التغيرات المناخية في العالم.. تداعيات جسيمة متفاقمة

Climate change in the world: serious and worsening consequences

أ. د. كاظم المقدادي

أكاديمي عراقي متخصص بالصحة والبيئة، رئيس قسم إدارة البيئة بالأكاديمية العربية في الدنمارك سابقاً، متقاعد حالياً، مقيم في السويد

kalmukdadi@hotmail.com

تاريخ التقديم للنشر ٢٠٢٥/١١/٣٠ تاريخ القبول للنشر ٢٠٢٥/١٢/٢٥

Abstract

Climate change and its serious repercussions have become one of the most pressing environmental problems worldwide, and one of the major challenges facing humanity, with its environmental, socio-economic, healthy, psycho-logical, and security consequences that threaten the present and future of our planet.

Recognizing the seriousness of the problem and its global repercussions, the United Nations has deemed it a critical issue of our time, warning that the world is at a decisive moment.

The global impacts of climate change are vast and unprecedented in scale, in terms of altered weather patterns, increased global temperatures, drought, desertification, and dust storms that threaten food production.

Rising sea levels exacerbate the risk of catastrophic floods, devastating forest fires, and the spread of diseases, epidemics, and resulting deaths.

This paper sheds light on climate change, confirming it as an undeniable reality, and its causes, which are not solely natural, but also involve the pivotal and primary role of greedy human activity.

It highlights its most prominent repercussions, focusing on the economic costs and their detrimental effects on development, as well as the dangers threatening human health and life resulting from the escalating phenomena of climate change.

The research methodology employs a descriptive-analytical-documentary review and follow-up approach, relying on reports from the United Nations and its specialized agencies, and drawing upon a number of relevant international scientific studies.

Keywords: Climate change, greenhouse gases, global warming, human activity, disasters, economic repercussions, illnesses and deaths.

المقدمة

تواصل أزمة المُناخ العالمي تفاقمها على نحو متسارع، وتتسع وتشتد المشاكل البيئية وتداعياتها الخطيرة الناجمة عن التغيرات في مُناخ كوكب الأرض. وقد تحولت التغيرات المناخية التي يشهدها العالم حالياً الى واحدة من أخطر المشكلات البيئية الساخنة، ومن أبرز التحديات الرئيسية التي تواجه البشرية بتداعياتها الإقتصادية ـ الإجتماعية والصحية والنفسية والأمنية، المهددة لحاضر ومستقبل كوكبنا.

وتؤكد الدراسات أن النمو الاقتصادى العالمى إرتبط على مدى العقود الخمسة الماضية بتدهور سريع فى البيئة العالمية، حيث لم يكن هناك اهتمام فى الفكر الاقتصادى باستنزاف الموارد الطبيعية.

واليوم فان العالم كله مشغول بقضية تغير المناخ والارتفاع غير المنضبط فى معدل درجات الحرارة، بفعل تداعياتها المتوقعة على الاقتصادات العالمية. " فكل الأزمات التى يعانيها الاقتصاد العالمى فى الوقت الحالي هي فى الأساس متصلة بالبيئة" ـ وفقاً لعالم الأحياء الأمريكي إدوارد ويلسون.

ويؤكد العلم أن الانبعاثات الغازية الناتجة عن النشاط البشرى فى المجالات المختلفة لاستخدام الطاقة. وللتغيرات المناخية، وخاصة أرتفاع موجات الحر الشديد، دورها الكبيرعلى مستويات الأمراض ومعدلات الوفيات، تأكيداً للترابط الوثيق بين الصحة والبيئة.

إدراكاً لخطورة المشكلة وتداعياتها عالمياً، إعتبرتها الأمم المتحدة قضية مصيرية في عصرنا، محذرة من ان العالم أمام لحظة حاسمة، فالآثار العالمية لتغير المناخ هي واسعة، ولم يسبق لها مثيل من حيث الحجم، ومن حيث تغير أنماط المناخ وسخونة حرارة الجو، والجفاف، والتصحر، والعواصف الغبارية، المهددة للأنتاج الغذائي، وارتفاع منسوب مياه البحر، التي تزيد من خطر الفيضانات الكارثية، وحرائق الغابات الرهيبة، وإنتشار الأمراض والأوبئة وتزايد معدلات الوفيات.

والمفارقة أن الدول الأقل مسؤولية في الظاهرة، التي لا تتحمل بمجموعها سوى نسبة ضئيلة (لا تتجاوز ٥ %) من مسؤولية إنبعاثات غازات الاحتباس الحراري العالمي، هي الأكثر تأثراً بعواقبها، وينطبق ذلك بشكل رئيس على دول الشرق الأوسط، والدول النامية، بشكل عام، بينما ترتبط الانبعاثات الضارة المسببة للظاهرة بالنشاط الصناعي للدول الصناعية الكبرى. كما أن الظاهرة هي نتاج ممارسات للدول التي حققت

تنمية بالفعل على مدار عقود من الزمن على حساب الآخرين، عبر صناعاتها وشركاتها الكبرى الملوثة للبيئة.

من هذا المنطلق، اعتمدت الجمعية العامة للأمم المتّحدة، في أواخر آذار/مارس ٢٠٢٣، بالإجماع، قراراً تاريخياً يطلب من (محكمة العدل الدولية) إبداء رأيها بشأن مسؤوليات الدول في مجال مكافحة احترار المناخ. وبعد عامين أصدرت المحكمة قراراً إيجابياً، رأياً استشارياً من ١٣٣ صفحة، أكدت فيه أن "بيئة نظيفة وصحية ومستدامة حق من حقوق الإنسان، مثل الحصول على المياه والغذاء والسكن". ورغم أن القرار غير ملزم قانوناً، لكنه يساهم في إرساء الأسس القانونية لمحاسبة كبار الملوّثين وتمكين المجتمعات الأكثر تضرراً من تغيّر المناخ.

ورقتنا هذه تعرف بأبرز المصطلحات ذات العلاقة، وتسلط الضوء على مشكلة التغيرات المناخية في العالم، وتأكيدها كحقيقة ناصعة، وعلى أسباب التغيرات المناخية، التي هي ليست طبيعية فقط، وإنما يلعب العامل البشري الجشع الدور المحوري والرئيس في نشوئها.

وتلقي الورقة الضوءعلى أبرز تداعيات التغيرات المناخية المتفاقمة، بالتركيز على التكاليف الأقتصادية وتبعاتها المعرقلة للتنمية، الناجمة عن إستفحال ظواهر التغيرات المناخية، معتمدة في منهجية البحث مراجعة ومتابعة وصفية- تحليلية توثيقية، بالإعتماد على تقارير الأمم المتحدة ووكالاتها المتخصصة، وبالإستناذ الى كم من الدراسات العلمية الدولية ذات العلاقة.

الفصل الأول: أركان البحث

١ـأهمية البحث

تأتي أهمية البحث من تفاقم أزمة امناخ عالمياً وإتساع وإستفحال وإشتداد التغيرات المناخية وتداعياتها الخطيرة في كافة مناحي الحياة في الدول المتضررة، بينما تواصل الدول الرئيسية الملوثة للبيئة،والمنتجة للإنبعاثات الغازية المسببة للإحتباص الحراري وللتغيرات المناخية،وفي مقدمتها الولايات المتحدة الأمريكية برئاسة الرئيس ترامب،عملية التضليل والتشكيك بالعلم وبنتائج الدراسات العلمية الدولية، بما فيها الأمريكية، المؤكدة للدور البشري الكبير في تفاقم التغيرات المناخية، تنصلاً من مسؤولياتها ومن الإيفاء بتعهداتها الدولية.

٢ـأهداف البحث

يهدف البحث الى تسليط الضوء على:

١- أبرز تداعيات التغيرات المناخية وتأكيدها كحقيقة ناصعة.

٢- التركيز على التكاليف الأقتصادية وتبعاتها المعرقلة للتنمية.

٣- الأخطار المهددة لصحة وحياة البشر، الناجمة عن إستفحال ظواهر التغيرات المناخية في العالم.

٣ـ مشكلة البحث

تحولت التغيرات المناخية التي يشهدها العالم الى واحدة من أخطر المشكلات البيئية الساخنة، ومن أبرز التحديات الرئيسية التي تواجه البشرية بتداعياتها المهددة لحاضر ومستقبل كوكبنا، بما فيه منطقة الشرق الأوسط، والبلدان العربية بخاصة، التي تُصنف ضمن الدول الأكثر تأثرًا بالظواهر المناخية. وقد حذرت (وكالة ناسا) من ان أجزاء كبيرة من منطقة الخليج ستصبح لن تكون صالحة للعيش بحلول العام ٢٠٥٠ بسبب ارتفاع درجات الحرارة التي قد تزيد بمقدار ٥ درجات بنهاية هذا القرن. وللتغير المناخي بالفعل آثار ضارة مثل التصحر، وفقدان التنوع البيولوجي، وندرة المياه، وارتفاع منسوب مياه البحر ([1]) .

حيال ذلك دعا برنامج الأمم المتحدة للبيئة (UNEP) الى وجوب اتخاذ إجراءات عاجلة لمنع الارتفاعات الكارثية في درجات الحرارة، وتجنب أسوأ آثار تغير المناخ. وأعلنت المديرة التنفيذية للبرنامج إنغر أندرسن :" دخلنا مرحلة حرجة في أزمة المناخ .نحن بحاجة إلى تعبئة عالمية على نطاق ووتيرة لم يسبق لهما مثيل، بدءا من الآن قبل الجولة القادمة من التعهدات المناخية".

وإدراكاً لخطورة المشكلة وتداعياتها عالمياً، إعتبرتها الأمم المتحدة قضية مصيرية في عصرنا، محذرة من ان العالم أمام لحظة حاسمة، فالآثار العالمية لتغير المناخ هي واسعة، ولم يسبق لها مثيل من حيث الحجم، ومن حيث تغير أنماط المناخ وسخونة حرارة الجو، والجفاف، والتصحر، والعواصف الغبارية، المهددة للأنتاج الغذائي، وارتفاع منسوب مياه البحر، التي تزيد من خطر الفيضانات الكارثية، وحرائق الغابات الرهيبة، وإنتشار الأمراض والأوبئة والوفيات.

٤ـ فروض البحث

ينطلق البحث من عدة تساؤلات بشأن العوامل التي لعبت دوراً كبيراً في تعمق أزمة المناخ وتفاقم تداعياتها، وتجيب عليها فصول ومباحث الورقة. والتساؤلات هي:

١-ما صحة التشكيك بدور الإنسان في تفاقم التغيرات المناخية وتداعياتها الخطيرة؟

٢- هل التشبث بدور العوامل الطبيعية، وتجاهل الدور البشري في إحداث التغيرات المناخية، موقف علمي ويخدم المعالجات المطلوبة للحد منها؟

٣-إنعدام العدالة المناخية بين الدول الرئيسية المسببة للتغيرات المناخية والدول الضحية لها لعب دوراً كبيراً في تفاقم أزمة المناخ في العالم.

٤-عدم الالتزام بالتعهدات الدولية، وفي مقدمتها عملية التمويل التي أُقرت في عام ٢٠٠٩، وفي إتفاقية باريس للمناخ ٢٠١٥، وفي القمم المناخية اللاحقة، أعاقت الحلول الراهنة والمستقبلية.

[1] - دراسة تأثير "تغير المناخ وتخصيص الاستثمارات في الموارد الطبيعية" على حالة حقوق الإنسان في دول مجلس التعاون الخليجي، منظمة أمريكيون من أجل الديمقراطية وحقوق الانسان في البحرين

٥ـ منهجية البحث

بالاعتماد على تقارير الأمم المتحدة ووكالاتها المتخصصة، وبالإستناذ الى العديد من الدراسات العلمية الدولية ذات العلاقة، أجرينا مراجعة ومتابعة وصفية- تحليلية توثيقية.وقد تم تقسيم الورقة البحثية الى ٧ فصل و ٥ مبحث، تناولت:أركان البحث، وابرز المصطلحات والتعريفات، ونظام الحياة على الأرض، بما فيه الغلاف الجوي، وطبقة الأوزون، وغازات الدفيئة،وخاصة غاز ثاني أوكسيد الكاربون وغاز الميثان وغازات الكلوروفلوركاربونات، وأسباب إنبعاثات الغازات الملوثة للغلاف الجوي،بما فيها العوامل الطبيعية ودور النشاطات البشرية المدمرة، وظاهرة الإحتباس الحراري، ومسؤولية الإنسان الجشع في هذه الظاهرة،وأولينا التداعيات أهمية كبيرة، متناولين الكوارث والخسائر الأقتصادية، وتفاقم الأزمات.

الفصل الثاني: **مصطلحات وتعريفات**

يُعرفُ **المناخ** (Climate) بأنّه وصف متوسط حالة الجو في مدة زمنية طويلة، قد تكون فصلاً أو ستة أشهر أو عدة سنوات، من حيث الحرارة والضغط الجوي والرياح والأمطار، في منطقة جغرافية محددة.

المناخ، وفقاً للمنظمة العالمية للإرصاد الجوية (WMO)، هو متوسط نمط الطقس طويل الأجل في منطقة ما، ويتم حسابه عادة على مدى ٣٠ عامًا، ويشمل اتجاهات درجات الحرارة وهطول الأمطار والرطوبة والرياح، ويختلف عن الطقس، وهو الظروف الجوية قصيرة المدى؛ فهو يتشكل من خلال الطاقة الشمسية وأنظمة الأرض، مما يؤدي إلى مناطق متنوعة مثل المناطق الاستوائية أو القطبية أو القاحلة، مع تغير المناخ العالمي الآن باعتباره محورًا رئيسيًا بسبب النشاط البشري.

