها غاز $O3$ [12] لذا عقد مؤتمر مونتريال الخاص بحماية طبقة الاوزون تحت رعاية الامم المتحدة للتحكم في المواد الكيمياوية التي سببت ضرراً بغاز O3 من خلال حظر انتاج استخدام العديد من تلك المواد ووضع قيود لاستخدام البعض الاخر [13] ويقوم الانسان بالشطته المختلفة بتحطيم حزام الاوزون الواقي من خلال عدة ملوثات تعمل معاً على تخريبه هي :

1. **الاكاسيد الازوتية :** تعد اكاسيد الازوت اهم المركبات المخربة للاوزون ، وهنالك ثلاث مصادر بشرية اساسية تعمل على توليد الاكاسيد الازوتية التي تدخل الطبقة الستراتوسفرية الازوتية وهي :

أ. **تفجيرات النووية :** تساهم التفجيرات النووية بدور كبير في تخريب طبقة الاوزون ، وخاصة تلك التي تنتج عنها مركبات كيميائية وغازية تقوم بالاتحاد مع الاوزون مثل اكاسيد الازوت ، ويتوقع القضاء على نسبة كبيرة من الاوزون تقدر بحوالي 70 % اذ ما نشبت الحرب النووية[14]. اذ شهد العالم العديد من الكوارث والتجارب النووية للاغراض العسكرية التي تعمل على تخريب غاز O3 وبالتالي رفع درجة حرارة سطح الارض ، فعلى صعيد الكوارث النووية تعطل المحطة التي تقوم بتزويد ماء التبريد للوحدة رقم (2) في المحطة النووية لتوليد الكهرباء في ثري مايل ايلاند بشكل مفاجئ في ولاية بنسلفانيا يوم 28 مارس سنة 1979 [15] كذلك انفجر المفاعل النووي رقم (4) في محطة تشرنوبل للطاقة النووية في شهر ابريل سنة 1986 ، واشتعال المبنى الضخم لمدة عشرة ايام ملوثاً عشرات الآلاف من الاميال المربعة في شمال اوكرانيا وجنوب بلاروسيا ومنطقة بريانسك الروسية [16] . وما لهذه الكوارث النووية من اثار خطيرة على نسبة غاز O3 في الغلاف الغازي . اما التجارب النووية للاغراض العسكرية شهد العالم منها الكثير فخلال المدة 1945 – 2006 ، بلغ عدد التجارب النووية نحو (2058) تجربة نووية ، جدول (3) ويلاحظ من الجدول تفوق الولايات المتحدة الامريكية من حيث اجرائها للتجارب النووية على بقية القوى النووية مجتمعة ، ففي نفس المدة اجرت (1030) تجربة نووية، بينما لم تقم بقية القوى النووية مجتمعة الا (1026) تجربة نووية. اما روسيا الاتحادية فقد احتلت المركز الثاني وبلغ عدد تجاربها نحو (715) تجربة نووية خلال نفس المدة تلتها فرنسا بالمركز الثالث . وما لهذه الكوارث من اثار سلبية على البيئة التي نعيش فيها ، لان استمرارها يؤثر سلباً على طبقة الستراتوسفير وبالتالي زيادة وصول الاشعة فوق البنفسجية الى سطح الارض التي ترفع بدورها درجة حرارة الهواء الملامس لسطح الارض .

جدول (3) تجارب القوى النووية العالمية للأغراض العسكرية خلال المدة 1945-2006

المدة الزمنية / الدولة	1945 1949	1950 1959	1960 1969	1970 1979	1980 1989	1990 1999	2000 2006	الاجمالي
الولايات المتحدة	6	188	428	232	155	21		1030
روسيا الاتحادية	1	82	232	227	172	1		715
المملكة المتحدة		21	5	5	12	2		45
فرنسا			31	69	92	18		210
الصين			10	16	7	10		43
الهند				1		6		7
الكيان الصهيوني				1				1
باكستان						6		6
كوريا الشمالية							1	1
الاجمالي	7	291	706	550	438	64	1	2058

المصدر : لطيف كامل كليوي جميل الجابري ، التحديات الاقليمية والدولية التي تواجه المشروع النووي الايراني دراسة جيوبولتيكية ، رسالة ماجستير (غير منشورة) مقدمة الى كلية الاداب ، جامعة القادسية ، 2008 ، ص31.

ب. **الطائرات :** تقوم الطائرات النفاثة المدنية والعسكرية بتلويث الغلاف الغازي بالمواد الكيميائية مثل غاز $CO2$ وثاني اوكسيد الكبريت وبخار الماء واول اوكسيد الكاربون واوكسيد الاوزوت والهيدروكاربونات [17] . كما في طائرة الكونكورد الفرنسية – البريطانية ، والطيران الحربي يطير على علو يقارب من 20 كم فوق مناطق ماهولة بالسكان. كما ان اعداد كبيرة من الطيران المدني (طيران النقل) فوق الصوتي يطير في طبقة الستراتوسفير العلوي على علو يزيد على 10 كم ، مما يجعل جزءاً من ملوثاته التي يطلقها تتنقل الى طبقة الستراتوسفير الادنى .

ومما بات معروفاً جداً ، ان عوادم محركات الطائرات النفاثة تطلق كميات كبيرة نسبياً من بخار الماء وCO_2 وكميات اقل من اول اوكسيد الكاربون واكاسيد الاوزوت وثاني اوكسيد الكبريت والهيدروكاربونات ، وذيول

التكاثف مظهر شائع على طول طرق الطيران النفاث ، متخذة تلك الذيول شكل غيوم سمحاقية ومثل هذه الغيوم التي يمكن ان تتشكل ايضاً الستراتوسفير ولا تتشتت بسرعة ، بل يمكنها البقاء لمدة تصل الى ثمانية عشر شهراً بسبب القفر في حركة الهواء او جفاف الجو ، وهذه الغيوم ان دلت فهي تدل على كمية بخار الماء الملوث التي تفرغها محركات الطائرات خلفها ، اذ تبين ان 400 طائرة فوق صوتية حربية او مدنية تطير اربع مرات يومياً ستخلف وراءها 150 مليون كيلوغرام من بخار الماء الملوث في الستراتوسفير الادنى [18] . من جانب اخرى بينت احصائيات افتراضية اخرى ان طيران 500 طائرة بيوئغ لمدة ثمان ساعات يومياً ولمدة سنة يؤدي الى نقصان كمية غاز O3 حوالي (10-20 % سنوياً)[19].

ج- الأسمدة الازوتية : استخدام الاسمدة الازوتية بشكل واسع في الزراعة حوالي 40 مليون طن سنوياً ، يؤدي الى انطلاق غاز الاوزوت ، خاصة اول اوكسيد الازوت وثاني اوكسيد الازوت ، التي تقوم بالاتحاد مع الاوزوت وتخرب طبقة الاوزون [20] . ويرى علماء الميترولوجيا ان التركيبة الطبيعية لطبقة الستراتوسفير بدأت تتأثر ويختل توازنها لزيادة حجم ملوثات الهواء ويستدلون على ذلك من خلال وجود الستار الضبابي (Nebulous) وهو ما يسمى بالضبخية (الضبخان) والذي نشاهدوا اليوم من فوق المحيطات ومنطقة القطب الشمالي [21].