ويُعرَّف المناخ عادةً بأنه متوسط حالة الطقس على مدى فترة طويلة ([٢]). ويُحسب عادةً على مدى ٣٠ عامًا [[٣]][[٤]][[٥]]. ولكن يمكن استخدام فترات أخرى حسب الغرض. ويشمل المناخ أيضًا إحصاءات أخرى غير المتوسط، مثل مقدار التغيرات اليومية أو السنوية.

وبصورة أكثر دقة، المناخ هو متوسط وتقلبات المتغيرات الجوية على مدى فترة زمنية تمتد من أشهر إلى ملايين السنين. ومن بين المتغيرات الجوية التي تُقاس عادةً درجة الحرارة والرطوبة والضغط الجوي والرياح وهطول الأمطار. وبمعنى أوسع، المناخ هو حالة مكونات النظام المناخي، بما في ذلك الغلاف

[2] -"Climate". Glossary of Meteorology. American Meteorological Society. Archived from the original on 2011-07-07. Retrieved 2008-05-14.

[3]- Matthews, J.B. Robin; Möller, Vincent; van Diemen, Renée; Fuglestvedt, Jan S.; Masson-Delmotte, Valérie; Méndez, Carlos; Semenov, Sergey; Reisinger, Andy (2021). "Annex VII. Glossary: IPCC – Intergovernmental Panel on Climate Change" (PDF). IPCC Sixth Assessment Report. p. 2222.

[4]- Shepherd, J. Marshall; Shindell, Drew; O'Carroll, Cynthia M. (1 February 2005). "What's the Difference Between Weather andClimate?". NASA. Archived from the original on 22 September 2020. Retrieved 13 November 2015.

[5]- "Climate averages". Met Office. Archived from the original on 2008-07-06. Retrieved 2008-05-17.

الجوي والغلاف المائي والغلاف الجليدي والغلاف الصخري والمحيط الحيوي والتفاعلات فيما بينها [٦]. ويتأثر مناخ الموقع بخط العرض وخط الطول والتضاريس والارتفاع واستخدام الأراضي والمسطحات المائية القريبة وتياراتها [٧].

وقد أجملت (الهيئة الحكومية الدولية المعنية بتغير المناخ) "IPCC" في عام ٢٠٠١ التعريف بما يلي: "يُعرَّف المناخ بالمعنى الضيق عادةً بأنه "متوسط حالة الطقس"، أو بتعبير أدق، بأنه الوصف الإحصائي من حيث متوسط وتقلب الكميات ذات الصلة على مدى فترة تتراوح بين أشهر وآلاف أو ملايين السنين. الفترة الكلاسيكية هي ٣٠ عامًا، كما حددتها المنظمة العالمية للأرصاد الجوية (.(WMOغالبًا ما تكون هذه الكميات متغيرات سطحية مثل درجة الحرارة وهطول الأمطار والرياح. أما المناخ بالمعنى الأوسع فهو حالة النظام المناخي، بما في ذلك الوصف الإحصائي"(٨).

ووصفت (المنظمة العالمية للأرصاد الجوية) المعدلات المناخية" بأنها "نقاط مرجعية يستخدمها علماء المناخ لمقارنة الاتجاهات المناخية الحالية بتلك السابقة أو ما يُعتبر نموذجيًا. يُعرَّف المعدل المناخي بأنه المتوسط الحسابي لعنصر مناخي (مثل درجة الحرارة) على مدى فترة ٣٠ عامًا. تُستخدم فترة ٣٠ عامًا لأنها طويلة بما يكفي لتصفية.. أي تغيرات أو شذوذات سنوية مثل ظاهرة النينيو والتذبذب الجنوبي، ولكنها أيضًا قصيرة بما يكفي لتكون قادرة على إظهار الاتجاهات المناخية (٩).

والمناخ يختلف عن **الطقس** (Weather) الذي هو حالة تغير عناصر الغلاف الجوي خلال دقائق، ساعات، أيام او أسابيع، حالة الجو التي يكون فيها حارًا أو باردًا، رطبًا أو جافًا، هادئًا أو عاصفًا، صافيًا أو غائمًا على الأرض. ويشير الى درجة الحرارة اليومية وهطول الأمطار والرياح وظروف جوية أخرى. وهو يتأثر باختلاف ضغط الهواء ودرجة الحرارة والرطوبة بين مكان وآخر [١٠].

يشير الطقس إلى حالة الغلاف الجوي للأرض في مكان وزمان محددين، وعادةً ما يُوصف من حيث درجة الحرارة والرطوبة والغطاء السحابي والاستقرار. [١١] على الأرض، تحدث معظم ظواهر الطقس في أدنى طبقة من الغلاف الجوي للكوكب، وهي طبقة التروبوسفير، [١٢][١٣] أسفل طبقة الستراتوسفير

6- Matthews, J.B. et al (2021). "Annex VII. Glossary: IPCC – Intergovernmental Panel on Climate Change". IPCC Sixth Assessment Report. p. 2222.

7- Gough, William A.; Leung, Andrew C. W. (2022). "Do Airports Have Their Own Climate?". Meteorology. 1 (2): 171182.

9 - Climate, From Wikipedia, the free encyclopedia

10- Weather, From Wikipedia, the free encyclopedia

11- "Weather." Merriam-Webster Dictionary. Archived 9 July 2017 at the Wayback Machine Retrieved on 27 June 2008.

12- "Hydrosphere". *Glossary of Meteorology. Archived from* the original *on 15 March 2012*. Retrieved 27 June 2008.

13- "Troposphere". *Glossary of Meteorology. Archived from* the original *on 28 September 2012*. Retrieved 11 October 2020.

مباشرةً. يشير الطقس إلى درجة الحرارة اليومية وهطول الأمطار وغيرها من الظروف الجوية، بينما المناخ هو المصطلح المستخدم لوصف متوسط الظروف الجوية على مدى فترات زمنية أطول.[١٤] عند استخدامه دون تحديد، يُفهم "الطقس" عمومًا على أنه طقس الأرض.

يتأثر الطقس باختلافات الضغط الجوي ودرجة الحرارة والرطوبة بين مكان وآخر. يمكن أن تحدث هذه الاختلافات بسبب زاوية الشمس في أي نقطة معينة، والتي تختلف باختلاف خط العرض. يؤدي التباين الشديد في درجة الحرارة بين الهواء القطبي والاستوائي إلى أكبر دورات الغلاف الجوي نطاقًا: خلية هادلي، وخلية فيريل، والخلية القطبية، والتيار النفاث. تنشأ أنظمة الطقس في خطوط العرض الوسطى، مثل الأعاصير خارج المدارية، نتيجةً لعدم استقرار تدفق التيار النفاث. ولأن محور الأرض مائل بالنسبة لمستواها المداري (المسمى مسار الشمس)، فإن ضوء الشمس يسقط بزوايا مختلفة في أوقات مختلفة من السنة. على سطح الأرض، تتراوح درجات الحرارة عادةً بين ±٤٠ درجة مئوية (−٤٠ درجة فهرنهايت و١٠٤ درجات فهرنهايت) سنويًا. على مدى آلاف السنين، يمكن أن تؤثر التغيرات في مدار الأرض على كمية وتوزيع الطاقة الشمسية التي تستقبلها الأرض، مما يؤثر على المناخ على المدى الطويل وعلى تغير المناخ العالمي. [١٥]

تغير المناخ Climate change عرفته اتفاقية الأمم المتحدة الإطارية لتغير المناخ لعام ١٩٩٢، في مادتها الأولى المتعلقة بالتعاريف، بأنه:"يعني تغيراً في المناخ يعزى بصورة مباشرة أو غير مباشرة إلى النشاط البشري الذي يفضي إلى تغير في تكوين الغلاف الجوي العالمي والذي يلاحظ، بالإضافة إلى التقلب الطبيعي للمناخ، على مدى فترات زمنية متماثلة".

ويُعرفُ بأنه متوسط حالة الطقس لعدة عقود. وهو التغير المؤثر وطويل المدى في معدل حالة الطقس. الذي يحدث لمنطقة معينة [١٦][١٧][١٨].

ويمكن أن يشمل: معدل حالة الطقس، معدل درجات الحرارة، معدل التساقط، حالة الرياح. وهذه التغيرات يمكن أن تحدث بسبب العمليات الديناميكية للارض كالبراكين، أو بسبب قوى خارجية، كالتغير في شدة الأشعة الشمسية أو سقوط النيازك الكبيرة، ومؤخراً بسبب نشاطات الإنسان الجشعة.

14- "Climate". *Glossary of Meteorology*. American Meteorological Society. *Archived from* the original *on 7 July 2011*. Retrieved 14 May 2008.

15- Weather, From Wikipedia, the free encyclopedia

١٦ - "معلومات عن تغير المناخ على موقع "sf-encyclopedia.com. ٢٠١٩/٣/٧

١٧ -"معلومات عن تغير المناخ على موقع "meshb.nlm.nih.gov، ٢٠١٩/١٢/٨

١٨ -"معلومات عن تغير المناخ على موقع "cv.iptc.org، ٢٠١٠/٤/١٠

يعتقد الشخص العادي في أية دولة حول العالم أن التغير المناخي يعني فقط ارتفاع متوسط درجة الحرارة، لكن ذلك أبعد ما يكون عن الصحة، حيث يؤثر تغير المناخ في كل شيء فيرفع من معدلات الحالات المناخية المتطرفة مثل الموجات الحارة وموجات الجفاف والفيضانات. [١٩]

يحصل التغير المناخي عندما تتغير حالة عناصر أحد هذه المتوسطات سواء كان بسبب طبيعي أو بسبب أنشطة البشر: ارتفاع درجات الحرارة، التغير في أنماط الأمطار، ارتفاع عدد الظواهر القصوى (المتطرفة). فكلها أمثلة للتغير المناخي، بالإضافة الى العديد من ظواهر التغير الأخرى. بيد ان التغير المناخي ليس مجرد ارتفاع حرارة الأرض فحسب، وإنما تحصل تغييرات كبيرة وواسعة تشمل الغلاف الجوي، اليابسة، المحيطات والمناطق الثلجية.

والتغير المناخي يحدث عندما تؤدي التغييرات في نظام مناخ الأرض إلى ظهور أنماط مناخية جديدة تظل قائمة لفترة طويلة من الزمن وهذه الفترة الزمنية قد تكون قصيرة فتصل إلى عدة عقود فقط، أو قد تصل إلى ملايين السنين. وقد حدد العلماء العديد من نوبات تغير المناخ خلال تاريخ الكرة الأرضية الجيولوجي، وفي الآونة الأخيرة، ومنذ الثورة الصناعية، يتأثر المناخ بشكل متزايد بسبب الأنشطة البشرية التي تقود إلى الاحتباس الحراري[٢٠] ولذلك من الشائع استخدام المصطلحين كمترادفين في هذا السياق.[٢١]

الاحتباس الحراري (Global warming) ثمة فرق بين التغير المناخي والاحتباس الحراري. فهذا الأخير يُعرف بأنه إرتفاع درجة حرارة سطح الأرض المتوسطة في العالم، بشكل عام على المدى الطويل، مع زيادة كمية غاز ثاني أكسيد الكربون، وغاز الميثان، وبعض الغازات الأخرى في الجو، التي تسمى **غازات الدفيئة**، ومنها أكسيد النيتروز (أكسيد النيتروجين الثنائي) والغازات المهجنة وأكسيد النيتروجين، لكونها تساهم في تدفئة جو الأرض السطحي، وهي الظاهرة التي تعرف باسم الاحتباس الحراري [٢٢].

تحدث **ظاهرة الاحتباس الحراري** عندما تخترق أشعة الشمس الغلاف الجوي، ولكن عندما تنعكس على السطح يتعذر عليها الرجوع إلى الفضاء الخارجي مرة أخرى، بسبب الغازات الناتجة عن حرق الوقود الأحفوري، والتي تؤدي إلى زيادة متوسط درجات الحرارة على الكوكب.

من هنا، فان الاحتباس الحراري يشير إلى ارتفاع متوسط درجة الحرارة قرب سطح الأرض.

أما التغير المناخي فيشير إلى التغيرات التي تحدث في طبقات الغلاف الجوي مثل درجة الحرارة وهطول الأمطار وغيرها من التغيرات التي يتم قياسها على مدار عقود أو فترات أطول.

---

[١٩] -"الجزيرة. نت "، عن: مواقع الكترونية،٢٠٢٣/١٢/١

[20] - Advancing the science of climate change : America's climate choices .*Washington, D.C.: National Academies Press. 10 April 2010.*

[21] - *John. Global Warming .Cambridge: Cambridge University Press,8 Dec.2019, p 1-17.*

[٢٢] -الأحتباس الحراري، من "ويكبيديا"، الموسوعة الحرة.

وتوضح الناشطة البيئية دايزي سيمونز بان الفكرة تبدأ من ان تغير المناخ، وهو مشكلة اجتماعية بطبيعتها، يمكن أن يزعج الحياة اليومية لأي شخص بطرق لا تعد ولا تحصى. ولكن ليست كل تأثيرات المناخ متساوية أو موزعة بالتساوي: من الأحوال الجوية القاسية، إلى ارتفاع مستويات سطح البحر.

غالبًا ما يكون لآثار تغير المناخ آثار غير متناسبة على المجتمعات المهمشة تاريخياً أو المحرومة من الخدماتi [٢٣].

الفصل الثالث: نظام الحياة على الارض

يحكم الحياة على الارض نظام متوازن يرتبط بين الغلاف الجوي واليابسة والمحيطات من جهة، والغلاف الحيوي أو ما يعرف بالبايوسفير من جهة ثانية. وهذا التوازن وفرّ امكانية وجود حياة على كوكب الارض وأي خلل في هذا التوازن ينذر بمشاكل كثيرة تهدد الحياة على هذا الكوكب.

لقد أدى طموح الانسان بالبحث عن حياة أفضل الى اكتشافات متسارعة في مجال الطاقة، اذ ربط تقدمه بتأمين طاقات جديدة، من هنا تدخلت يد الانسان المخربة لتحدث خللا كبيرا في الغلاف الجوي للارض بسرعة لم يسبق لها مثيل في تاريخ البشرية، فكانت ضريبة الحضارة التي ينعم بها الانسان اليوم باهظة الكلفة لما احدثته من خلل بالنظام البيئي ونظام الحياة على سطح الارض وللخطر المحدق بالغلاف الاوزوني الجوي الذي يشكل درعا واقيا يحمي الارض من الاشعة فوق البنفسجية (٢٤).

المبحث الأول- الغلاف الجوي

الغلاف الجوي (Atmosphere) هو طبقة مكونة أساساً من خليط من غازات تحيط بالكرة الأرضية مجذوبة إليها بفعل الجاذبية الأرضية. وهذه الغازات ضرورية للحياة. والغازات هي: النيتروجين والأكسجين، حيث يحتوي على ٧٨,٠٩٪ من غاز النيتروجين (N2)، و٢٠,٩٥٪ من الأوكسجين الموجود في حالة ثنائية الذرة (O_2)، وجزء واحد في حالة ثلاثية الذرة الأوزون (O_3) و٠,٩٣٪ أرغون و٠,٠٤ % ثنائي أكسيد الكربون، وبخار الماء، وهيدروجين(H_2)، والنشادر (NH_3)، وهيليوم، ونيون، وزينون.

الغلاف الجوي يحمي الكوكب من الأشعة الضارة، ويحمي الأرض من امتصاص الأشعة فوق البنفسجية، ويعمل على اعتدال درجات الحرارة على سطح الكوكب، ويحافظ على درجة حرارة معتدلة، وينقسم إلى طبقات رئيسية مثل التروبوسفير (طبقة الطقس) والستراتوسفير (تحوي طبقة الأوزون) والميزوسفير والثيرموسفير، وكل طبقة لها خصائصها من حيث الحرارة والكثافة (٢٥)

وكلما اتجهنا في الغلاف الجوي نحو الاعلى قلت نسبة الاوكسجين، وازدادت كمية الازوت.

23- Simmons, Daisy; What is 'climate justice'?,Yale Climate Connections, 29 July 2020

24- Google Scholar

٢٥ -غلاف الأرض الجوي، من "ويكيبيديا"، الموسوعة الحرة.

اما غازات التربة، فهي غاز اول اكسيد الكربون (CO)، وغاز ثاني اوكسيد الكبريت (SO_2)، واكسيد النتروجين (NO)، الى جانب الاوزون(O_3) وغاز الميثان (CH_4)، والكلوروفلوروكربونات (CFC)، بالاضافة الى جذور الهيدروكسيد (OH) وكبريت الهيدروجين (H_2S).

يعتبر غاز ثاني اوكسيد الكربون(CO_2) من اهم الغازات المساهمة في عملية الاحتباس الحراري، يليه غاز الميثان (CH_4) – ستناولهما بالتفصيل بعد قليل.

مصادرغاز ثاني اوكسيد الكربون هي الوقود الاحفوري، وحرق الغابات. وتبلغ مدة بقاءه في الغلاف الجوي (١٠٠) سنة.

ومصادر غاز الميثان هي: استخراج الوقود الاحفوري، وحقول الرز، والماشية. وتبلغ مدة بقاءه في الغلاف الجوي (١٠) سنوات.

اما غازات الكلوروفلوروكربونات (CFC) التي تمتلك قدرة عالية على تدمير الاوزون الستراتوسفيري، عن طريق جزيئات الكلورين النشيطة المتوالدة عن تفكك هذه المركبات بتأثير الاشعة فوق البنفسجية.

بينما غازات (H_2S , OH , N_2O_6 , CH4 , CO_2) فتعتبر غازات حابسة للحرارة.

يقوم غاز الميثان (CH4) احيانا بإعاقة استنزاف الاوزون بأستثناء منطقة ثقب الاوزون. ويختلف فعل الميثان في إنقاص قدرة الغلاف الجوي على تنظيف نفسه، وذلك يتخليصه من (OH) بأختلاف الموقع، ففي شمال الكرة الارضية هو يعزز هذه القدرة على التنظيف في القطب الشمالي، بينما تنقص قدرته على التنظيف في نصف الكرة الجنوبي ([٢٦]).

يتألف الغلاف الجوي من الطبقات التالية ـ من الأسفل للأعلى:

١ـالتروبسفير (Troposphere)وهي الطبقة التي تبدأ من سطح الأرض وتمتد إلى ارتفاع حوالي ١٠كم. ويبلغ ارتفاعه (١٧) كلم عند خط الاستواء و (٨) كلم عند الفطبين. وتحتوي على الهواء الصالح للتنفس، اي للحياة. وتحدث فيها معظم التغيرات الجوية التي نلمسها يوميا.

وهي الطبقة التي تحتوي على معظم بخار الماء والأكسجين (O_2) وثنائي أكسيد الكربون (CO_2) وتتركز فيها أنشطة الإنسان.وتكون أغلب السحب في التروبوسفير، لأن حوالي ٩٩٪ من الماء المتواجد في الغلاف الجوي يكون في هذه الطبقة. وتقل فيها درجات الحرارة مع زيادة الارتفاع.

٢ـالستراتوسفير(Stratosphere) **:** وهي الطبقة التي تعلو طبقة (التروبوسفير)، وسُمكها حوالي ٥٠ كيلو متراً تقريبا فوق طبقة التروبوسفير. ويصل ارتفاعها إلى حوالي ٦٠ كم فوق سطح البحر.

وتتميز هذه الطبقة بخلوها من التقلبات المختلفة أو العواصف. ويوجد بها حزام يُعرف بطبقة الاوزون التي تمتص الأشعة فوق البنفسجية ذات الطاقة العالية وتحولها إلى حرارة، فتحمي سطح الأرض من

[٢٦] ـ د.علي القعفراني، الإحتباس الحراري وإرتفاع درجة حرارة الأرض أسرار ومخاطر،ResearchLabs،٢٠٢٥/١/٦

مخاطر الأشعة فوق البنفسجية .ولهذا تزداد درجة الحرارة كلما ارتفعنا في طبقة (الستراتوسفير) .وعلى الرغم من ارتفاع هذه الطبقة عن سطح البحر إلا أنها تتميز بدرجة حرارة مرتفعة بسبب وجود القسم الأكبر من طبقة الاوزون (O_3) والتي يبلغ سمكها حوالي ٣٠ كلم والتي تقوم بحجب الأشعة فوق البنفسجية التي تصدر من الإشعاع الشمسى.

٣-الميزوسفير(Mesosphere) **:** هي ثالث طبقات الجو، ويتراوح ارتفاعها مابين ٨٠ إلى ٨٥ كلم عن سطح البحر، أي أن سُمكها حوالي ٢٠ كم فوق طبقة الستراتوسفير. تحتوي على الهيليوم والهيدروجين والنيتروجين. وهي أبرد طبقة في الغلاف الجوي حيث يُمكن أن تصل درجة الحرارة إلى -١٠٠°م (تحت الصفر) في هذه الطبقة. وتتميز هذه الطبقة بارتفاع درجة حرارة الهواء في قسمها السفلي ثم تنخفض بالتدريج مع الارتفاع إلى أعلى النهايات العليا للطبقة. تتغير فيها درجة الحرارة بين الليل والنهار. وتحترق معظم الشهب والنيازك الساقطة والمتجهة إلى سطح الكرة الأرضية في هذه الطبقة. يساعد الامتداد العظيم للغلاف الجوي في الفضاء إلى احتراق الملايين من الشهب وحماية الحياة على الأرض.

٤-التيرموسفير(Thermosphere) : هي الطبقة الرابعة من الغلاف الجوي. ترتفع فوق سطح البحر إلى ارتفاع يتراوح بين ٥٠٠ كم عندما تكون الشمس نشيطة، وبين ١٠٠٠ كم عندما تكون الشمس هادئة. وبذلك يتراوح سمكها فوق حد ميزوبوز ([٢٧]) بين ٤٢٠- ٦٧٠ كم على التوالي. ولا يوجد بينها وبين الطبقة الجوية التي تليها حد حراري، ولذلك تحدد قمتها بحد ثرموبوز على أساس تركيبها الغازي. تثبت درجة حرارتها عند درجة الحرارة -٩٣° مئوية لعدة كيلومترات في أسفلها ثم تتزايد تدريجياً مع الارتفاع خلالها، إذ تبلغ نحو ٧٠٠° مئوية عند ارتفاع ٣٠٠ كم، لكنها قد تناهز ٢٠٠٠° مئوية عندما تكون الشمس نشيطة وتظل درجة الحرارة على وضعها حتى نهاية المتكور الحراري وخلال الطبقة الجوية التي تليها. ويبدو واضحاً أن اسمها قد أشتق من كلمة (Thermo) الإغريقية والتي تعني حارا للدلالة على شدة الحرارة فيها . (Thermosphere)

٥- المتكور المتأين أو الغلاف الأيوني(Ionosphere) :الطبقة التي تعلو الميزوسفير من ارتفاع ٨٠ كيلومتر تقريبا وحتى ١٢٥ كيلومتر أو أكثر وتوجد في طبقة الثيرموسفير في الجزء السفلي منها. وتتميز هذه الطبقة بخفة غازاتها ووجودها في الحالة المتأينة، تسود فيها غازات الاوكسجين والنيتروجين والهيليوم. اما في الجزء العلوي من الثيرموسفير فيوجد غاز الهيدروجين بنسبة عالية.

٦-الاكزوسفير(Exosphere) **:** الطبقة الأخيرة الخارجية من الغلاف الجوي: أشتق اسمها من كلمة "Exo"التي تعني خارج. تمتد هذه الطبقة مرتفعة فوق طبقة ثرموسفير وحتى نهاية الغلاف الجوي عند

٢٧ - حد الميزوبوز (Mesopause) dقع في الجزء العلوي من طبقة الميزوسفير، بين ارتفاع ٨٠ إلى ١٠٠ كم فوق سطح البحر، وهو النقطة الأبرد في الغلاف الجوي للأرض، حيث تنخفض درجات الحرارة إلى حوالي ١٠٠ درجة مئوية تحت الصفر (-١٠٠°م)، ويفصل هذه الطبقة عن الثرموسفير (الطبقة الحرارية)

ارتفاع يناهز ١٩٠٠٠٠ كم، الى نقطى ينعدم فيها تأثير الجاذبية الارضية. وتصبح جزيئات الهواء نادرة الوجود في هذه الطبقة إلى حد إنها تعد غير موجودة، فمثلاً، عند أسفلها من الممكن أن تنطلق ذرة غازية نحو ١٠ كم قبل أن تصطدم بذرة غازية أخرى. وعادة يعرف العلماء المسافة التي تقطعها الذرات الغازية قبل أن تصطدم مع ذرة أخرى بالممر الحر ([٢٨]).

المبحث الثاني- طبقة الاوزون

الاوزون(Ozone) هو غاز ذو لون أزرق يتكون من ثلاث ذرات من الأكسجين صيغته الكيميائيةO_3 ، ونسبته في الغلاف الجوى ضئيلة قد لا تتجاوز في بعض المناطق واحد في المليون وهو غاز سام.

وهو يشكل احدى الطبقات الاساسية في الغلاف الجوي المحيط بالارض. ويشير الغلاف الاوزوني الى الاوزون الستراتوسفيري الذي يحتوي على (٩٠)% من اوزون الغلاف الجوي، والذي يقوم بأمتصاص الاشعة فوق البنفسجية القادمة الى الارض من الشمس اذ تمتص (٩٩)% من هذه الاشعة، يعود تشكل الاوزون في الستراتوسفير الى تسرب الاكسجين الناتج عن العمليات الحيوية مثل الغابات وغيره بصعود الاكسجين من طبقة التربوسفير الى طبقة الستراتوسفير، ليتحول بفعل الاشعة فوق البنفسجية الى جزئيات ثلاثية الذرة، يقاس الاوزون بوحدة (دوبسون) نسبة الى العالم (Dobson)، الذي يعتمد الاشعة فوق البنفسجية عند اربع اطوال موجية، اثنان منها تمتص من قبل الاوزون، وبقياس الشدة النسبية للاشعاع الممتص ليتم تحديد مستوى الاوزون في طبقة الستراتوسفير.

يتوزع الاوزون في الغلاف الجوي على ارتفاع من (١٥-٣٥) كلم ضمن الطبقة العليا للتروبوسفير والطبقة السفلى للستراتوسفير الا ان تركزه الاساسي وقيمته العظمى هي في طبقة الستراتوسفير وعلى ارتفاع (٢٥) كلم، نلاحظ انخفاض درجة الحرارة كلما صعدنا بالارتفاع عن سطح الارض حتى بداية طبقة الاوزون اذ تبدأ درجة الحرارة بالارتفاع حتى سقف طبقة الستراتوسفير.

هذا الارتفاع في درجة الحرارة هو بسبب امتصاص الاشعة فوق البنفسجية القادمة من الشمس والتفاعلات التي تحدث في الغلاف الطبقي، تحتوي الطبقة الممتدة من ارتفاع (١٥-٥٠) كلم ما يقارب ٤ الى ٥ مليارات طن من الاوزون، قدرت كمية الاوزون الموجودة في الغلاف الجوي بقيمة تقديرية تصل الى (٣٠٠) وحدة دوبسون، ان وحدة دوبسون تعادل (٢٧) مليون جزيئة/سم٣ مكعب، أي (٣) مليمترات تقريبا، على سبيل المثال يبلغ تركيز الاوزون الستراتوسفيرية فوق الولايات المتحدة الاميركية (٣٠٠) وحدة دوبسون، بينما فوق منطقة الثقب في القارة الجنوبية فإن تركيز الاوزون الستراتوسفيري يبلغ خلال اواخر ربيع القارة (١١٨) وحدة دوبسون.