2- الكلورفلوركاربون : انطلاق المركبات الكلورفلورميثانية الى الجو سيترتب عليه انخفاض في نسبة غاز O3 ، لما تتعرض اليه تلك المركبات من تفكك متولداً عنها جزئيات الكلور النشطة ، وتتمثل مصادر المركبات الفلوروكاربونية بما يلي :

1. **صفائح الرش الترابية المضغوطة** : بدءاً من استخدامها في الدهانات والروائح العطرية ورشاشات الشعر الى بوليش السيارات والمبيدات الحشرية ، ففي المملكة المتحدة ينفق سنوياً على الصفائح الترابية ما لا يقل عن 200مليون جنيه يتم تشغيلها من خلالها استعمال مدفع غازي من نوع الفريون الذي هو عبارة عن مركبات الكلورفلوركاربون كما في التريكلور فلورميثان ، ان تلك المركبات الفريونية المنطلقة من المدافع الغازية تتصف بخمولها الكيميائي في طبقة التروبوسفير وبشدة تطايرها وانتشارها نحو الاعلى حيث تبلغ طبقة الستراتوسفير منتشرة فيها بكمية تتراوح بين 10-100000 طن سنوياً واحياناً اكثر [22].
2. **المكيفات الهوائية والبرادات ، ورغوة البلاستيكات (البوليرتين) (Polyurethane) والبوليسترين (Polysytrene):** التي تطلق بحدوده 25% من الغازات الفلوروكاربونية . وتشير الدراسات الحالية الى ان التركيزات الجوية للفلوركاربونات في حالة تزايد سريعة ، خاصة فيما يتعلق F.11 (فريون 11) الذي يتزايد سنوياً بمعدل 13-28% [23] . وفريون 12 وفريون 124 ، يكمن خطر هذه المركبات في كونها قد تتسرب الى الجو اثناء عملية التصنيع او اثناء الاستخدام ، او بعد الاستخدام وتلف اجهزة التبريد والتكييف ، وعندما تنطلق هذه المركبات وتصل الى طبقات الجو العليا ، حيث تتفكك تحت تأثير الاشعة فوق البنفسجية وتعطي من جديد الكلور والفلور والكاربون التي تتفاعل مع الاوزون ، وتقوم بتخريب طبقة الاوزون ، فضلاً عن قدرة مركبات كلورفلوركاربون على تخريب طبقة O3 فلها الكثير من المخاطر وهي على الشكل التالي : تحتاج هذه المركبات لمدة طويلة لكي تتلاشى ، لتنقل ببطء الى طبقات الجو العليا ومن ثم تمارس دورها في تخريب طبقة الاوزون ، يلعب الكلور الناتج عن تفككها دور الوسيط في التفاعلات دون ان يتغير بالاضافة الى قدرة الكلور على تخريب الاوزون ، حيث تقوم ذرة كلور واحدة بتخريب حوالي (100 الف جزيئة اوزون) قبل ان تفقد نشاطها [24] وبناء على ما تقدم فان استمرار الكوارث والتجارب النووية في العالم ، ينتج عنها مركبات كيميائية وغازية تقوم بالاتحاد مع غاز الاوزون وتعمل على تخريبه ، كما ان زيادة بخار الماء الناتج من تفريغ محركات الطائرات المدنية والعسكرية يؤدي بالنتيجة الى نقصان كمية غاز O3 في طبقة الستراتوسفير ، فضلاً عن تأثير صفائح الرش الترابية المضغوطة والمكيفات الهوائية ورغوة البلاستيكات ومالها من تأثير هذه الاجهزة من خلال المركبات التي تطلقها وتصل الى طبقات الجو العليا ثم تمارس دورها في تخريب طبقة الاوزون ، الامر الذي يؤدي الى رفع درجة حرارة الهواء .

ثالثاً: الآثار البيئية المترتبة عن التغيرات المناخية :

اهم الاثار المترتبة من زيادة غاز CO2 وتغير في غاز O3 هو ارتفاع درجة حرارة الارض ، الامر الذي يؤدي الى تفاقم مشكلة الاحتباس الحراري وهواخطر عوامل التغيرات المناخية في العالم واهم هذه الاثار البيئية هي :-

1. موجات الحر :

يستلم الغلاف الغازي حوالي 14% من كميات الاشعاعات الشمسية الكلية على هيئة اشعاع مباشر لغرض تسخين الغلاف نفسه ، ويحصل حوالي 18 % من الاشعة نتيجة عملية طرح حرارة بخار الماء الكامنة بعد عملية التكاثف ، ويضاف اليها حوالي 6 % نتيجة لعملية تسخين الهواء الملامس لسطح الارض ، وبهذا يكون مجموع الاشعة المنعكسة نحو الغلاف الغازي بحوالي 38 % [25] . واستمرار زيادة الملوثات من غاز Co_2 والغازات الاخرى في الجو يعمل على تغيير موازنة الاشعاع الحالي للارض بطريقة تزيد معدل درجة حرارة الغلاف الغازي ، ويعرف هذا التأثير في كثير من الاحيان تأثير البيت الزجاجي منذ اواخر القرن التاسع عشر فقد تنبأت حسابات حديثة بارتفاع حرارة الجو بحوالي (1.9م) في درجة حرارة السطح جراء مضاعفة تركيز Co_2 ومثل هذه الزيادة سيكون لها تأثير على مناخ الارض [26] وخاصة في مناطق الحوضيات التصاريسية والوديان، لانها تشكل القلابات

حرارية سطحية في ظل سيادة ظروف ضغط جوي مرتفع ، وتبرد ليلي، واذا كانت تلك الحوضيات والوديان تحتوي على منشآت صناعية ومراكز تجمعات سكنية ، فان الملوثات ستتركز بكثافة شديدة ، كما حدث في وادي ماس (meuse) قرب مدينة ليه البلجيكية ، وكما حدث ايضاً في وادي مونونغالا قرب مدينة دونورا في الولايات المتحدة الامريكية [27] الامر الذي يؤدي الى سيادة موجات الحر فيها ، ومن تلك المناطق التي شهدت موجات الحر مدينة لهاسا في التبت بالقرب من جبال همالايا التي شهدت ارتفاعاً في درجات الحرارة تجاوزت حاجز 25 درجة مئوية ولمدة 23 يوماً ، في تموز عام 1999 شهدت مدينة نيويورك ارتفاعاً كبيراً في درجة الحرارة وجفافاً لم تشهد له من قبل في تاريخها حيث تجاوزت درجة الحرارة 35 درجة مئوية وعلى مدى 11 يوماً [28] وتتوقع دوائر الارصاد الجوي بأن التغيرات المتوقعة على درجات الحرارة تتجاوز معدلاتها وتصل الى 38م ولمدة 12 يوماً والى اكثر من 32م ولمدة 85 يوماً في مناطق متفرقة من العالم ، مما يعني زيادة موجات الحر وما يرافقها من تأثيرات على صحة الانسان[29].

2- الجفاف والحرائق :

الجفاف يؤثر في كل منطقة تقريباً من مناطق العالم ، ولكنه اشد تدميراً في الاراضي الجافة اصلاً في امريكا الجنوبية واسيا وافريقيا ، فهناك 18 % (870 مليون هكتار) من الاراضي المنتجة تعاني الجفاف في هذه القارات الثلاث مجتمعة ، ففي السودان والمناطق الساحلية في افريقيا وبدرجة اقل بعض البلدان الواقعة جنوب هذه المنطقة هي الاكثر تضرراً بين الاراضي في البلدان النامية[30] اذ ان 32% من اراضي العالم الجافة موجودة في هذه القارة ، وان 73 % من الاراضي الزراعية قد اصابها التآكل والتعرية ([31] degradation) كما شهدت المنطقة العربية منذ شتاء 998-1999 وعموم مناطق الشرق الاوسط ووسط اسيا وجنوبها مراحل جفاف خطيرة [32] . لقد جلبت ظاهرة الجفاف التي تعرضت لها القارة الافريقية في الثمانينات الكثير من الازمات الغذائية والاقتصادية وادت الى المجاعات في معظم بلدانها (34 دولة) يعيش فيها حوالي (150 مليون نسمة) وقد توفي في العام 1984 – 1985 حوالي مليون شخص وتشرد حوالي عشرة ملايين نسمة [33] . اما الحرائق كثيراً ما تتعرض مساحات واسعة من الغابات واراضي الحشائش للحرائق في بعض ايام الصيف المرتفعة الحرارة والشديدة الجفاف الى حرائق تأتي على الاف الاشجار والشجيرات وعلى مساحات كبيرة من اراضي الحشائش ، مطلقة دخاناً عالياً في الجو بشكل غيوم دخانية كثيفة قاتمة قد يصل مستواها العلوي حتى سقف الطبقة التروبوسفير . ومن اقرب الحرائق في ايامنا الحريق الذي شهدته غابات تايغا في سيبيريا مستمرة مدة تزيد على خمسة عشر يوماً ، والذي قضى على اشجار كثيرة [34] . وفي البرتغال تعرضت 417 الف هكتار من الغابات للحرائق وهي بذلك تفوق باكثر من 30% معدل الخسائر في العقدين الماضيين . وفي فرنسا دمرت الحرائق عام 2003 نحو 45 الف هكتار في الغابات أي بزيادة نسبتها 30 % مقارنة بالمعدل المسجل خلال المدة الواقعة 1980 – 2000 ، وفي روسيا الاتحادية بلغت حجم الخسائر نحو 23 مليون هكتار ، علماً ان روسيا الاتحادية قد فقدت عام 2001 نحو 1.7 مليون هكتار ، اما الولايات المتحدة الامريكية فقد وصلت الخسائر فيها 2.8 مليون هكتار مقابل 1.7 مليون هكتار في عام 2002، وفي كندا فقد انخفضت نسبة الخسائر من 2.6 مليون هكتار في عام 2002 الى 1.5 مليون هكتار عام 2003 رغم شدة الحرائق غربي البلاد . وفي استراليا سجلت خسائر تزيد على 6 مليون هكتار في موسم الحرائق حالياً ، علماً ان 50 % من تلك الحرائق كانت من صنع الانسان [35] .

وبصورة عامة تعد دول مثل ساحل العاج وبارغواي والسلفادور وتوكو وملاوي والاكوادور والنيجير ونيجيريا وهايتي وكوانيمالا والمكسيك وغينيا واوغندة وكينا والصين وبوركينافاسو وغانا اكبر دول العالم استنزافاً للغابات حيث تتراجع فيها مساحات الغابات بمعدلات كبيرة عن طريق قطع الغابات وحرق النباتات العشبية ، اذا ما ادركنا اهمية الحياة النباتية في حفظ التوازن البيئي وكعامل مساعد في زيادة كمية الأمطار وان عملية ازالة الغابات وحرقها بفعل الانسان لها خطورتها في شيوع الجفاف[36] .

3. ذوبان الجليد :

تغطي الغطاءات الثلجية والجليدية الدائمة مساحة تعادل 16 مليون كم2 او بالاحرى 11 % من مساحة اليابس ومن تلك المساحة 13.9 مليون كم2 تشمل الغطاءات الجليدية في قارة انتار كيتكا 1.7 مليون كم2 تشمل الغطاءات الجليدية في كرينلند . تمتاز الغطاءات الجليدية بدرجة انعكاس ونسبة اشعاع عالية وهو يقوم بدور تبريد حك للهواء ونتيجة لانخفاض حرارة الهواء فوق الجليدي تؤدي تلك العملية الى طرح رطوبة الهواء على هيئة صقيع وندى الثلج ويبقى الهواء لهذا السبب بحالة اقرب الى الجفاف [37] . وبالنسبة للغطاء الثلجي الذائب فان اهم دور في الذوبان تلعبه العملية التصاعدية للحرارة حيث كتل هوائية دافئة تصعد الى الاعلى وتؤدي الى ذوبان الغطاء الثلجي ، اما تسخين الغطاء الثلجي بواسطة الاشعاع الشمسي المباشر فان دوره يكون في الدرجة الثانية وذلك بسبب ارتفاع نسبة الالبيدو الكبيرة للثلج حيث تفقد طاقة حرارية كبيرة مباشرة . هذا مع العلم ان الغطاء الثلجي القديم والذي تغير لونه يسخن بواسطة الإشعاع الشمسي المباشر ثم يأخذ بالذوبان بسرعة وذلك بالمقارنة مع غطاء جديد ناصع البياض[38] . ويؤدي استمرار الاتجاهات الحالية من تركيز غاز Co_2 وغيرها من غازات في تسخين الهواء الى ذوبان مساحات واسعة من الجليد وتراجعه في مختلف مناطق العالم كما ان بعضها منها قد اختفى نهائياً ففي جبال المنطقة المدارية نجد ان ستاً من جليدات جبال راونزوري اختفت نهائياً [39] فيما اخذ الجليد يتراجع في مناطق اخرى

نحو المنبع كما هو الحال في نهر جا نجوتري الجليدي في الهند بمعدل 98قدم /سنة (20.9م/سنة) ، وفي القوقاز في روسيا اختفت نصف الثلوج الموجودة على مرتفعات القوقاز خلال 100 سنة الماضية فضلاً عن تراجع انهار اخرى من جبال الاندیز [40]

وفي احدث الدراسات التي اجريت حول ظاهرة الاحتباس الحراري ، افاد عالم الجغرافيا لوك كويلاند في جامعة اوتاوا بأن تسارع وتيرة الاحتباس الحراري في المناطق الشمالية يساهم في كسر جبال الجليد التي قد تتحول الى كتل عائمة في القطب الشمالي ، وكان كويلاند يتحدث في ختام مهمة قام بها مع زميلة ديرك موار في جامعة الاسكا الى جزيرة ايلز الجليدية ، وهي كتلة جليد بحجم جزيرة مانهاتن تبلغ مساحتها 66كم2 تطفو على سطح المياه منذ ان انفصلت في عام 2005 عن جبل جليد مرتبط بجزيرة السمير في اقصى الشمال الكندية على بعد حوالي 800 كم من القطب المتجمد الشمالي واضاف كويلاند اننا نعلم بأن هذه الكتلة تتجه غرباً بفعل التيارات البحرية لكننا نجهل الوقت الذي تحتاجه لبلوغ الاسكا ، ربما (5-10) سنوات [41] .

وهنالك حسابات تظهر بان ذوبان ربع الجليد الموجود في القطبين سيؤدي الى انغمار ثلثي القارة الاوربية تحت البحر ، نتيجة الزيادة المطردة لغاز Co_2 الذي يقذف في الجو وبذلك يزداد المعدل السنوي لدرجة الحرارة عند زيادة تركيز غاز Co_2 في الجو [42] الامر الذي يؤدي بدوره الى قلة مساحات الجليد في مناطق مختلفة من العالم وخاصة القريبة من القطبين .

4. ارتفاع منسوب البحار :

الانسان اعتبر الارض ومصادرها الطبيعية وكل ما عليها من كائنات حية وكأنها لا دور لها ، وهو صاحب السلطة بالتحكم بها او تغيرها وفق هواه وعليه زادت الغازات السامة الصاعدة من المصانع والمدن والمطارات والطرقة البرية ، فضلاً عن الانفجار السكاني قد ادت الى الاخلال في التوازن الطبيعي للبيئة[43]. أي الارتفاع في درجات الحرارة ، ولو ارتفع معدل درجة الحرارة على مستوى عالمي من 2-4°م ، فان ذلك يؤدي الى ذوبان كميات كبيرة من جليد القطبين الشمالي والجنوبي مما يسبب في ارتفاع منسوب البحار واغراق كثير من المدن الساحلية مثل نيويورك وكوبن هاكن ، وكذلك يؤدي في القضاء على قسم كبير من اليابسة والمياه الجوفية والعذبة [44] وفي المؤتمر الدولي للتغيرات المناخية الذي عقد في مدينة كيوتو عام 1997 بحضور علماء من 160 دولة تحت اشراف الامم المتحدة اكد العلماء ان ارتفاع الحرارة فوق سطح الارض سيؤدي الى تغيرات حادة في النظم الحرارية وتقلبات شديدة في المناخ وذوبان الجليد عند القطبين ، مما سيؤدي الى ارتفاع منسوب مياه البحر بما يتراوح بين (15-95سم) فتغرق جزر باكملها وشواطئ وتحدث فيضانات وعواصف رعدية مدمرة في مناطق اخرى وجفاف مهلك في مناطق اخرى ، ويتوقعون ان ترتفع درجة الحرارة بما يتراوح وبين (1.5-3.5م) بحلول عام 2100 واستشهدوا بارتفاع متوسط درجة الحرارة بمقدار 0.6 درجة خلال المائة عام الاخيرة واكدوا ان عام 1997 هو اشد الاعوام حرارة في تاريخ الكرة الأرضية وان الأعوام الحارة الأخيرة في عقد التسعينات دليل على ان شيئاً ما يحدث لمناخ الارض . واذا ما ارتفع مستوى سطح البحر فان مئات الملايين من البشر الذين يتركزون في السهول الساحلية سيتأثروا بذلك بالاضافة الى العديد من المدن الكبيرة مثل نيواورليانز وميامي والاسكندرية وبانكوك والقاهرة وكلكتا وجدة وامستردام ، فضلاً عن ذلك فان زيادة منسوب سطح البحر سيؤدي الى زيادة تأثير الاعاصير البحرية المدمرة مثل الهاريكان وستكون مناطق مثل جنوب الولايات المتحدة وبنغلادش من اكثر الاقاليم العالم تضرراً من ذلك [45] لان زيادة 50 سم ستؤثر تأثيراً هائلاً على المناطق المنخفضة في الولايات المتحدة الامريكية بحيث تفقد 20-55% من اراضيها المنخفضة القريبة من البحر ، اما في بنغلادش فان الامور مشوه اكثر ، اذا هي في الظروف الحالية عرضة للعواصف الموسمية والفيضانات وان زيادة 50سم في ارتفاع البحر سيغرق 12% من اراضي بنغلادش ، اما اذا ارتفع البحر (2-2.5م) فان هذا الامر سيؤدي الى غرق اكثر من 25% من الاراضي الساحلية المزدحمة جداً بالسكان [46]