28- Google Scholar

ان توزيع الاوزون على مدار العام في الغلاف الجوي يعني تغيرات فصلية عند ارتفعات بين (١٢-٢٠) كلم. تزودنا نتائج قياس الاوزون معلومات كافية عن توزعه الشهري عند خطوط العرض المختلفة ([٢٩]).،

مع مرور الزمن شكل الاوزون طبقة منيعة حول الارض تجاه الاشعة فوق البنفسجية القادمة من الشمس فبدأت مظاهر الحياة الاكثر تطورا تنمو شيئا فشيئا، لذلك ازداد تنوع الكائنات الحية التي تعتمد على التنفس ووجدت حالة من الاتزان بين انتاج الاوكسجين واستهلاكه، ولذا حافظت طبقة الاوزون على مستوى ثابت، ومن الجدير ذكره بأن (٧١٪) من مساحة الكرة الارضية مياه و (٢٩٪) يابسة. وهناك توازن بين ما تخلقه الطبيعة من انتاج الاوكسيجين. غابة من الاشجار مساحتها (٢) مليون كلم٢ تنتج من (١) الى (٢) بليون طن من الاوكسيجين سنويا اي ما يعادل مساحة الاسكا قبل ان تمتد يد الانسان المخربة التي احدثت خللا في توازن طبقة الاوزون. لأن يد الانسان ومنذ العام ١٩٨٠ تقطع سنويا من اشجار الغابات ما يقدر مساحته ب (١١٠٠٠) كلم٢ وتعتبر الغابات المصدر الرئيسي لانتاج الاوكسيجين. علماً بأن الانسان ينفث في الغلاف الجوي سنويا من الوقود الاحفوري ومشتقاته ومن غاز الكلور والميثان وغاز الكلوروفلور وكربونات وغيرها من الغازات الي تدمر طبقة الاوزون محدثتا خللا كبيرا في الغلاف الجوي للارض لصالح الغازات المستنزفة لطبقة الاوزون.

على سبيل المثال غاز ثاني اكسيد الكربون ارتفع تركيزه ٣٠٪ عما كان عليه منذ ١٥٠ سنة مضت، نتيجة ازدياد عمليات احتراق الفحم والنفط والغاز الطبيعي، ويعتبر الغاز الاساسي المسبب للاحتباس الحراري يليه غاز المثيان، وان ارتفاع درجة حرارة الارض لن يكون موزعا بشكل متجانس وانما ستعاني بعض الاجزاء من ارتفاع أكثر من غيرها، مما سيؤثر على نظام التوزع الحراري، ويغير في اتجاه الرياح وشدتها، كما سيؤدي الى زيادة معدل التبخر وبالتالي هطول الامطار بشكل غير متوازن

تشير معظم الدراسات بإرتفاع درجة حرارة الارض في السنوات القادمة يرافقه تغيرات هامة في النظام الحيوي والمناخي للارض، مؤدياً الى كوارث مناخية من ذوبان جليد القطبين وارتفاع مستوى البحار وغرق جزء من اليابسة، وربما تكون نقطة التوازن مؤثرة جدا على البشرية كما حدث قبل (٦٥) مليون سنة عندما انقرضت الديناصورات. وهل ان الخلل بالنظام البيئي ونظام الحياة على سطح الارض سيؤدي الى انقراض مجموعة كبيرة من الاحياء بفعل ازدياد نسبة بعض الغازات في الغلاف الجوي كغاز ثاني اوكسيد الكربون والميثان التي تمتص الاشعة تحت الحمراء المنعكسة عن سطح الارض، يقابله ارتفاع في درجة حرارة الارض يكون لها تغيرات دراماتيكية في المناخ بدأت تظهر ملامحه، تبين بأن طبقة الاوزون فوق القارة القطبية الجنوبية يهبط فيها تركيز الاوزون بنسبة (٤٠٪) في ربيع القارة الجنوبية اي في شهري ايلول وتشرين الاول

[٢٩] - على القعقراني، الاحتباس الحراري وارتفاع درجة حرارة الأرض أسرار ومخاطر،ResearchLabs، ٢٠٢٥/١/٦

وهذه الملاحظة اكدت بان القسم السفلي من طبقة الستراتوسفير من ارتفاع تراوح بين (١٢-٢٤) كم الذي ينخفض فيه تركيز الاوزون، احدثت هذه النتائج خوفا كبيرا من مشكلة ثقب الاوزون وظهر العديد من النظريات التي تعلل آلية تدمير الاوزون وان الثقب الاوزوني فوق القطب المتجمد الجنوبي يقابله ثقب في طبقة الاوزون فوق القطب المتجمد الشمالي وان بنسبة اقل قد تصل الى حدود (٢٠) الى (٣٠) %

واشارت بعض الدراسات العلمية بأن للنشاط الشمسي تأثير يرتكز على منطقة القطبين بفعل الحقل المغناطيسي للارض وان هناك علاقة بين السحب القطبية الستراتوسفير وثقب الاوزون حيث تهيئ هذه السحب ظروف ملائمة لاحداث تفاعلات كيميائية محطمة لجزيئيات الاوزون مع العلم بأن طبقة الستراتوسفير فوق القطب الشمال أدفأ بعشرة درجات من القطب الجنوبي، مما يؤكد عدم وجود سحب هوائية او دوامات تحيط بالقطب الشمالي، على عكس القطب الجنوبي.

والجدير ذكره من تأثير الطبيعة على كل طبقة الاوزون بأنه سجلت بعض الدراسات نقصا واضحا في تركيز الاوزون وازدياد في مساحة الثقب بعد حدوث انفجارات بركانية وقد لوحظ وجود جزيئيات من الغبار البركاني في طبقة الستراتوسفير.

ويمكننا القول بأن جميع الدراسات العلمية تتجه بإتجاه تحميل كل من الانسان والطبيعة مسؤولية ما يحدث لطبقة الاوزون، وان بنسب متفاوتة لكل منها، وان الخلل في طبقة الاوزون وفي تدني مستويات الاوزون، سيحدث مأساة يصعب التنبؤ بنتائجها- يؤكد البرفسور علي القعفراني أستاذ المناخ ([٣٠]).

الفصل الرابع: غازات الدفيئة

غازات التربة هي خليط من الغازات التي تملأ مسام التربة، مثل: غاز اول اكسيد الكربون (CO)، وغاز ثاني اوكسيد الكبريت (SO_2)، واكسيد النتروجين (NO)، الى جانب الاوزون(O_3) وغاز الميثان (CH_4)، والكلوروفلوروكربونات (CFC)، بالاضافة الى جذور الهيدروكسيد (OH) وكبريت الهيدروجين (H_2S) وأكسيدِ النيتروز.(N_2O)

يعتبر غاز ثاني اوكسيد الكربون (CO_2) من اهم الغازات المساهمة في عملية الاحتباس الحراري، يليه غاز الميثان (CH_4)، وتأتي في المرتبة الثالثة غازات الكلوروفلوروكربونات (CFCs).

المبحث الأول- غاز ثاني أوكسيد الكربون

لثاني اوكسيد الكربون(CO_2) نسبة موجودة في الغلاف الجوي ضمن الحدود التي تحكمها الظروف المرحلية للدورة الشمسية، ووان عمليتا (التمثيل الضوئي) و(التنفس) هما المصدر الرئيس لغاز CO_2 والأوكسجينO_2.

[٣٠] - على القعفراني، الاحتباس الحراري وارتفاع درجة حرارة الأرض أسرار ومخاطر،ResearchLabs، ٢٠٢٥/١/٦

وتتعاون جميع الكائنات الحية في تحقيق هذ الاستنزاف النسبي. فالطبيعة تعمل على تنظيم نفسها لخدمة عناصرها. فان التوازن بين الاوكسجين، الذي يمثله (٢١)% من تركيبة الغلاف الجوي، يتوازن مع كمية ثاني اوكسيد الكربون الموجودة في الغلاف الجوي بنسبة صغيرة، وان اي زيادة في تركيزه طبيعيا، كالذي تحدثه البراكين، او من صنع الانسان، كالذي ينفثه الانسان في الغلاف الجوي، حينها يتم التخلص من الكمية الكبيرة الزائدة، عن طريق البحار والمحيطات التي تمتص معظم الكمية الزائدة من ثاني اوكسيد الكربون عن طريق العوالق البحرية التي تعمل كمضخات تشفط ثاني اوكسيد الكربون من الهواء نحو قاع البحار والمحيطات، ثم تقوم بعض العضويات التي تعيش في المياه العميقة الباردة بتحويله الى اصداف كربونية.

لكن دقة الحسابات حول قدرة المحيطات على اذابة غاز ثاني اوكسيد الكربون الزائد والكمية التي يمكن ان تمتصها المحيطات لتصل الى مرحلة الاشباع ما زالت متناقضة. فكمية ثاني اوكسيد الكربون الموجودة في البحار والمحيطات تساوي (٦٠) مرة تلك الكمية الموجودة في الهواء.

علماً بأن غاز ثاني اوكسيد الكربون لعب دورا مهما لمعرفة درجة حرارة الارض وتقلباتها في العصور الماضية. فعند سقوط الثلج يحمل معه من الجو الغازات الموجودة في الهواء، حيث تترسب في طبقات الجليد بسجل غير مترجم لدرجات الحرارة في كل فترة زمنية. بهذه الطريقة يحفظ الجليد هذه المعلومات.

وهكذا استطاع العلم من التوصل الى التوقع بدرجات الحرارة التي اعقبت كل فترة زمنية. واشارت بعض الدراسات بأن المناخ يقفز من الفترة الدافئة الى الباردة، ومن الباردة الى الدافئة، وقد يتغير مرات عديدة وبسرعة. وهذه الدراسات لم تؤيد فكرة بأن يد الانسان ممكن ان تحدث تغييرا في هذا الغلاف الجوي الكبير، الا ان هذه الدراسات اتهمت بوقوفها الى جانب الشركات الكبرى المنتجة للغازات الملوثة، اذ سجلت النتائج لتراكيز ثاني اوكسيد الكربون من خلال العينات التي اخذت من قلب الجليد، لعام ١٩٥٨ انها بلغت (٣١٦) جزء لكل مليون حجم، بينما بلغت في عام ١٩٨٨ (٣٦٩) جزء لكل مليون حجم. فنلاحظ الزيادة في معدل التركيز بين العامين المذكورين، حيث زاد معدل التركيز في عام ١٩٨٨ بنسبة (١٦٠) مليار طن من الغاز، اي بزيادة (٣٠٪). بينما كانت تراكيز غاز ثاني اوكسيد الكربون في العصور الجليدية عند درجات الحرارة المنخفضة (٢٠٠) جزء لكل مليون حجم، مقارنة بفترة ما قبل الثورة الصناعية، حيث بلغ (٢٨٠) جزء لكل مليون حجم، وهي زيادة بنسبة (١٦١) مليار طن. اي ما يعادل حجم التلوث الحالي بثاني اوكسيد الكربون الذي انتجته الثورة الصناعية في الغلاف الجوي.

وكان تركيز ثاني اوكسيد الكربون في بداية التسعينات ٣٧٠ ألف جزء في المليار، بينما من المتوقع ان يبلغ التركيز في عام ٢٠٣٠ (٥٥٠) ألف جزء في المليار.

هذه التغيرات في تراكيز ثاني اوكسيد الكربون احدثت تغيرات في درجة حرارة الارض، التي ادت الى انهاء العصور الجليدية. ويمكننا القول بأن حجم التلوث الذي احدثه الانسان خلال (٢٠٠) سنة الماضية يعادل حجم التغيرات الطبيعية التي استغرقت الآف السنين.

وقد إعترفت معظم المحافل العلمية بمشكلة الاحتباس الحراري، وحملت مسؤولية ارتفاع درجة حرارة الارض الى ثاني اوكسيد الكربون، لأن مفعول البيت الزجاجي يحفظ درجة حرارة الارض على المدى البعيد.

علماً بأن النتائج والارقام المذكورة أُخذت من أكثر عدة دراسات علمية.

خلاصة القول: ان ثاني أكسيد الكربون (CO_2) هو غاز دفيئة رئيسي، يلعب دوراً محورياً في تسخين الأرض، وتؤدي الزيادة غير المسبوقة فيه بسبب الأنشطة البشرية إلى اضطرابات مناخية واسعة النطاق. فهو يحبس الحرارة في الغلاف الجوي **(تأثير البيت الزجاجي)، حيث** يقوم CO_2 بامتصاص الحرارة المنبعثة من سطح الأرض وإعادة إشعاعها في جميع الاتجاهات، بما في ذلك نحو سطح الأرض، مما يدفئ الكوكب، مسبباً الاحتباس الحراري وزيادة درجات حرارة الأرض بشكل غير طبيعي، خاصة نتيجة لحرق الوقود الأحفوري وإزالة الغابات.

منذ الثورة الصناعية، زادت مستويات CO_2 بشكل خطير بسبب الأنشطة البشرية، خاصة حرق الوقود الأحفوري (النفط، الفحم، الغاز) وإزالة الغابات، حيث تمتص الأشجار CO_2 وتخزنه ويستمر تراكمه في الغلاف الجوي، مما يزيد من تأثير الاحتباس الحراري ويؤدي إلى ارتفاع درجات الحرارة العالمية بشكل أسرع من المعدل الطبيعي.

وهكذا تؤدي الزيادة غير المسبوقة بهذا الغاز بسبب الأنشطة البشرية إلى اضطرابات مناخية واسعة النطاق، مثل:

* **ارتفاع درجة الحرارة:** يؤدي تراكم CO_2 إلى تسخين الكوكب بشكل غير مستقر.
* **تحمض المحيطات:** يذوب CO_2 في مياه المحيطات، مكوناً حمض الكربون، مما يقلل من درجة حموضتها ويضر بالحلزونات والشعاب المرجانية.
* **ظواهر جوية متطرفة:** زيادة شدة الأعاصير، والجفاف، والفيضانات.
* **ارتفاع منسوب سطح البحر** نتيجة ذوبان الجليد.
* **تأثيرات بيئية واجتماعية:** تهديد الزراعة، وتغير أنماط الطقس، وزيادة مخاطر الأمراض المرتبطة بالحرارة، خاصة للمجتمعات الضعيفة.