اخر تقيم لتلك الحالة ان عام 2030 او 2040م سوف يزداد تقدم مياه البحار نحو السواحل من (30 – 70 سم) ، وهذه الحالة تؤدي الى تأثر الشواطئ والدلتاوات والموانئ مثل شط العرب ودلتا النيل والميسيبي وغيرها الكثير بالمياه المالحة ، وحتى المياه الجوفية يصيبها زحف مياه البحار المالحة ، وحتى الاراضي الزراعية وخاصة الساحلية منها سوف تفقد خصوصيتها او صلاحيتها الزراعية بسبب زيادة ملوحة الارض [47] الناتجة من تقدم مياه البحر .

5. انقراض الكائنات الحية :

تعد ظاهرة انقراض الكائنات الحية احد الظواهر التي ازدادت مع التغيرات المناخية التي ادت الى اختفاء او تناقص اعداد اخرى من بعضها ، ويظهر ذلك بشكل واضح في مناطق عديدة من العالم اذ سبب تلوث الهواء بفعل غاز Co_2 وباقي الغازات الاخرى اضراراً مذهلة للمحاصيل الزراعية وكذلك مجتمعات النباتات الطبيعية ، فلقد تعرضت اشجار صنوبر بوندا روزا في جبال سان براندينوشرف لوس انجلس اضرار على نطاق واسع بواسطة الضباب الاسود ، كما اتلفت محاصيل الحدائق في نيوجرسي وديلاوير وميري لاند بتلوث الهواء في المناطق الحضرية في نيويورك وفيلادلفيا وبلتيمور وواشنطن وفي فلوريدا وكاليفورنيا عانت اشجار الحمضيات وحقول البصل والكرافس والمحاصيل الحقلية والبرسيم والذرة الحلوة جميعاً اضراراً بالغة بطرق مختلفة من تلوث الهواء .

وكذلك شهدت مناطق اخرى بفعل اتجاه الرياح القادمة من مصاهر النحاس مثل كوبر هيل (Copperhill) وتنسي (Tennessee) تخريب للمجتمع النباتي ، [46] كما اظهرت العديد من الدراسات والرصدات في مدينة ليدز (Leads) البريطانية وجود نقص في نمو الخس والفجل في الاماكن شديدة التلوث مقارنة مع الاماكن الاقل تلوثاً في المدينة، وفي ظروف تلوث شديد جداً في ولاية كاليفورنيا الامريكية ، حدث ضرر واذى في الاوراق بسبب التركيزات الكبيرة لغاز ثاني اوكسيد الكبريت والاكاسيد الازوت ، وقد نجم عنها في وادي سكرامنتو كاليفورنيا ان قضى على النباتات في منطقة مساحتها حوالي 260كم2 ، بجانب تأثر نمو نباتات مساحة تزيد على 320كم2 ، مترتباً عليه انخفاض المردود بنسبة وصلت الى 30% وخسائر مادية بحوالي 100 مليون دولار سنوياً . ولا تقل معاناة الحيوانات عن النباتات عند تعرضها لاجواء التلوث حيث يمكن ان تتعرض عندها الحيوانات الى الموت من جراء صعوبات التنفس كما حدث في احدى مزارع العاصمة البريطانية من خلال سيادة جو الضبخان [49] . كما ان غرب الاكوادور كان ذات يوم يحوي ما بين 8000- 10000 نوع نباتي ، ومنها زهاء 40-60% انواع مستوطنة ، واذا ما اخذنا بنظر الاعتبار وجود ما بين (10-30) نوعاً حيوانياً مقابل كل نوع نباتي في المناطق المشابهة فلابد من ان غرب الاكوادور كان يحوي زهاء 200 الف نوع . ومنذ منتصف القرن العشرين دمرت تقريباً كل غابات غرب الاكوادور من اجل افساح المجال للنشاطات الاقتصادية[50] 0 ولا تقف الاضرار على ارتفاع الحرارة ، بل تتعدى الى انقراض انواع كثيرة من الطيور والنباتات ، وقد اكد الخبراء ان نحو 70 نوعاً من الضفادع انقرضت بسبب التغيرات المناخية ، كما ان الاخطار تحيط بـ(100- 200) نوع من الحيوانات التي تعيش في المناطق الباردة . ويبدي العلماء قلقاً بالغاً تجاه بعض حيوانات المناطق الباردة مثل البطريق والدببة القطبية وكيفية تأقلمها مع ارتفاع حرارة الارض ، فقد تراجعت اعداد البطريق الامبراطور من 300 زوج بالغ الى تسعة فقط في المناطق الباردة فضلاً عن الدببة القطبية التي تراجعت اعدادها واوزانها [51] . وصدر تقرير عن بي بي سي اون لاين في عام2000 بعنوان انقراض كائنات بفعل حرارة الارض ، يؤكد ان نهاية القرن الحادي والعشرون ستكون المناطق الشمالية من الارض الاكثر تضرراً ، حيث تتوقع ان تخسر الارض 70% من الكائنات التي تعيش بشكل طبيعي والبيئة التي تحتضنها ، وستكون مناطق شمال روسيا والدول الاسكندنافية وكندا الاكثر تعرضاً لعواقب الاحتباس الحراري مقارنة بغيرها ، في حين ستفقد مناطق اوربا الشمالية واجزاء من اسيا وامريكا اللاتينية نحو نصف الكائنات التي تعيش فيها [52] وبناء على ما تقدم فأن استمرار سير تصاعد غاز CO_2وتغير غاز O3 بفعل زيادة احتراق مصادر الطاقة الاحفورية من قبل الدول المتقدمة صناعياً ، وزيادة درجة حرارة الهواء الملامس لسطح الارض تعمل هذه الجوانب على زيادة موجات الحر في مختلف مناطق العالم بصورة عامة والمناطق الجافة بصورة خاصة ، مما يؤثر سلباً على اتساع مساحات الجفاف وتعرض الغابات واراضي الحشائش للحرائق ، هذا يؤدي بدوره الى تراجع الغطاءات الثلجية والجليدية الدائمة ، مما يعمل على رفع منسوب البحار واغراق الكثير من المدن الساحلية وتأثر الاراضي الزراعية وخاصة الساحلية بالمياه المالحة مما يفقد خصوبتها ، هذه التغيرات البيئية مجتمعة تعمل جميعاً على اختفاء او تناقص اعداد كثيرة من الكائنات الحية (النباتية والحيوانية) .

المبحث الثاني : تأثير التلوث على نوع الامطار الساقطة وآثارها البيئية

من المعروف ان هطول الامطار على سطح الارض تسبقه عمليات تكاثف بخار الماء وتشكيل الغيوم ، غير ان وجود ملوثات ناتجة من مركبات كيميائية مختلفة مثل غازCO_2 واكاسيد الكبريت والكاربون والنتروجين ، تعمل معاً على تكوين احماض الكبريتيك والكاربونيك وتتريك في الامطار ، لذا شاع عنه بالامطار الحامضية ، كما بات استخدام مصطلح الامطار الاشعاعية الناتجة من تكاثف نويات وغازات ساخنة من التفجيرات النووية مخلفة سحب ذات غازات ساخنة وجزيئات اخرى محمولة الى طبقات الجو العليا على شكل امطار اشعاعية ، كما ان اتساع مساحات الجفاف في مختلف مناطق العالم بفعل ارتفاع درجة الحرارة يعمل على جلب رياح الى مناطق الضغط الواطئ ، مما يعمل على حدوث امطار طينية, استمرار هذه التغيرات المناخية مع تغيير نوعية الامطار الساقطة من حامضية واشعاعية وطينية ، يؤثر سلباً على الابنية والكائنات الحية ، ولكي نوضح أسباب تكوينها والتشارها نسير على ما يأتي :

1. الامطار الحامضية :

الامطار الحامضية ظاهرة واكبت التطور الصناعي فوق سطح الارض وما صحبه من تدفق غازات وابخره وادخنة الى الغلاف الغازي. الامطار الحامضية تنتج من ذوبان الغازات الحمضية التي تتصاعد من مداخن المصانع في بخار الماء الموجود في الجو وخاصة في الاقاليم التي تتركز بها محطات القوى الكهربائية والمراكز الصناعية الضخمة التي تنتشر في كثير من الدول والتي تحرق كميات ضخمة من الوقود وينتج عن ذلك انبعاث كميات هائلة من الغازات الحامضية من ثاني اوكسيد الكبريت وكبريتيد الهيدروجين واكاسيد النتروجين ، ويعتبر ماء المطر حمضياً عندما يكون تركيز ايون الهيدروجين 7 وتبلغ حموضة الامطار التي تسقط على المناطق الشمالية من اوربا الغربية ما بين (3 و 4 و 5) وقد تصل احياناً الى 3 وهو ما يعادل نحو 100 ملغرام من حامض الكبريتيك على كل لتر من الماء [53] . وتزداد درجة تركيز حامضية الامطار في الاجزاء من تلك الدول ذات الاجواء الرطبة اكثر ، والغنية بالملوثات الكيميائية الرئيسة التي تساهم في تشكل الاحماض ، والامطار الحامضية فوق القارة الاوربية كان رقمها الهيدروجيني بحدود (5) لينخفض هذا الرقم الى (4.5) في بعض الاقطار كما في هولندا وبلجيكا

، وتعاني الولايات المتحدة الأمريكية وخاصة الاجزاء الشرقية ، وكذلك الاجزاء الجنوبية الشرقية من كندا من الامطار الحامضية التي بدأت تتعاظم بشكل كبير منذ اوائل الخمسينات من القرن العشرين ، واخذت درجة حامضية الأمطار ، في معظم الولايات الشرقية دون(5) في نهاية القرن العشرين[54] .

الامطار الحامضية لا تعترف بالحدود السياسية ، فقد تسقط في اماكن بريئة من الصناعة وذات مناخ محلي خالي من التلوث ، فدول مثل النمسا وفنلندا والنرويج والسويد وسويسرا تستقبل امطار محملة بمركبات الكبريت لا تنتجها هذه الدول حيث ان دول مثل المانيا وبلجيكا وهولندا والدانمارك وفرنسا وبريطانيا هي التي تصدر هذه الامطار الى تلك الدول وقدرت النرويج كميات الكبريت التي ترسبت فوق اراضيها ربع مليون طن حيث ان الغالبية العظمى منه اتت مع الرياح الغربية القادمة من بريطانيا ودول غرب اوربا ، وتعاني كندا هي الاخرى من الامطار الحامضية التي تأتي اليها من الولايات المتحدة الامريكية وتقدر كميات الاحماض التي تحملها هذه الامطار بحوالي 12 مليون طن يأتي نصفها من وادي اهايو الامريكي وحدة وهذه السموم تأتي مع الرياح التي تهب من خليج المكسيك وتعبر وسط القارة الامريكية وسرعان ما تتساقط على هيئة امطار حامضية على الاراضي الكندية مما يسبب خسائر ضخمة في الانتاج الغابي والزراعي والسمكي[55] .

2. الأمطار الاشعاعية :

الامطار الاشعاعية هي الامطار الملوثة بالاشعاعات الناتجة عن التفجيرات النووية التي تعد اكثر المصادر خطراً على البيئة فكل تفجير يؤدي الى زيادة تلوث عناصر البيئة (الارض والماء والهواء والسلاسل الغذائية) ، وبالتالي تسبب تلوثاً داخلياً وخارجياً للانسان . وقد عرفت مدى خطورة التفجيرات النووية منذ اختراع اول ثلاث قنابل ذرية : الاولى التي استخدمت للتجربة والاثنتان اللتين القيتا على مدينتي هيروشيما ونكازاكي في اليابان سنة 1945 [56] . ويمكن التنبؤ الى حد كبير بالاثار الاقليمية لوقوع حادث ما على الصحة والبيئة، من دراسات الغبار المشع بعد تجربة الاسلحة الذرية الاولى للجو ، وقد تأكدت هذه الاثار بالممارسة في اعقاب حادث تشرنوبل التي لا تزال بقايا النشاط الاشعاعي الضخمة للمفاعل رقم(4) بعد ان انفجر المفاعل خارجاً عن السيطرة ، دفعت الرياح السحابة شمالاً وانجرفت 70% من النشاط الاشعاعي الى بيلاروسيا ملوثة حوالي ربع البلاد[57] وانتشرت بسرعة على شكل سحابة ضخمة من الغازات الساخنة والجزيئات الاخرى المحمولة الى اعلى الغلاف الغازي وتكاثف مع الاجزاء الاخرى . وتعرف بسحابة القطر – بسحابة ممطرة ، فان السحابة الممطرة تعمل على سحب قدر من الجسيمات المشعة معها لتسقطها مع امطارها بالقرب من موقع الانفجار . وتتوقف كمية المطر الاشعاعي على مدى تداخل سحابة القطر الاشعاعية والسحب الممطرة ، وعلى كمية المطر ومده هطوله . ان المطر الذي يسقط طوال مدة ساعة يمكن ان يستقطب كل النشاط الاشعاعي الموجود في السحابة النووية تقريباً ، لكن ذلك لا يحدث الا مع التفجيرات المنخفضة (بحدود 10 كيلو طن) وتقل كمية السحب الاشعاعية كثيراً في حالة التفجيرات العالية القوة ، وتتناقص الكمية كلما زادت قوة التفجير . غير ان حالة مقابلة السحابة النووية لمنطقة عواصف رعدية ، فان المطر يؤدي الى ترسب المواد المشعة ، الناتجة حتى مع القنابل ذات القوة التي تقاس بالميغا طن [58]. ان الغيمة الاشعاعية التي انطلقت من تشرنوبل اتجهت اولاً ، بسبب اتجاه هبوب الريح يوم انطلاق نحو الدول الاسكندنافية واتجه جزئها الاسفل الى الجنوب الشرقي نحو بولندا وبعض اوربا الشرقية . وكشفت اجهزة الكشف عن الاشعاع في بعض الدول الاوربية الغيمة الاشعاعية التي وصلت بعد ذلك الى امريكا واليابان . وتعرضت بعض الدول الاوربية الى جرع اشعاعية عالية عندما تزامن وصول الغيمة مع هطول الامطار في تلك المناطق[59] . وعند تتبع انطلاق الغيمة الاشعاعية جغرافياً شمال غرب تشرنوبل نحو الدول الاسكندنافية ، ثم انحدرت نحو الجنوب الغربي الى اوربا بسبب تغير الضغط الجوي بارتفاعه في شمال اوربا وانخفاضه فوق البحر الادرياتيكي ، قمرت بيولنده ، حيث سبب سقوط الامطار وهطول كميات كبيرة من السقط ، وبتحرك الضغط الجوي الواطئ الى الشمال الغربي (الاول من مايس) تحركت الغيمة نحو فرنسا ووصلت الساحل الجنوبي الشرقي لبريطانيا في صباح يوم الجمعة الثاني من مايس ، واتجهت الغيمة نحو الشمال الغربي وغادرت بريطانيا من جهة جانوب غرب اسكتلندة بعد ان تعرضت مناطق اسكتلندة لسقط كثيف بسبب هطول المطر . ثم التفت الغيمة حول ايرلندة واتجهت نحو الشمال الشرقي عائدة الى الدول الاسكندنافية ولكن الغيمة أصبحت قليلة الاشعاع بعد هذه المدة [60] . والجدير بالذكر الإشعاعات النووية عادة تخرج من المفاعلات النووية لتوليد الطاقة الكهربائية الى البيئة عن طريق المياه العادمة والغازات العادمة ليس فقط عند حدوث خلل لهذه المفاعلات الذرية وانما ايضاً اثناء العمل العادي [61] . جدول (5) يعطي صورة واضحة لعدد المفاعلات النووية في العالم البالغة 447 مفاعلاً نووياً وما تتسرب منه من اشعاعات الى البيئة سواء كانت التربة او الماء ومن ثم الى الغلاف الغازي ، وبالتالي تسقط على شكل امطار يطلق عليها الامطار الاشعاعية . لذا يزداد خطر المحطات النووية المولدة للطاقة الكهربائية عندما يتم بنائها بالقرب من المجمعات السكنية والمدن الكبيرة ، او في المناطق التي تتعرض للهزات الارضية او المناطق ذات البنية التكتونية غير المستقرة التي تحتوي على الفوالق ، وتكثر فيها الانزلاقات الارضية ، او بالقرب من الانهار ، او في المناطق الزراعية والرعوية [62] . وما يترتب على هذه الاشعاعات من خطورة عند تسربها الى الانهار ضمن جزيئات من الغازات وبالتالي اطلاقها الى الغلاف عن طريق التبخر ثم تساقطها على شكل امطار اشعاعية .