المبحث الثاني- الميثان

الميثان (CH_4) غاز غير مرئي في الهواء، وعديم الرائحة. وهو غاز دفيئة قوي جداً، ثاني أهم مسبب للاحترار العالمي بعد ثاني أكسيد الكربون، وهو مكون رئيسي في تلوث طبقة الأوزون على مستوى الأرض.

الميثان أقوى بكثير من ثاني أكسيد الكربون في حبس الحرارة، حيث يُقدر تأثيره بأنه أقوى بـ ٢٥ إلى ٨٦ مرة على مدى فترات زمنية مختلفة (١٠٠ عام أو ٢٠ عاماً على التوالي). وهو يأتي بشكل رئيسي (أكثر من ٩٠ %) من مصادر النشاطات البشرية، مثل الزراعة (٤٠٪)، بما في ذلك من تربية الماشية، والسماد الحيواني، وإنتاج الأرز. الوقود الأحفوري (٣٥٪)، بما في ذلك من خلال التسرب من الغاز الطبيعي، وأنظمة إنتاج النفط وتوزيعه، ومناجم الفحم. والنفايات (٢٠٪) من الطعام والمواد العضوية الأخرى المتروكة في مدافن القمامة والمكبات المكشوفة ومياه الصرف الصحي ([٣١]).

وفقاً لتقرير الوكالة الدولية للطاقة (IEA) أن انبعاثات غاز الميثان المرتبطة بقطاع الوقود الأحفوري عام ٢٠٢٤ حافظت على أرقام قريبة من المستويات القياسية التي سجلت عام ٢٠١٩. وحذر التقرير من الزيادة الهائلة لانبعاثات هذا الغاز الدفيء القوي من منشآت النفط والغاز.

وحسب التقرير السنوي لمرصد الميثان العالمي (IMEO)، كان الإنتاج القياسي من قطاع الوقود الأحفوري -أي الغاز والنفط والفحم- مسؤولا عن إطلاق أكثر من ١٢٠ مليون طن من الميثان في الغلاف الجوي عام ٢٠٢٤، وهو ما يقترب من الرقم القياسي الذي سجل عام ٢٠١٩.

وينبعث الميثان، الذي هو ثاني أهم غاز مسبب للاحترار المناخي، بعد ثاني أكسيد الكربون- من أنابيب الغاز ومن مناجم الفحم، وأيضا من قطاعي الزراعة وتربية الماشية، ومن النفايات.

ويتم إطلاق نحو ٥٨٠ مليون طن من غاز الميثان سنويا، يعود ٦٠٪ منها إلى النشاط البشري الناجم عن الزراعة، ثم الطاقة، ويأتي نحو ثلثها من أراضي الخث الرطبة الطبيعية.

ويعد قطاع الطاقة مسؤولا عن نحو ثلث انبعاثات غاز الميثان المتأتية من أنشطة بشرية بسبب تسربات خلال الاستخراج والإنتاج أو عمن مليات الحرق، والنقل (خطوط أنابيب الغاز، السفن):

كما تعتبر آبار النفط والغاز غير المستخدمة، ومناجم الفحم، مصادر رئيسية أخرى لتسرب غاز الميثان، بحسب دراسة جديدة أجرتها الوكالة الدولية للطاقة (IEA). وتشكل هذه الآبار والمناجم معا رابع أكبر مصدر انبعاث عالمي لغاز الميثان الناتج عن الوقود الأحفوري، إذ ساهمت بإطلاق نحو ٨ ملايين طن في عام ٢٠٢٤.

31- Climate and Clean Air Coalition (CCAC) الميثان
https://www.ccacoalition.org/ar/short-lived-climate-pollutants/methane

وتشير التقديرات إلى أن الصين تعد أكبر دولة مسببة لانبعاثات غاز الميثان المرتبط بالطاقة في العالم، وتحديدا من قطاع الفحم، تليها الولايات المتحدة ثم روسيا. ([٣٢]).

والجدير بالذكر ان انبعاثات غاز الميثان الناتجة عن الأنشطة البشرية تُعدّ مسؤولة عن نحو ثلث الاحترار العالمي الحالي، الذي يلعب دوراً كبيراً في تفاقم تغير المناخ بشدة.

وللميثان أيضًا عدد من التأثيرات غير المباشرة على صحة الإنسان، وعلى غلات المحاصيل، وعلى سلامة الغطاء النباتي، من خلال دوره كمقدمة لتشكيل أوزون طبقة التروبوسفي، و. يساهم بشكل كبير في تسريع تغير المناخ، من خلال حبس الحرارة.

وتتزايد انبعاثات الميثان من مصادر بشرية: وقود أحفوري، نفايات، زراعة. ومن مصادر طبيعية: ذوبان الجليد، مما يفاقم الظواهر المتطرفة، ويشكل تحدياً ملحاً يتطلب خفضاً سريعاً وفعالاً لدرجات حرارة الكوكب وصحة الإنسان، - بحسب توضيحات تقارير برنامج الأمم المتحدة للبيئة (UNEP)وتحالف المناخ والهواء النظيف. (CCAC)([٣٣]).

يتميز الميثان بقوته الإحترارية- أقوى من ثاني أوكسيد الكاربون (CO_2) بأكثر من ٢٥ مرة-كما أسلفنا. وبعمره القصير. هو من **الملوثات المناخية قصيرة العمر(SLCP) .** يبقى في الغلاف الجوي لفترة قصيرة نسبياً (حوالي ١٢ عاماً) قبل أن يتحلل، لكن تأثيره فوري وقوي. وبمصادر انبعاثه: الزراعة (الماشية والسماد) تشكل حوالي ٤٠٪، والوقود الأحفوري (الغاز والنفط) حوالي ٣٥٪، والنفايات حوالي ٢٠٪.

وللميثان أهمية مناخية لكونه مسؤول عن حوالي ٣٠٪ من الاحترار العالمي منذ الثورة الصناعية.

يقوم غاز الميثان احيانا بإعاقة استنزاف الاوزون بأستثناء منطقة ثقب الاوزون. ويختلف فعل الميثان في إنقاص قدرة الغلاف الجوي على تنظيف نفسه، وذلك بتخليصه من (OH) بأختلاف الموقع، ففي شمال الكرة الارضية هو يعزز هذه القدرة على التنظيف في القطب الشمالي، بينما تنقص قدرته على التنظيف في نصف الكرة الجنوبي. وتخفيض انبعاثاته يسهم في الحد من الاحترار على المدى القصير وتحسين جودة الهواء (بسبب دوره في تكوين الأوزون الأرضي) -بحسب البرفسور علي القعراني ([٣٤]).

في هذا المضمار يُقيّم الإصدار الخامس من تقرير *" نظرة على الميثان "*الصادر عن المعهد الدولي لرصد الميثان (IMEO) التقدم المُحرز في تسخير ثورة بيانات الميثان التي يُمكنها تسريع خفض انبعاثات الميثان على نطاق عالمي. يُوفر المعهد بيانات مفتوحة وموثوقة وقابلة للتنفيذ للحكومات والشركات التي

---

[٣٢] -مستويات قياسية لانبعاثات غاز الميثان المرتبطة بالطاقة "الجزيرة. نت"،٢٠٢٥/٥/٩

[٣٣] - (CCAC) هو شراكة عالمية طوعية تضم حكومات ومنظمات وشركات ومؤسسات علمية ومجتمع مدني، تهدف لحماية المناخ وتحسين جودة الهواء عبر خفض الملوثات قصيرة العمر مثل الميثان والكربون الأسود والأوزون التروبوسفيري والمركبات الهيدروفلوروكربونية(HFCs) ، من خلال تطبيق إجراءات عملية وتقنيات موجودة، مدعومة بالعلم لتحقيق أهداف عالمية طموحة وتقليل الاحتباس الحراري والمساعدة في تحقيق أهداف اتفاق باريس.

[٣٤] - علي القعفراني، الاحتباس الحراري وارتفاع درجة حرارة الأرض أسرار ومخاطر،ResearchLabs ، ٢٠٢٥/١/٦

يُمكنها استخدامها لخفض الانبعاثات. تشمل مصادر هذه البيانات تقارير القطاع عبر شراكة الميثان في قطاع النفط والغاز ٢,٠(OGMP 2.0) ، وبيانات الأقمار الصناعية عبر نظام الإنذار والاستجابة للميثان (MARS)، وسلسلة دراسات المعهد العالمية في مجال علوم الميثان، وقوائم جرد الانبعاثات الوطنية.

أظهرت دراسة علمية أن غاز الميثان أكثر حساسية للاحترار العالمي بأربع مرات مما كان يعتقد سابقاً. وتساهم نتائج الدراسة في تفسير النمو السريع لغاز الميثان في السنوات الأخيرة، وتشير إلى أنه إذا تُرك دون رادع، فإن الاحترار المرتبط بالميثان سيتصاعد في العقود القادمة.

وأفاد عالِم الأرض في جامعة نانيانغ التكنولوجية، سيمون ريدفيرن: "يأتي حوالي ٤٠ في المئة من انبعاثات الميثان من مصادر طبيعية مثل الأراضي الرطبة، بينما يأتي نحو ٦٠ في المئة من مصادر بشرية مثل تربية الماشية واستخراج الوقود الأحفوري ومواقع دفن النفايات".وأضاف: "الطريقة السائدة التي يتم بها تنظيف الغلاف الجوي من الميثان هي عن طريق التفاعل مع جذور الهيدروكسيل(OH)".ولفت إلى أن جذور الهيدروكسيل تتفاعل أيضاً مع أول أوكسيد الكربون، الذي تساهم حرائق الغابات بانتشاره بشكل مكثّف.وأكمل: "في المتوسط يبقى جزيء أول أوكسيد الكربون في الغلاف الجوي لمدة ثلاثة أشهر تقريباً قبل أن يهاجمه جذر الهيدروكسيل، بينما يستمر الميثان لمدة عقد تقريباً، لذا فإن حرائق الغابات لها تأثير بتفوّق الهيدروكسيل على تنظيف أول أوكسيد الكربون من الغلاف، وتقليل إزالة الميثان.

من جانبه، قال عالِم الأرض، إيوان نيسبت: "هذا مصدر قلق حقيقي لأن تسارع غاز الميثان ربما يكون العامل الأكبر الذي يتحدى أهداف اتفاقية باريس الخاصة بنا"[٣٥].

المبحث الثالث-غازات الكلوروفلوروكاربونات

غازات الكلوروفلوروكربونات (CFCs) هي مركبات عضوية كيميائية صناعية تحتوي على الكربون والكلور والفلور. وهذه المواد خاملة كيميائياً، وغير قابلة للاشتعال، وغير سامة، ولكنها مدمرة لطبقة الأوزون، كما أنها ماصة للحرارة، وفي الواقع تفوق في قدرتها غاز CO_2 بمقدار ١٠ آلاف مرة، وتمتلك قدرة عالية على تدمير الاوزون الستراتوسفيري، عن طريق جزيئات الكلورين النشيطة المتوالدة عن تفكك هذه المركبات بتأثير الاشعة فوق البنفسجية. بينما تُعتبر غازات: H_2S , OH , N_2O_6 , $CH4$, CO_2) حابسة للحرارة.

غازات الكلوروفلوروكربونات منتجة تجاريا منذ الثلاثينات. فيما بعد انتجت اصناف عديدة جدا من الكلوروفلوروكربونات، واستهلكت بشكل واسع.

[٣٥] ـ هديدات الاحترار العالمي.. الميثان في تصاعد، "سكاي نيوز عربية"،٢٠٢٢/٧/٧

في عام ١٩٨٨ قدّر حجم الاستهلاك وقتها باكثر من مليون طن، اذ تستخدم CFCs كمبردات في الثلاجات وأجهزة تكييف الهواء، وكدافعات لمرذاذات الغازات، كما هو الحال في بخاخات الايروسول، وزجاجات العطور، وغيرها..

يسمح الخمول الكيماوي لهذه المركبات بأن تبقى عدة سنوات في الجزء السفلي من الغلاف الجوي قبل ان تصل في النهاية الى طبقة الستراتوسفير، حيث ينفصل الكلورين عن جزئيات (CFC) بفعل الاشعة العالية فوق البنفسجية في الغلاف الطبقي-كما أسلفنا. ويكون متوسط مدة بقائها في طبقة الستراتوسفير ١٠٠ سنة، تهيئ الظروف وتحفز نشاط عمليات كيميائية تخل بالتوازن البيئي، من تدميرها لغازات الاوزون.

وفقًا لوكالة اتلفضاء الأمريكية (NASA)، في عام 2018، بدأ الثقب الموجود في طبقة الأوزون بالتعافي نتيجة حظر استخدام المركبات المذكورة ([٣٦]).بيد ان الشركات الكبرى ما تزال تنتجها، ولم تنجح الانذارات المنبهة لخطر استعمال مثل هذه المركبات، لأن الشركات التجارية الصناعية الكبرى لديها استثمارات ضخمة ،واسواق تجارية، عليها حمايتها، بالرغم من استمرار النشاطات البشرية في اجهاد الغلاف الجوي، والثقب الاوزوني ينذر بسؤ المفاجأت التي قد يخبئها لنا المستقبل.

ويؤكد البرفسور القعفراني ان النشاطات البشرية مسؤولة عن حقن طبقة الستراتوسفير بنحو ٨٠٪ من هذه الغازات. وأن النشاطات البشرية لهذه المركبات تتركز في نصف الكرة الشمالية، ويلطف منها حوالي ٩٠٪ في عروض تنتمي الى اوروبا والولايات المتحدة واليابان. وبما ان هذه المركبات لا تنحل في مياه الامطار ولا تتفاعل في الغلاف الجوي السفلي، فإنها تتمكن من الوصول الى طبقة الستراتوسفير ([٣٧]).