(*)جدول (5) عدد المفاعلات النووية ومساهمتها بانتاج الطاقة الكهربائية في العالم

الدولة	عدد المفاعلات النووية	نسبة الطاقة الكهرونووية(%)	الدولة	عدد المفاعلات النووية	نسبة الطاقة الكهرونووية(%)
الولايات المتحدة	103	19.9	هنغاريا	4	33.8
فرنسا	67	78.1	فنلندا	4	26.6
اليابان	53	29.3	بلغاريا	4	41.6
روسيا الاتحادية	30	15.6	اسرائيل	4	-
بريطانيا	27	19.4	جنوب افريقيا	2	6.6
كوريا الجنوبية	19	37.9	باكستان	2	2.4
المانيا	18	32.1	المكسيك	2	5.2
كندا	16	15	ليتوانيا	2	72.1
الهند	14	2.8	البرازيل	2	3
اوكرانيا	13	51.1	الارجنتين	2	8.2
السويد	11	51.8	ايران	2	-
اسبانيا	9	22.9	سلوفينا	1	38.8
الصين	8	2.2	رومانيا	1	10.1
بلجيكا	7	55.1	هولندا	1	3.8
سلوفاكيا	6	38.8	ارمينيا	1	38.8
التشيك	6	31.2	كوريا الشمالية	1	-
سويسرا	5	40	المجموع	447	

المصدر : لطيف كامل كليوي جميل الجابري ، التحديات الاقليمية والدولية التي تواجه المشروع النووي الايراني ، رسالة ماجستير (غير منشورة) مقدمة الى كلية الاداب ، جامعة القادسية ، 2008 ، ص14-18 .

(*) عدد المفاعلات النووية حتى عام 2006 ، اما بالنسبة الى مساهمتها بانتاج الطاقة الكهربائية في العالم حتى عام 2004 .

3. الامطار الطينية :

الأمطار الطينية او ما تعرف بالامطار المترية او الغبارية او هي التي يات يطلق عليها اسم امطار الدم Blood Rain . وتتصف تلك الأمطار باحتوائها على كميات كبيرة من الدقائق الترابية التي تلوث مياه الأمطار بألوانها ، فهي اما رمادية اللون ، او مائلة للحمرة ، تبعاً لمصدر الدقائق الترابية . تهطل هذه الأمطار عندما تكون الرياح الرطبة الهابة على منطقة ما محملة بكميات كبيرة من الاتربة التي اثارتها من الصحاري وحملتها معها مسافات طويلة . كما هو الحال في الرياح الحارة الجافة المترية الهابة من الصحراء الكبرى باتجاه جنوبي أوربا عابرة البحر المتوسط ، محملة بذلك بكميات وفيرة من بخار الماء ، الذي يتكاثف بمجرد حدوث تبريد بسيط له فوق جنوبي القارة الاوربية ، لتهطل أمطار مترية . كما انه كثيراً ما يعقب هبوب بعض العواصف الترابية ان تبقى كميات كبيرة جداً من الاتربة معلقة في الجو الى ان تأتي الفرصة المناسبة لقدوم هواء بارد رطب في السويات الاعلى منها مع ما يصاحب ذلك من حالة عدم استقرار تعمل على ارتفاع الدقائق الترابية نحو الاعلى ليشكل بعضها نويات لتكاثف بخار الماء عليها لتهطل كجزء من قطرات الماء الهاطلة ، تلك القطرات التي تحمل وهي في طريقها ما تبقى من دقائق ترابية لتصل الى سطح الارض بهيئة امطار طينية [63] . وهذه الامطار ناتجة من زيادة ملوثات البيئة ومنها غاز CO_2 على سطح الارض الذي يعمل بدوره على امتصاص الاشعه الحمراء التي تؤدي الى زيادة درجة حرارة الارض واحداث تغيرات مناخيه وارضيه ومنها الجفاف الذي يزيد من العواصف الغباريه وتكاثف نويات الأمطار في طبقات الجو العليا الامر الذي يحدث على أثرها الامطار الطينيه .

رابعا: الاثار البيئيه المترتبه من تغير نوعية الامطار الساقطه على الارض

توجد عدة اثار بيئية من تغير نوعية الامطار الساقطة على سطح الأرض واهمها :

1. التأثير على الابنية :

ويمتد الاثر الضار للامطار الحامضية الى المدن ويمكن مشاهدة ذلك في كثيرة من الابنية والتماثيل التي تتعرض للامطار بصورة مستمرة ففي لندن يلاحظ تفتت بعض احجار برج لندن وكنيسة ويست منستر ، وكنيسة القديس بول العتيقة التي اقيمت عام 1765م ، فلقد بلغ عمق التأكل في بعض احجارها الجيرية نحو بوصة كاملة بسبب التفاعل بين الأحجار والامطار وكما حدث ذلك في الكثير من التماثيل التي تأكلت بعض معالمها بصورة مدمرة وخاصة في فرنسا وشمال ايطاليا والمانيا [64] . وتحدث هذه المظاهر من خلال تراكم الرطوبة في الهواء الملوث فان اكاسيد الكبريت والكاربون والنتروجين تكون احماض كبريتيك وكاربونيك ونترتيك ضعيفة تسبب تأكلاً للمعادن والاحجار والطلاً والمطاط والانسجة وحتى بعض المواد البلاستكية . ولقد اصبح ماء المطر في الولايات المتحدة الشمالية الشرقية ووسط اوربا متزايد الحموضة في السنوات الاخيرة يصل في احيان كثير الى مستويات من الرقم الهيدروجين بمقدار 3 او 4 [65].

2. التأثير على النبات والحيوانات :

الامطار الحامضية لها اثار كبيرة على البيئة الحيوية وعلى النباتية ، فقد ترتب على الامطار الحامضية فوق الاراضي الاسكندنافية حدوث اضرار في اوراق النباتات ، ونقصان في معدل نمو اشجار الغابات السويدية التي تشكل مصدراً طبيعياً هاماً لانتاج لب الخشب والورق والواح الخشب [66] . وتدل الدراسات الحديثة على ان الامطار الحامضية قد قضت على 50% من الاشجار في المانيا في عام 1985 وحدثت اضرار الغابة السوداء بنسبة تصل الى 75% وحدث مثل ذلك في فرنسا فقد بلغت نسبة الاشجار التي اتلفت الامطار الحامضية 50-60 % وبلغت نسبة الاشجار التي قضت عليها الامطار الحامضية نحو 40 % في اوربا الشرقية ، وفي الجيك وسلوفاكيا فقط قضت الامطار الحامضية على ما لايقل عن 125 الف فدان من غابات جبال اور وانها تهدد بالقضاء على 150 الف فدان آخر من تلك الغابات في المستقبل [67] . كما ان حوالي 20 % من البحيرات السويدية تعاني من التأثيرات بالملوثات التي انعكست اثارها على الاسماك ، حيث عملت على انقاص اعدادها ، او حتى اختفائها كلياً من بعض البحيرات [68] . وكذلك تعرض نهر نوفدال (To vdal) بالنرويج الذي كان يستقبل اعداد ضخمة من اسماك السلمون المهاجرة اليه في موسم معين ، ولكنه اليوم اصبح خالي تماماً من الحياة من أي نوع وهجرته اسماك السلمون بعد ان استقبل النهر كميات من مياه الامطار الحامضية بشكل دوري . ونفس الحال يلاحظ في كثير من بحيرات منطقة النازيو الامريكية والنهار نوفوسكوشيا الكندية تنقصان الاسماك والحياة الحيوانية بسبب ارتفاع حموضة مياها [69]. وعموماً فان الحياة النباتية والحيوانية المتواجدة وسط الغابات اخذت تتعرض هي الاخرى الى تأثير من قبل الانسان ويظهر ذلك بشكل واضح في البلدان النامية البعيدة عن التلوث بالامطار الحامضية فقد عمله الانسان بدل هذه الامطار الحامضية في تدمير الغابات في البرازيل توجد اعظم واكبر غابات العالم بما يزيد عن خمسة ملايين ونصف كم2 ، غير ان البرازيل راحت تدمر سنوياً ما يقارب 1.4 مليون هكتار منها ، وكذلك اندونيسيا عملت هي الاخرى على قطع 890.000 هكتار سنوياً [70].