الفصل الخامس: اسباب انبعاث الغازات الملوثة للغلاف الجوي

تسمى الغازات الملوثة للجو والتي تساهم في التغير المناخي **غازات الدفيئة** (Greenhouse gases)أو غازات الاحتباس الحراري (Global Warming). وهي تنشأ بشكل رئيسي من حرق الوقود الأحفوري في الطاقة والنقل والصناعة، والزراعة (خاصة الماشية والأسمدة)، وإزالة الغابات التي تقلل من امتصاص الكربون، بالإضافة إلى العمليات الصناعية والنفايات، وتُطلق هذه الأنشطة غازات مثل ثاني أكسيد الكربون والميثان وأكاسيد النيتروجين. كما تساهم في العملية المصادر الطبيعية، كالبراكين وحرائق الغابات، وتؤثر أنماط الحياة الاستهلاكية على هذه الانبعاثات .

تبلغ انبعاثات غازات الدفيئة العالمية حوالي ٥٠ غيغا طن سنويًا (٦,٦ طن لكل شخص) ([٣٨]) وتم تقديرها لعام ٢٠١٩ بـ ٥٧ غيغا طن من مكافئ ثاني أكسيد الكربون بما في ذلك ٥ غيغا طن بسبب تغير استخدام

36- Samson Reiny. "NASA Study: First Direct Proof of Ozone Hole Recovery Due to Chemi-cals Ban".4 Jan 2018.

٣٧ - د. علي القعفراني، الاحتباس الحراري وارتفاع درجة حرارة الأرض أسرار ومخاطر،ResearchLabs، ٢٠٢٥/١/٦

٣٨ - جيجا طن (Gt) هو وحدة قياس للكتلة تساوي **مليار طن متري**، أي 10^9 طن، أو تريليون كيلوغرام (١,٠٠٠,٠٠٠,٠٠٠,٠٠٠ كغم). تُستخدم هذه الوحدة بشكل شائع لقياس انبعاثات غازات الاحتباس الحراري، وكتل الجليد الذائب، وشدة الانفجارات النووية (بمكافئ التي إن تي)

الأراضي ([٣٩]). في عام ٢٠١٩، جاء ما يقرب من ٣٤٪ (٢٠ غيغا طن من ثاني أكسيد الكربون) من إجمالي صافي انبعاثات غازات الدفيئة البشرية المنشأ من قطاع إمداد الطاقة، و٢٤٪ (١٤ غيغا طن من مكافئ ثاني أكسيد الكربون) من الصناعة، و٢٢٪ (١٣ غيغا طن من مكافئ ثاني أكسيد الكربون) من الزراعة والحراجة وغيرها. استخدام الأراضي(AFOLU) ، ١٥٪(8.7 غيغا طن من مكافئ ثاني أكسيد الكربون) من النقل و٦٪ (٣,٣ غيغا طن من مكافئ ثاني أكسيد الكربون) من المباني. ([٤٠]).

ثاني أكسيد الكربون(CO_2) وأكسيد النيتروز(N_2O) والميثان(CH_4)، ثلاث مجموعات من الغازات المفلورة) سادس فلوريد الكبريت(SF_6) ، ومركبات الكربون الهيدروفلورية (HFCs) والمركبات الكربونية الفلورية المشبعة (PFCs) هي غازات الاحتباس الحراري الرئيسية البشرية المنشأ، ويتم تنظيمها بموجب اتفاقية باريس.

يمكن تتبع الانبعاثات على مدى فترات زمنية طويلة، تُعرف بقياسات الانبعاثات التاريخية أو التراكمية. توفر الانبعاثات التراكمية بعض المؤشرات على المسئول عن تراكم تركيز غازات الاحتباس الحراري في الغلاف الجوي ([٤١]).

إجمالاً، تنقسم أسباب إنبعاثات الغازات المذكورة الى قسمين:

١ – **اسباب من صنع الطبيعة**، وهي التالية:

أ – الرياح الشمسية

ب – البراكين

ج – حرائق الغابات

د – الملوثات العضوية

هـ - الكلف الشمسية

٢ – **اسباب من صنع الانسان: اي** ناتجة عن نشاطات الانسان مثل احتراق الوقود الاحفوري وغيره.

المبحث الأول- العوامل الطبيعية:

التأثيرات الطبيعية للاحتباس الحراري والإضرار بطبقة الأوزون واضحة تمامًا ومفهومة علميًا، وتتمثل في: ارتفاع درجات الحرارة، ذوبان الجليد، ارتفاع مستوى سطح البحر، تغير أنماط الطقس، زيادة التطرف المناخي (عواصف جفاف تصحر)، تهديدات للتنوع البيولوجي تهديدات للصحة العامة، وتأثيرات متبادلة

[39]- PBL (21 Dec 2020)."Trends in Global CO2 and Total Greenhouse Gas Emissions ; 2020 Report". PBL Netherlands Environmental Assessment , 11 March 2022:

[40]- IPCC (2019). "Summary for Policy Makers" (PDF). IPCC: 99. ٠٤-٠٨-٢٠٢٢

[٤١] - إنبعاثات غازات الاحتباس الحراري، من "ويكيبيديا" الموسوعة الحرة.

مع الأوزون. لكن حجم التأثير الكامل وسرعة التغيرات تتطلب دراسات مستمرة، مع تأكيد أن الأنشطة البشرية هي المسبب الرئيسي للتغيرات المناخية وليس التقلبات الطبيعية وحدها .

دورة الكلف الشمسي:

دورة الكلف الشمسي أو الدورة الشمسية (sunspot cycle) هي دورة طبيعية للنشاط الشمسي، تستمر حوالي ١١ عامًا، وتتسم بتغيرات في عدد البقع الشمسية والإشعاع الشمسي، حيث تزداد البقع وتصبح أكثر نشاطًا (الذروة الشمسية) ثم تقل (الحد الأدنى الشمسي). وتنتج البقع عن اضطرابات في المجال المغناطيسي للشمس بسبب دورانها التفاضلي، وتؤثر على الأرض بظواهر مثل توهجات شمسية قد تسبب اضطرابات في الأقمار الصناعية وأنظمة الطاقة.

يبدأ تشكل الاوزون في طبقة الستراتوسفير من خلال الاشعة فوق البنفسجية القادمة من الشمس، وبالتالي فإن لشدة الاشعاع الشمسي تأثير على معدل تكون الاوزون الناتج، اضافة الى تأثيره على المعدل العام لدرجة حرارة الارض. وتنفذ الدورة الشمسية كل (١١) سنة-كما أسلفنا- وتعرف بدورة (١١) سنة للبقع الشمسية.

ويقاس نشاط البقع الشمسية بعدد هذه البقع، فمن خلال تسجيل بيانات تمت من خلال عدة دورات للبقع الشمسية تبين ان المستوى الكلي للأوزون يتغير بين (٢-٣) % بين الحد الاعلى والادنى للدورة النموذجية. هذا الانخفاض في مستوى الاوزون لا بد ان يؤخذ بعين الاعتبار، وبما ان منطقة القطبين تتأثر أكثر من بقية أجزاء الكرة الارضية بنشاط بقع الكلف الشمسية، تم احتساب الاختلاف في درجة الحرارة عند ارتفاع (٤٥) كيلومتراً، فكانت (٢-٤) درجات مئوية. وبلغ التغير في تركيز الاوزون (١٠٪)، عند نفس الارتفاع. مع ذلك فإن الهبوط العام في تركيز الاوزون لم يتجاوز (٢٪)، اما التغير في (N_2O) فبلغ (٣٠٪).

لنشاط البقع الشمسية تأثيران مختلفان:

التأثير الاول- يتعلق بالاشعة الكونية التي تصل الى الارض، اذ تؤثر العواصف الشمسية بالاشعة الكونية وتضعف تدفقها وتحجبها جزئيا عن الارض، مما يؤثر على انتاجية بعض المواد في الجو، كالكربون، حيث تقل الكميات المتشكلة منه. لهذا توفر النسب المقاسة منه في جذوع الاشجار سجل بيانيا لقيمة التغيرات في شدة الاشعاع الشمسي.

التأثير الثاني- يعود للجسيمات المكونة للرياح الشمسية، كالبروتونات، التي تزيد تركيز أكسيد النيتروز (NO) الذي يدمر الاوزون، الى جانب حزم (فان الين) وهي حزم الكترونية تؤدي لزيادة انتاج (NO) و (OH) المدمرين للأوزون.

محور الارض Earth's axis

المحور هو الخط الذي يصل بين القطب الشمالي والقطب الجنوبي وهو خط تصويري، يتم دوران الارض حوله، وله ميل ثابت على المستوى الذي تدور الارض فيه حول الشمس بزاوية مقدارها ٦٦,٥، اي بمقدار ٢٣,٥ من المحور الذي يتعامد على مدار الارض.

وقد ترتب على ميل المحور وثبات هذا الميل تغير يومي في عمودية اشعة الشمس التي تسقط على الارض. كما ترتب عليه تغير في موعد شروق وغروب الشمس على مدار السنة، ثم تغير طول الفترة التي تسقط اشعة الشمس فيها على نقطة ما على سطح الارض. فلو كان المحور عاموديا على المدار لظلت الطاقة الشمسية موزعة على الارض بالتساوي طول السنة، الا ان ميل المحور على المدار بزاوية ٢٣,٥ من المحور الذي يتعامد على مدار الارض ينتج الفصول الاربعة، وهذه الفصول معناها فلكي أكثر منه مناخي، ويعني حدوثها تغير في كل من عمودية اشعة الشمس وطول الساعات التي تصل فيها الاشعة يوميا. وهنا يرتب تغيراً في ظروف الحرارة والمطر.

ذبذبة المحور Axis oscillation

يخضع المحور لذبذبتين مختلفتين، لم يتفق العلماء بعد على تعليل حدوثهما، وان كانوا يرجحون حدوثهما. اما الى أثر الجاذبية بين الارض والقمر والشمس، او بسبب تغيير في مواقع كتل اليابسة او ربما لأسباب كونية اخرى.

النوع الاول من الذبذبات هو ذبذبة داخلية للمحور ينتج عنه تغيير في موقع القطبين الحقيقيين وبالتالي في الشبكة الجغرافية. ويعتقد بتكرار حدوث مثل تلك الذبذبات في تاريخ الارض الجيولوجي. ويتبع تلك الذبذبة تغير في مستوى قوة الطرد المركزي عند خط الاستواء، الذي سيتغير موضعه هو الآخر، مما يؤدي الى تغير في وضع كل من اليابسة والمياه. وقد تكون هذه الذبذبات هي التي ادت الى وقوع ذبذبات مناخية ينتج عنها العصور الجليدية.

اما النوع الثاني من الذبذبات فهي تحدث دون تغير داخلي في الارض، اي ان محور الدوران والقطبين يظلان في موضعهما ولكن يميل المحور أكثر او اقل من ميله على المدار. وربما ترجع مثل تلك الذبذبات الى ميل مدار القمر على مدار الارض وتأثير جاذبيته. وقد أُكتشفت آخر ذبذبة من هذا النوع منذ بضع سنوات، وبلغ عرضها ٩,٢ ثانية، واستغرقت مدتها ١٨ سنة. وهذا التذبذب يؤثر ويحدث تقلبات مناخية.

الانفجارات البركانية Volcanic eruptions

تؤثر الانفجارات البركانية الضخمة بشكل كبير على الغلاف الجوي الذي تُثقل الجزء الادنى من الستراتوسفير بكيمة هائلة من الجسيمات، اضافة الى الكلورين، وبخار الماء، الذي يشكل ٩٠٪ من غازات البراكين.

وتدل الدراسات العلمية ان الجسيمات البركانية لا يمكنها استنزاف الاوزون بمفردها، بينما تفاعل منتجات الكلورين البشرية يعزز استنزاف الاوزون في الغلاف الجوي، ويعزز التفاعلات الكيميائية بمقدار ٣٠ الى ٤٠ ضعفاً، مما يؤدي الى انخفاض مستويات الاوزون عند ثواران البراكين. وقد سجلت بيانات رصد الاوزون بانخفاض مستوى الاوزون مباشرة بعد اي انفجار بركاني.

تنطلق من البراكين تراكيز مختلفة من المقذوفات الغازية. من اهم هذه الغازات هو حمض كلور الماء ((hydrochloric acid، اضافة الى غاز الميثان، وبعض مركبات الازوت والكبريت (السلفات).

تنتقل المركبات الكبريتية الى طبقة الستراتوسفير وتخضع لتفاعلات كيميائية هوائية تنتج عنها جسيمات السلفات، التي تتشاطر في التفاعلات غير المتجانسة المدمرة للازون. كذلك يدخل الميثان في تفاعلات مباشرة او وسطية مدمرة للاوزون.

بإختصار: ان تأثير الانفجارات البركانية الضخمة على المعدل الكلي للاوزون لا يتجاوز ٣٪ ولا يستمر لأكثر من ٤ سنوات، لذلك فإن تأثيرها على مستوى الاوزون يبقى مسألة وقتية، وغير ذات شأن عند مراقبة التغيرات طويلة الامد.

هذه المسألة كانت أحد أوجه الخلاف بين من يُحَمِلُ الطبيعة، ومن يُحَمِلُ النشاط البشري مسؤولية استنزاف الاوزون الجوي.

الرياح الستراتوسفيرية Stratospheric winds

ان التغير في اتجاه الرياح في طبقة الستراتوسفير، في القسم الادنى منها، يحدث كل سنتين، لتتحول من رياح شرقية الى غربية، ثم تعود لتصبح شرقية. ويتسبب هذا التذبذب في انكماس قيمة الاوزون عند خط عرض محدد بحدود ٣٪. وبما ان الرياح الستراتوسفيرية تحرك الاوزون ولا تدمره، فإن الفقد في الاوزون عند خط عرض ما، يعني زيادته عند عرض آخر، ويكون التأثير الاجمالي معدوما لفقد الاوزون.

الطاقة على الكرة الارضية Energy on Earth

تستقبل الارض سنويا من الشمس ١٧٨ ألف تيراواطاً، ينعكس منها مباشرة (٣٠٪)، عائدة الى الفضاء، ويمتصّ منها ٥١٪، ثم يعود اشعاعها، ويبقى (١٩٪) تقريبا ممتصاً، ولكنه يتحول الى شكل آخر من الطاقة، فتحرك دورة المياه والرياح والتركيب الضوئي. وللمقارنة فإن طاقة حرارة باطن الارض تقدر بـ ٣٠ تيراواط سنويا، وطاقة مد القمر بنحو ٣ تيراواط سنويا ([٤٢]).

المبحث الثاني- دور النشاط البشري

دور الإنسان محوري في الاحترار أو الأحتباس العالمي، بشكل أساسي عبر حرق الوقود الأحفوري (فحم، نفط، غاز) الذي يطلق كميات هائلة من غازات الاحتباس الحرار، مثل ثاني أكسيد الكربون والميثان)،

[٤٢] - علي القعفراني، الاحتباس الحراري وارتفاع درجة حرارة الأرض؟؟ أسرار ومخاطر، Research Labs، ٢٠٢٥/١/٦

بالإضافة إلى إزالة الغابات، والممارسات الزراعية المكثفة، والعمليات الصناعية، التي تزيد من تركيز هذه الغازات في الغلاف الجوي وتحبس حرارة الشمس، مسببة ارتفاع درجات حرارة الأرض .

الأدلة العلمية تؤكد أن البشر مسؤولون بشكل لا لبس فيه عن الاحترار العالمي، وأن التغييرات الجذرية في استهلاك الطاقة والإنتاج ضرورية للحد من هذه الظاهرة الكارثية، كما توضح تقارير الأمم المتحدة.

بشأن أسباب تغير المناخ وآثاره، أثبتت دراسة علمية واسعة قامت بها الحكومة الأمريكية في عام ٢٠١٧، ان البشر هم السبب الرئيسي للاحتباس الحراري. ([٤٣]). وقد تلقت صحيفة "نيويورك تايمز" في حزيران/يونيو ٢٠١٧، نسخة أولية من تقرير حكومي عن الدراسة المذكورة، أعدّه فريق من العلماء من ١٣ مؤسسة اتحادية تضم الإدارة الوطنية للمحيطات والغلاف الجوي، وناسا، ووزارة الطاقة، بالإضافة إلى عدد من المؤسسات الأكاديمية. وأُعد التقرير تحت عنوان "التقرير الخاص بشأن علم المناخ" (CSSR)، وهو المجلد الأول من ٦٠٠ صفحة في التقييم الوطني الرابع المعني بالمناخ (NCA-4).

وكما ذكر سابقاً موقع "Futurism "، قدّم "التقرير الخاص بشأن علم المناخ" نظرية قوية جداً حول كيفية اعتبار تغير المناخ ظاهرة من صنع الإنسان، ومن المرجح قطعاً أن السبب الرئيسي للاحتباس الحراري هو النشاط البشري"- وفقاً للتقرير.

كما أشار تقرير للإذاعة الوطنية العامة إلى أن الأعوام الـ ١١٥ الماضية كانت "الأكثر دفئاً في تاريخ الحضارة الحديثة"-وفقاً للتقرير الحكومي الأمريكي.

وحذرت الدراسة الأمريكية أنه من المتوقع أن تستمر درجات الحرارة في الارتفاع إذا لم يتم بذل جهد ملموس من أجل الحد من انبعاثات الكربون. وأشار التقرير إلى أن متوسط درجات الحرارة العالمية "سيعتمد أساساً على كمية غازات الدفيئة (وبخاصة ثاني أكسيد الكربون) المنبعثة عالمياً".

وأكدت ذلك العديد من الدراسات العلمية اللاحقة، التي أثبتت دور الإنسان المحوري في انبعاث الغازات الملوثة عبر الأنشطة الصناعية، واستهلاك الطاقة، والنقل، والزراعة المكثفة، والتخلص غير السليم من النفايات، وإزالة الغابات، مما يؤدي إلى زيادة غازات الاحتباس الحراري مثل ثاني أكسيد الكربون والميثان وأكسيد النيتروز، ويساهم في التغير المناخي وتدهور البيئة .

وكلها أكدت الأنشطة البشرية التي تنتج الغازات الملوثة: قطع الغابات، وقطع الاعشاب،واستعمال الانسان للوقود الاحفوري (نفط، فحم، غاز)، والذي يؤدي الى زيادة ثاني اوكسيد الكربون في الجو، مما يرفع درجة حرارته فيؤدي الى الاحتباس الحراري نتيجة الاختلال في مكونات الغلاف الجوي، وذلك لان

43- U.S. Global Change Research Program Climate Science Special Report (CSSR), Final Clearance 28 June 2017 Fifth-Order Draft (5OD) Coordinating .Lead Authors; Donald Wuebbles National Science Foundation Jeff Arnold, U.S. Army Corps of Engineers David Fahey NOAA Earth System Research Lab LEAD AUTHORS Kathleen Hibbard NASA Headquarters

ظاهرة الاحتباس الحراري ناتجة عن زيادة الغازات الدفيئة حيث ترتفع درجة حرارة الطبقة السفلية القريبة من سطح الارض من الغلاف الجوي المحيط بالارض، عندما يُحقن الغلاف الجوي من قبل الانسان بغازات الكلوروفلوروكربونات (CFCs)، والكلور، ومشتقات احتراق الوقود الاحفوري.

منتوج هذه النشاطات التي معظمها عبارة عن ثاني أكسيد الكربون الناتج عن حرق الوقود الأحفوري :الفحم والنفط والغاز الطبيعي ، يعزز تأثير الاحتباس الحراري، مما يتسبب في تغير المناخ .

وحيثما يتواجد الكلور او (البروم) والاوزون معا، تحدث التفاعلات التخريبية للاوزون، وان المنتجات البشرية التي تصل الى طبقة الستراتوسفير، والمسؤولة عن استنزاف الاوزون، هي: الـ (CFCs) والهيدروفلور وكربونات، ورباعي كلور الكربون (CCl_4)، ومثيل كلوروفور ($C_2H_3Cl_3$)، التي لا تتحلل بالماء.

لقد أدت الانبعاثات التي يتسبب فيها الإنسان إلى زيادة ثاني أكسيد الكربون في الغلاف الجوي بنحو ٥٠٪ عن مستويات ما قبل الثورة الصناعية. تفاوتت المستويات المتزايدة للانبعاثات، لكنها كانت متسقة بين جميع غازات الدفيئة. بلغ متوسط الانبعاثات في عقد ٢٠١٠، ٥٦ مليار طن سنويًا، أعلى من أي وقت مضى.

يعتبر توليد الكهرباء ونقلها من المصادر الرئيسية للانبعاثات، وأكبر مصدر منفرد هو محطات الطاقة التي تعمل بالفحم والتي تحتوي على ٢٠٪ من غازات الدفيئة.

تؤدي أيضًا إزالة الغابات والتغيرات الأخرى في استخدام الأراضي إلى انبعاث ثاني أكسيد الكربون والميثان .أكبر مصدر لانبعاثات الميثان البشرية المنشأ هو الزراعة، تليها تنفيس الغاز والانبعاثات المنفلتة من صناعة الوقود الأحفوري .أكبر مصدر للميثان الزراعي هو الماشية .تفرز التربة الزراعية أكسيد النيتروز جزئياً بسبب الأسمدة .وبالمثل، تلعب الغازات المفلورة الناتجة عن المبردات دورًا كبيرًا في إجمالي الانبعاثات البشرية ([٤٤]).

ولفت استاذ المناخ د. علي القعفراني أنه عندما نتحدث عن تأثير مركبات الكلورين او الكلوروفلوركربونات على الغلاف الاوزوني فإننا نقصد المركبات السالفة مجتمعة ذات المصدر البشري التي تصل لطبقة الستراتوسفير وتحرر ذرات الكلور، وليس الى تلك التي تتحلل بالماء. كذلك فإن هناك اصناف من مركبات البرومين التي تتحلل بالماء، وتلك التي لا تتحلل بالماء، مثل *مركبات الكربون الهيدروفلورية* والهيدروبروموفلوروكربونات والمثيل بروميد. وعندما تتحدث عن مركبات البرومين او الهالونات هنا فإننا نقصد جميع المركبات السابقة المستنزفة للاوزون ([٤٥]).

---

[٤٤] - إنبعاثات غازات الاحتباس الحراري، من "ويكيبيديا" الموسوعة الحرة.

[٤٥] - علي القعفراني، الاحتباس الحراري وارتفاع درجة حرارة الأرض أسرار ومخاطر، Research Labs، ٢٠٢٥/١/٦

الى هذا، أشرنا في الفصل الخامس الى ان انبعاثات غازات الدفيئة العالمية تبلغ حوالي ٥٠ غيغا طن سنويًا أو ما يعادل 6.6 طن لكل شخص. وبلغت في عام ٢٠١٩ نحو ٥٧ غيغا طن من مكافئ ثاني أكسيد الكربون بما في ذلك ٥ غيغا طن بسبب تغير استخدام الأراضي. وقد جاء ما يقرب من ٣٤٪ (٢٠ غيغا طن من ثاني أكسيد الكربون) في عام ٢٠١٩ من إجمالي صافي انبعاثات غازات الدفيئة البشرية المنشأ من قطاع إمداد الطاقة، و٢٤٪ (١٤ غيغا طن من مكافئ ثاني أكسيد الكربون) من الصناعة، و٢٢٪ (١٣ غيغا طن من مكافئ ثاني أكسيد الكربون) من الزراعة والحراجة وغيرها، ومن استخدام الأراضي(AFOLU) و١٥ ٪ (8.7غيغا طن من مكافئ ثاني أكسيد الكربون) من النقل و٦٪ (٣,٣ غيغا طن من مكافئ ثاني أكسيد الكربون) من المباني ([٤٦]). ([٤٧]).

الفصل السادس- ظاهرة الاحتباس الحراري

تؤدي الطاقة الحرارية التي تصل الارض من الشمس الى ارتفاع درجة حرارتها، فتعمل على تبخير المياه وتحرك الهواء افقيا وعاموديا، وفي الوقت نفسه تفقد الارض طاقتها الحرارية نتيجة الاشعاع المنعكس من سطح الارض على شكل اشعاعات (تحت الحمراء) بحيث يكون معدل ما تكتسب الارض من طاقة شمسية مساويا لما تفقده بالاشعاع الارضي الى الفضاء.

ويؤدي هذا الاتزان الحراري الى ثبوت معدل درجة حرارة سطح الارض عند مقدار معين وهو (١٥) درجة مئوية.وتلعب غازات الدفيئة (ثاني اوكسيد الكربون، بخار الماء، اوكسيد النتروز، الميثان، الكلوروفلورو كربونات) دورا حيويا ومهما في اعتدال درجة حرارة سطح الارض للمستوى الذي تجعل الحياة ممكنة على سطح الارض، حيث تقوم هذه الغازات **الطبيعية** على امتصاص جزء من الاشعة تحت الحمراء المنبعثة من سطح الارض، وتحتفظ بها في الغلاف الجوي، لتحافظ على درجة حرارة سطح الارض ثابتة وبمعدلها الطبيعي، اي بحدود (١٥) درجة مئوية.

ولولا هذه الغازات لوصلت درجة حرارة سطح الارض الى (١٨) درجة مئوية تحت الصفر.

إذا، الاحتباس الحراري هو في الاصل ظاهرة طبيعية حيث هناك مجموعة من الغازات التي ذكرناها موجودة في الغلاف الجوي، كمكونات اساسية، وتعمل على احتفاظ كوكب الارض بدرجة حرارته.

بيد أنه نتيجة للنشاطات الجشعة التي أطلقتها يد الانسان فان النشاطات الصناعية والمتعلقة خاصة بنفث الغازات الناتجة عن احتراق الوقود الاحفوري، وغيره من غازات الدفيئة، أصبح مقدارها ونسبتها في الغلاف الجوي لمرحلة يفوق ما يحتاجه هذا الغلاف للحفاظ على درجة حرارة سطح الارض ثابتة، وعند مقدار معين. فوجود كميات اضافية من غازات الدفيئة الذي ينفثها الانسان في الغلا ف الجوي تتراكم في

[46]- PBL (21 Dec 2020)."Trends in Global CO2 and Total Greenhouse Gas Emissions ; 2020 Report". PBL Netherlands Environmental Assessment , 11 March 2022:

[47]- IPCC (2019). "Summary for Policy Makers" (PDF). IPCC: 99. ٠٤-٠٨-٢٠٢٢

هذا الغلاف، ويؤدي تراكمها الى الاحتفاظ بكمية أكبر من الطاقة الحرارية في الغلاف الجوي للارض، وبالتالي تبدأ درجة حرارة سطح الارض بالارتفاع.

هكذا أحدث الانسان الخلل الكبير في مكونات الغلاف الجوي من الغازات الحابسة للحرارة والتي ادت الى ظاهرة الاحتباس الحراري.

واليوم، فان الغلاف الجوي للارض يحتوي حاليا- حسب اخر الدراسات العلمية- على (٣٨٠) جزء لكل مليون حجم من غاز ثاني اوكسيد الكربون، الذي يعتبر الغاز الاساسي المسبب لظاهرة الاحتباس الحراري، مقارنة بنسبة (٢٧٥) جزء لكل مليون حجم، التي كانت موجودة في الغلاف الجوي قبل الثورة الصناعية.