الاستنتاجات : توصل الباحث الى عدة استنتاجات تتمثل بما يلي :

1. تتوقع الدراسة الى حدوث تغيرات مناخية وبيئية حادة تبعث بالقلق بفعل زيادة غاز Co_2 في الغلاف الغازي الناتج من الاستخدامات الكثيفة لمصادر الطاقة الاحفورية من قبل الدول المتقدمة صناعياً ، اذا اسهمت كل من الولايات المتحدة والصين باعلى نسب انبعاث غاز Co_2 في العالم ثم جاءت بعدهما كل من روسيا الاتحادية والمانيا واليابان والهند .
2. بين البحث خطورة التغير في نسبة غاز O3 الجوي بفعل زيادة استخدام اكاسيد الازوتية الناتجة من التفجيرات النووية والطائرات النفاثة واطلاق مركبات الكلوروفلوركاربون في الجو من خلال الافراط في استخدام صفائح الرش الترابية المضغوطة مع اتساع استخدام المكيفات الهوائية والبرادات ، مما ينتج عنها مركبات كيميائية وغازية تقوم بالاتحاد مع غاز O3 وتعمل على تخريبه في حالة الاستمرار على هذا الاتجاه .
3. يظهر البحث الاثار البيئة من التغيرات المناخية في العالم على شكل موجات الحر واستمرارها لعدة ايام مما يؤدي الى اتساع مساحات الجفاف والحرائق في مختلف مناطق العالم ، الامر الذي يقود بدوره الى ذوبان الجليد وبالتالي رفع منسوب البحار ، وهذا الامر يقوم بالقضاء على قسم كبير من اليابسة والمياه الجوفية والعذبة معاً ، فضلاً عن زيادة تأثير الاعاصير البحرية المدمرة مثل الهاريكان لذا ستكون مناطق مثل جنوب الولايات المتحدة وبنغلادش من اكثر الاقاليم تضرر الامر الذي يقود الى انقراض انواع كثيرة من الطيور والنباتات في المناطق المعتدلة ، وتراجع اعداد كبيرة من الحيوانات القطبية .
4. التطور الصناعي وما رافقه من تدفق غازات الى الغلاف الغازي الغنية بالملوثات الكيميائية لها دور في تكوين الامطار الحامضيه ، فضلاً عن التفجيرات النووية المخلفة غازات ساخنة وجزيئات اخرى محملة الى طبقات الجو العليا على شكل امطار اشعاعية ، كما ان اتساع مساحات الجفاف وتحرك الرياح الى مناطق الضغط الواطئ ادت الى حدوث الامطار الطينية
5. بين البحث الاثار البيئة التي تسببها الامطار الحامضية والاشعاعية عند سقوطها على الابنية اذ تعمل على تأكل والاحجار والمطاط والانسجة وحتى المواد البلاستكية ، فضلاً عن تأثيرها على الكائنات الحية اذ تؤدي الى نقصان في معدل نمو الاشجار والشجيرات ، كما تعمل على هجرة اعداد كبيرة من اسماك السلمون بعد ان استقبلت الانهار كميات كبيرة من الامطار الحامضية بشكل دوري مثل نهر نوفدال في النرويج وانهار نوفوسكوشيا الكندية .

التوصيات : اهم التوصيات هي :

1. ينبغي على الدول المتقدمة صناعياً مثل الولايات المتحدة والصين وروسيا الاتحادية ان تقلل من نسبة انبعاث غاز Co_2 ضمن اتفاقية دولية ملزم العمل بها والاتجاه نحو استخدام مصادر الطاقة المتجددة (الشمسية والرياح الكهرومائية) بشكل كثيف حتى يمكن المحافظة على النظام الحيوي الذي نعيش به .
2. المحافظة على الدرع الواقي الذي يحمي احياء سطح الارض من مخاطر الاشعة فوق البنفسجية التي يمتص معظمها غاز O3 وذلك من خلال الازام الدول التقليل من تجارب التفجيرات النووية العسكرية مثل الولايات المتحدة وروسيا الاتحادية وفرنسا ، مع تطوير وقود الطائرات من الناحية التكنلوجية والتحكم بالمواد الكيمياوية التي تسبب ضرراً لغاز O3 من خلال حظر انتاج استخدام العديد من تلك المواد ووضع قيود لاستخدام البعض الاخر .
3. اتباع الأسس العلمية في بناء المشاريع الصناعية من خلال اخذ بنظر الاعتبار الظروف المناخية خاصة اتجاه الرياح السائدة وطبيعة السطح وقرب مراكز التجمعات السكنية الكثيفة مع معالجة الملوثات قبل اطلاقها بالجو ، لان الملوثات تتركز بكثافة شديدة في ظل سيادة ضغط جوي مرتفع وتبريد ليل ، الامر الذي يقلل من التغيرات المناخيه وبالتالي المحافظة على الكائنات الحية (النباتية والحيوانية) من الاختفاء او الانقراض .
4. ينبغي المحافظة على البيئة من الامطار الحامضية والاشعاعية من خلال الصيانةالدورية للالات والمكائن القديمة ، فضلاً عن معالجة الملوثات قبل طرحها الى المياه او الجو ، لان ترك هذه الملوثات الكيميائية مع ملوثات تجارب التفجيرات النووية تعمل على تشكيل غيوم في طبقات الجو العليا وسقوطها على شكل أمطار حامضية وإشعاعية .
5. عقد المؤتمرات الدولية سنوياً والخاصة بالتغيرات المناخية التي تؤكد على اهمية المحافظة على الغطاءات الثلجية والجليدية الدائمة في قارة انتاركتكا وجزيرة كريللند لحمايتها من الذوبان وبالتالي رفع منسوب البحار وحدوث الفيضانات في الأراضي المنخفضة من العالم ، فضلاً عن تراجع او انقراض اعداد كبيرة من الحيوانات في تلك المناطق ، فضلاً عن حماية الغابات ذات

المساحات الواسعة (الكونغو والامزون) والمحميات وكذلك زراعة الاشجار والشجيرات لدورها الطبيعي في تزويد العالم بالاوكسجين وكذلك لحماية أعداد كبيرة من الحيوانات والنباتات من الاختفاء او تناقص اعدادها .

قائمة الهوامش والمصادر :

1. علي حسن موسى ، التغيرات المناخية ، ط2 ، دار الفكر المعاصر ، دمشق ، 1996 ، ص39.
2. سامح عرابية ، يحيى الفرحان ، المدخل الى العلوم البيئية ، ط1 ، دار الشروق للنشر والتوزيع ، عمان ، 1987 ، ص56.
3. رضا عبد الجبار سلمان ، تأثير الانسان في التغيرات المناخية في العالم ، وقائع المؤتمر الجغرافي القطري الثاني المنعقد للمدة من 10-11 آذار 2002 في كلية الآداب ، جامعة الكوفة ، 2002 ، ص183.
4. اللجنة العالمية للبيئة والتنمية ، مستقبلنا المشترك ، ترجمة محمد كامل عارف ، سلسلة عالم المعرفة ، العدد 142 ، الكويت ، 1989 ، ص254.
5. علي حسن موسى ، الثلوث الجوي ، ط1 ، دار الفكر ، دمشق ، 1996 ، ص 168.
6. المصدر نفسه ، ص168.
7. intergovernmental panel on climate change , climate change , summary for policy makers , paris , February 2007 ,p.2
8. علي حسن موسى ، الثلوث الجوي ، مصدر سابق ، ص68.
9. يوسف ابراهيم ، الاحتباس الحراري والكوارث الناجمة عنه