ونشهد زيادة نسبة تركيز ثاني اوكسيد الكربون في الغلاف الجوي بمقدار ٣٠ % أعلى مما كان عليه تركيزه قبل الثورة الصناعية، الى جانب زيادة تركيز غاز الميثان الذي يعتبر الغاز الثاني المسبب لظاهرة الاحتباس الحراري بعد ثاني اوكسيد الكربون، حيث زاد تركيزه الى الضعف، مقارنة بما قبل الثورة الصناعية، وزاد تركيز اوكسيد النتروز ١٨ %، مقارنة بما قبل الثورة الصناعية، وازدادت الكلوروفلور وكربونات بمقدار ٤ % سنوياً.

إن زيادة درجات الحرارة العالمية ستؤدي إلى ارتفاع منسوب سطح البحر، وتغير كمية ونمط هطول الأمطار،ومن المحتمل أيضا توسيع الصحاري المدارية .من المتوقع استمرار انحسار الأنهار الجليدية، والأراضي دائمة التجلد، والبحر المتجمد، مع تأثر منطقة القطب الشمالي بصورة خاصة. والآثار المحتملة الأخرى تشمل انكماش غابات الأمازون المطيرة، والغابات الشمالية، وزيادة حدة الأحداث المناخية المتطرفة، وانقراض الأنواع، والتغييرات في المحاصيل الزراعية.

وستؤدي زيادة عدد سكان الكرة الارضية الى زيادة النشاط الصناعي بنسبة (٦) اضعاف في المائتي (٢٠٠) سنة القادمة-حسب تقرير للأمم المتحدة صدر في ١٧ حزيران /يونيو ٢٠١٩، أي سيرتفع بمقدار ملياري نسمة في الثلاثين عاما القادمة – وتيرة النمو تمضي ببطء، لكن نمو السكان سيصل، حسب التوقعات، إلى ذروته بحلول عام ٢١٠٠: حوالي ١١ مليار شخص ([٤٨]). وسيشكل ذلك عوامل مهمة في تفاقم ظاهرة الاحتباس الحراري. فقد حذرت (وكالة البيئة الاوروبية) من التغير السريع الناتج عن الاحتباس الحراري، حيث ان ارتفاع درجة حرارة الارض سيقضي على ثلاثة ارباع الثلوج المتراكمة على قمم جبال الالب بحلول عام (٢٠٥٠)، مما يتسبب بفيضانات مدمرة في اوروبا ([٤٩]).

[٤٨] - تقرير تصدره دوريا شعبة السكان التابعة لإدارة الشؤون الاقتصادية والاجتماعية بالأمم المتحدة حول توقعات السكان في العالم.، يقدم دراسة شاملة توضح أنماط التغير السكاني وعددا من التوقعات الديمغرافية العالمية.

[٤٩] - الأمم المتحدة، إدارة الشؤون الإقتصادية والإجتماعيةسكان العالم سيصلون إلى ٩,٧ مليار عام ٢٠٥٠، وستسجل نصف الزيادة في ٩ بلدان منها دولة عربية، ٢٠١٩

https://www.un.org/ar/desa/world-population-prospects-2019

وكانت لجنة من العلماء البريطانيين قد أعلنت ان درجة الحرارة ارتفعت عام ٢٠٠٥ حوالي (٠,٤٨) درجة مئوية على مستوى العالم، وهذا ما جعل ذلك العام اشد الاعوام حرارة بعد عام ١٩٩٨. واكدت اللجنة على ارتفاع درجة الحرارة في النصف الشمالي بمقدار (٠,٦٥) درجة مئوية فوق النسبة المتوسطة التي كانت بين اعوام ١٩٦١-١٩٩٠، اذ ان نصف الكرة الشمالي يزداد سخونة بشكل أسرع من النصف الجنوبي لان نسبة كبيرة من تكوينه يابسة، وهي تتأثر بشكل أسرع بالتغيرات المناخية، مقارنة بالمحيط.

وأكدت الدراسة التي أعدها مكتب الارصاد الجوية بمركز هادلي في بريطانيا تقرير الامم المتحدة الجديد، والذي وجد ان التغيرات المناخية تتجاوز اسوء الاخبار التي توقعتها اللجنة الحكومية الدولية بشأن تغيير المناخ التابعة للامم المتحدة.

وقالت لجنة من خبراء الامم المتحدة في عام ٢٠٢٢ ان الاحتباس الحراري في الكرة الارضية أكثر خطورة مما قدره العلماء في السابق، وان اثاره ستبقى لقرون القادمة. وكشف تقريرها عن العواقب المترتبة ان السبب الرئيسي في زيادة حرارة الارض يعود الى زيادة النشاط البشري، وركز التقرير بأن دور الانسان بالتأثير على التغير المناخي سريع ودائما يكون ضد البيئة، بينما تأثير الظواهر الطبيعية (الكلف الشمسي، البراكين، السدود) يكون تأثيرها على التغير المناخي بطيء وغالبا ما يكون في صالح البيئة ([٥٠]).

الفصل السابع: **مسؤولية الإنسان في ظاهرة الاحتباس الحراري**

أكد العلم بما لا يقبل الشك بان مسؤولية الإنسان في الاحتباس الحراري هي أساسية وحاسمة، حيث تُرجع الى الأنشطة البشرية، مثل حرق الوقود الأحفوري، إزالة الغابات، الصناعة، الزيادة الكبيرة في غازات الدفيئة التي ترفع درجة حرارة الأرض، مما يسبب تغيرات مناخية متطرفة وخطيرة، وهذا يتطلب إجراءات فورية لخفض الانبعاثات والتكيف مع التغيرات المناخية.

وهنالك إجماع علمي على أن الزيادة في نسبة غازات الدفيئة في الهواء الجوي يعود إلى النشاط البشري الذي يعد المسبب الأكبر للاحترار المقاس منذ بداية الثورة الصناعية. وعلى أن الاحترار الملاحظ لا يمكن عزوه عزوًا مقنعًا وملائمًا إلى مجرد أسباب طبيعية

. فان فترة الخمسين سنة الماضية تُعد هي الفترة التي جرى فيها الانتباه والتركيز على هذه الظاهرة، حيث بدأت القياسات الفعلية والمتكاملة لتحديد الازدياد في درجة حرارة الأرض، وإن كان موضوع الاحترار العالمي قد بدأ الاهتمام فيه قبل ذلك.

[٥٠] - على قعفراني، الاحتباس الحراري وارتفاع درجة حرارة الأرض. أسرار ومخاطر، researchlabs، ٢٠٢٢/١/٦ https://www.researchlabs.me/home/singleNews/MTQ=

والمعروف ان الانبعاثات التي تسبب تغير المناخ تأتي من كل جزء من العالم، وتؤثر على الجميع، ولكن بعض الدول تنتج أكثر بكثير من غيرها . فالاتحاد الأوربي والبرازيل يمثلان حوالي نصف جميع انبعاثات غازات الاحتباس الحراري العالمية في عام ٢٠٢٠.

وان ارتفاع درجة الحرارة ليس سوى بداية القصة. نظرًا لأن الأرض عبارة عن نظام، حيث كل شيء متصل، فإن التغييرات في منطقة واحدة يمكن أن تؤثر على التغييرات في جميع المناطق الأخرى.

وتشمل عواقب تغير المناخ الآن، من بين أمور أخرى، الجفاف الشديد، وندرة المياه، والحرائق الشديدة، وارتفاع مستويات سطح البحر، والفيضانات، وذوبان الجليد القطبي، والعواصف الكارثية، وتدهور التنوع البيولوجي.

وقد أظهر علماء المناخ أن البشر مسؤولون فعليًا عن كل الاحترار العالمي على مدار الـ ٢٠٠ عام الماضية. فقد سببت الأنشطة البشرية، مثل تلك المذكورة أعلاه، ‘نتاج غازات الدفيئة، التي تعمل على ارتفاع درجة حرارة العالم بشكل أسرع من أي وقت في آخر ألفي عام على الأقل.

وأصبح متوسط درجة حرارة سطح الأرض حوالي ١,١ درجة مئوية أكثر دفئًا مما كان عليه في أواخر القرن التاسع عشر (قبل الثورة الصناعية)، وأكثر دفئًا من أي وقت في آخر ١٠٠ ألف عام. وكان العقد الماضي (٢٠١١-٢٠٢٠) هو الأكثر دفئًا على الإطلاق . وكان كل عقد من العقود الأربعة الماضية أكثر دفئًا من أي عقد سابق منذ عام ١٨٥٠.

ومن **أنشطة الإنسان** التي لها دور كبير في زيادة الاحتباس الحراري:

ـ حرق الوقود الأحفوري :الفحم والنفط والغاز لتوليد الطاقة والنقل والصناعة، وهو المصدر الرئيسي لغاز ثاني أكسيد الكربون.

ـ إزالة الغابات :تقلل من قدرة الكوكب على امتصاص ثاني أكسيد الكربون وتغير من خصائص سطح الأرض.

ـ الصناعة والزراعة :انبعاثات الميثان وأكسيد النيتروز من الممارسات الزراعية والنفايات الصناعية.

ـ استهلاك الأفراد :أنماط الحياة، استهلاك الطاقة، إنتاج النفايات، وشراء البضائع، تساهم بشكل كبير.

ـ التوزيع غير المتكافئ :أغنى ١٠٪ من السكان يساهمون بأكثر من ثلثي الانبعاثات الإجمالية .

واقترانا بذلك، لابد من إيلاء الاهتمام **بالظواهر الخطيرة المتوقعة** نتيجة الاحتباس الحراري، مثل:

* حدوث كوارث زراعية وفقدان بعض المحاصيل
* احتمالات متزايدة بوقوع أحداث متطرفة في الطقس
* زيادة حرائق الغابات
* ازدياد الفيضانات لأن أجزاءً كبيرة من الجليد ستنصهر وتؤدي إلى ارتفاع مستوى سطح البحر

*غرق الجزر المنخفضة والمدن الساحلية

* حدوث موجات جفاف وتصحر مساحات كبيرة من الأرض

* زيادة عدد وشدة العواصف والأعاصير

* انتشار الأمراض المعدية في العالم

* انقراض العديد من الكائنات الحية

* التقلبات الكثيرة في الجو ([٥١])

وإرتباطا بما مر ذكره، اتفق الآلاف من العلماء والمفاوضين الحكوميين، في سلسلة من تقارير الأمم المتحدة ، على أن الحد من ارتفاع درجة الحرارة العالمية إلى ما لا يزيد عن ١,٥ درجة مئوية سيساعدنا على تجنب أسوأ التأثيرات المناخية والحفاظ على مناخ صالح للعيش. ومع ذلك، تشير السياسات المعمول بها حاليًا إلى ارتفاع درجة الحرارة بمقدار ٢,٨ درجة مئوية بحلول نهاية القرن ([٥٢]).

وأكد برنامج الأمم المتحدة للبيئة (UNEP) إن الدول لا تزال بعيدة كل البعد عن تحقيق هدف اتفاق باريس للحد من الاحتباس الحراري إلى أقل بكثير من درجتين مئويتين، مع مواصلة الجهود للبقاء دون ١,٥ درجة مئوية ([٥٣]).

الاستنتاجات

١ـ إن التغيرات المناخية، أصبحت حقيقة ناصعة، وأسبابها ليست طبيعية فقط، كما يزعم المناوؤن للمعطيات العلمية الدامغة، وإنما يلعب العامل البشري الجشع الدور المحوري والرئيس في نشوئها وتفاقمها.

٢ـتحولت التغيرات المناخية وتداعياتها الخطيرة في العالم الى واحدة من أخطر المشكلات البيئية الساخنة، ومن أبرز التحديات الكبرى التي تواجه البشرية بتداعياتها البيئية والإقتصاديةـالإجتماعية والصحية والنفسية والأمنية، المهددة لحاضر ومستقبل كوكبنا.

٣. إدراكاً لخطورة المشكلة وتبعاتها عالمياً، إعتبرتها الأمم المتحدة قضية مصيرية في عصرنا، محذرة من ان العالم أمام لحظة حاسمة، فالآثار العالمية لتغيرات المناخية واسعة، ولم يسبق لها مثيل من حيث الحجم، ومن حيث تغير أنماط المناخ، وسخونة حرارة الجو، والجفاف، والتصحر، والعواصف الغبارية، المهددة للأنتاج الغذائي، وارتفاع منسوب مياه البحر، التي تزيد من خطر الفيضانات الكارثية، وحرائق الغابات الرهيبة، وإنتشار الأمراض والأوبئة والوفيات الناجمة عنها.

[٥١] ـالأحتباس الحراري، من " وكيبيديا" الموسوعة اتلحرة.

[٥٢] ـ ما هو تغير المناخ؟ الأمم المتحدة، العمل المناخي، https://www.un.org/tr/node/148868

[٥٣] ـ تحذير من تصاعد مخاطر المناخ وأضراره، في ظل تراجع دون المأمول للاحتباس الحراري،"أخبار الأمم المتحدة"، ٢٠٢٥/١١/٤

٤ ـ أبرز تداعيات التغيرات المناخية، ضخامة التكاليف الأقتصادية وتبعاتها المعرقلة للتنمية، اضافة إلى الأخطار المهددة لصحة وحياة البشر.

توصية

خطورة المشكلة المطروحة استوجبت الإسهاب في تغطيتها. ومع ذلك لا يقتصر الموضوع على ما طرحناه في هذه الورقة، وإنما لابد من إستكماله لاحقاً بتناول تداعيات التغيرات المناخية المهددة لصحة وحياة البشر. ومن ثم تناول التحديات التي تفرضها تداعيات التغيرات المناخية الخطيرة، والتي تستلزم مواجهة أكثر جدية وفاعلة، تتضافر فيها الجهود العالمية للحد من انبعاثات غازات الدفيئة، ولتطوير مصادر الطاقة المتجددة. ويجب أن تكون الاستجابة عادلة وشاملة ومستدامة لضمان مستقبل أفضل للأجيال القادمة.