http://www.dw-w.com/2005/09/-33.html

10. اندرسون جوردي ، التغيرات البيئية ، ترجمة محمود محمد عاشور ، المجلس الأعلى للثقافة ، القاهرة ، 1996 ، ص188.
11. علي حسن موسى ، الثلوث الجوي ، مصدر سابق ، ص151.
12. علي حسن موسى ، اساسيات علم المناخ ، ط1 ، دار الفكر المعاصر ، دمشق ، 1998 ، ص14.
13. الأمم المتحدة ، اللجنة الإقتصادية والإجتماعية لغربي اسيا ،الاتفاقيات وقضايا التجارة في المنطقة البيئية ، نيويورك ، 2003،ص6.
14. محمود مصطفى ، الارض في براءة المطر ، ط1 ، الدار العربية للعلوم ، بيروت ، 1995 ، ص132.
15. سكلس جولان ، الطاقة النووية هي المستقبل ، ترجمة جعفر جميل ابو ناصر ، مجلة الثقافة العالمية ، المجلس الوطني للثقافة والفنون والآداب ، السنة السادسة والعشرون ، العدد 145 ، الكويت ، 2007 - 145
16. ريتشارد سلون ، تشيرنوبيل اثار لا تنسى ، ترجمة محمدي ابو كيلة ، مجلة الثقافة العالمية ، المجلس الوطني للثقافة والفنون والآداب ، السنة السادسة والعشرون العدد 145 ، الكويت ، 2007 ، ص71.
17. محمود مصطفى ، الارض براءة المطر ، مصدر سابق ، ص132.
18. علي حسن موسى ، الثلوث الجوي ، مصدر سابق ، ص152.
19. محمود مصطفى ، الارض في براءة المطر ، مصدر سابق ، ص132.
20. المصدر نفسه ، ص132.
21. زين الدين عبد المقصود ، الانسان والبيئة ، منشأة سالمعارف الاسكندرية ، 1981 ، ص116.
22. علي حسن موسى ، الثلوث الجوي ، مصدر سابق ، ص155.
23. المصدر نفسه ، ص156.
24. محمود مصطفى ، الارض في براءة المطر ، مصدر سابق ، ص133.
25. فاضل الحسني ، مهدي الصحاف ، اساسيات علم المناخ التطبيقي ، مطبعة دار الحكمة ، بغداد ، 1990 ، ص76.
26. علي الموسوي ، التغيرات الطقسية والمناخية المتوقعة عالميا ، وقائع المؤتمر الجغرافي القطري الثاني المنعقد للمدة من 10-11 آذار 2002 في كلية الآداب ، جامعة الكوفة ، 2002 ، ص244.
27. علي حسن موسى ، الثلوث الجوي ، مصدر سابق ، ص79.
28. رضا عبد الجبار سلمان ، تأثير الانسان في التغيرات المناخية في العالم ، مصدر سابق ، ص134.
29. علي الموسوي ، التغيرات الطقسية والمناخية المتوقعة عالميا، مصدر سابق ، ص256.
30. اللجنة العالمية للبيئة والتنمية ، مستقبلنا المشترك ، مصدر سابق ، ص192.
31. الجفاف والتصحر ، افريقيا تتحرق بالتصحر :

http:// www.egyptianarena.com/docs/generalIndex

32. رضا عبد الجبار سلمان ، تأثير الانسان على التغيرات المناخية في العالم ، مصدر سابق ، ص136.
33. محمود مصطفى ، الارض في براءة المطر ، مصدر سابق ، ص163.
34. علي حسن موسى ، الثلوث الجوي ، مصدر سابق ، ص33.
35. منظمة الاغذية والزراعة ، الامم المتحدة ، عبارات للعرض الدعائي التلفزيوني بفعل الجراثيم :

http://www.fao.org/arabic/newsroom/news/2005/21962-ar.html

36. فايز محمد العيسوي ، اسس الجغرافية البشرية ، دار المعرفة الجامعية الاسكندرية ، 2006 ، ص329.
37. احمد حايد ، فاضل الحسني ، علم المناخ ، مطبعة جامعة بغداد ، 1984 ، ص25.
38. المصدر نفسه ، ص216.
39. علي حسن موسى ، التغيرات المناخية ، مصدر سابق ، ص230.
40. رضا عبد الجبار سلمان ، تأثير الانسان في التغيرات المناخية في العالم ، مصدر سابق ، ص136.
41. عالم جغرافي : الاحتباس الحراري قد يحول جبال جليد القطب الشمالي الى ظل حامة :

http://www.nuhoot.com/show-news-aspx?nid=all&pg=11

42. امل عبد الجليل ، الوث الستراتوسفير في الجو والتوازن الحراري ، وقائع المؤتمر الجغرافي القطري الثاني المنعقد للمدة من 10-11 آذار 2002 ، كلية الآداب ، جامعة الكوفة ، 2002 - ص102.
43. عبد خليل فضيل ، عثمان عاصم الوائلي ، علم البيئة ، مديرية مطبعة الجامعة ، جامعة الموصل ، 1985 ، ص81.
44. سامح عرابية ، يحيى الفرحان ، المدخل الى العلوم البيئية ، مصدر سابق ، ص56.
45. فايز محمد العيسوي ، اسس الجغرافية البشرية ، مصدر سابق ، ص354.
46. فواد قاسم الامير ، الطاقة النحتي الاكثر لهذا القرن ، مؤسسة الحد للدراسات والنشر ، بغداد ، 2005 ، ص69.
47. عبد الكريم الحسني الحجازي ، ارتفاع درجات حرارة الارض ومعادلة الاحتباس الحراري :

http://www.democratic-green.com/vb

48. شارلس هـ ستاوديك ، علم البيئة وتوعية بيئتنا ، ترجمة فيصر نجيب صالح ، سهيلة عباس احمد الدباغ ، طارق محمد صالح ، مديرية مطبعة الجامعة ، جامعة الموصل ، 1984 ، ص56.
49. علي حسن موسى ، الثلوث الجوي ، مصدر سابق ، ص107.
50. اللجنة العالمية للبيئة والتنمية ، مستقبلنا المشترك ، مصدر سابق ، ص220.
51. عالم جغرافي : الاحتباس الحراري قد يحول جبال جليد القطب الشمالي الى ظل حامة

http://www.nuhoot.com/show-news-aspx?nid=all&pg=11

52. فواد قاسم الامير ، الطاقة النحتي الاكثر لهذا القرن ، مصدر سابق ، ص74.
53. فايز محمد العيسوي ، اسس الجغرافية البشرية ، مصدر سابق ، ص355.
54. علي حسن موسى ، الثلوث الجوي ، مصدر سابق ، ص181.
55. فايز محمد العيسوي ، اسس الجغرافية البشرية ، مصدر سابق ، ص356.
56. سامح عرابية ، يحيى الفرحان ، المدخل الى العلوم البيئية ، مصدر سابق ، ص288.
57. ريتشارد سلون ، تشرنوبل ، اثار لا تنسى ، ترجمة ابو كيلة ، مصدر سابق ، ص78.
58. علي حسن موسى ، الثلوث الجوي ، مصدر سابق ، ص183.
59. شذى سليمان الدركزلي ، الطريق الدودي في منتصف قرن مالم يرد عليه ، ط1، الدار العربية للعلوم ، بيروت ، 1997 ، ص117.
60. المصدر نفسه ، ص119.
61. سامح عرابية ، يحيى الفرحان ، المدخل الى العلوم البيئية ، مصدر سابق ، 288.
62. محمود مصطفى ، الارض في براءة المطر ، مصدر سابق ، ص157.
63. علي حسن موسى ، الثلوث الجوي ، مصدر سابق ، ص184.

64. فايز محمد العيسوي ، اسس الجغرافية البشرية ، مصدر سابق ، ص356.
65. شارلس .هـ سابوتوبك ، علم البيئة وتوجهاتها ، ترجمة قيصر نجيب صالح ، سهيلة عباس احمد الدباغ ، طارق محمد صالح ، مصدر سابق ، ص57.
66. علي حسن موسى ، الثلوث الجوي ، مصدر سابق ، ص182.
67. فتحي عبد العزيز ابو راضي ، الاصول العامة الجغرافية الطبيعية والبشرية ، مصدر سابق ، ص432.
68. علي حسن موسى ، الثلوث الجوي ، مصدر سابق ، ص182.
69. فايز محمد العيسوي ، اسس الجغرافية البشرية ، مصدر سابق ، ص356.