غاز ثاني أوكسيد الكربون وأثره في تحمض المحيطات

م.م دنيا حمزة لفته الشطاوي

الجامعة العراقية

Duniahamzageo@gmail.com

الملخص:

تلعب المحيطات دورًا مهمًا في دورة الكربون العالمية والنظام المناخي للأرض، اذ تشكل نسبة المسطحات المائية ٧٠,٨% من مجموع المساحة العامة للأرض، ومن المحتمل أن تكون هناك تفاعلات وردود فعل مهمة بين التغيرات في حالة المحيطات (بما في ذلك ال الهيدروجيني لها) والتغيرات في المناخ العالمي وكيمياء الغلاف الجوي. إن التغيرات في كيمياء المحيطات سوف تقلل من قدرتها على امتصاص ثاني أكسيد الكربون الإضافي من الغلاف الجوي، الأمر الذي سيؤثر بدوره على معدل وحجم ظاهرة الاحتباس الحراري ويؤدي الى تحمض المحيطات وارتفاع درجات الحرارة وذوبان الجليد وارتفاع في مستوى سطح البحر.

الكلمات المفتاحية :(غاز ثاني اوكسيد الكربون ، تحمض المحيطات، درجة الاس الهيدروجيني PH).

Carbon dioxide gas and its effect on ocean acidification

Dunia Hamza Lafta

AL-IRAQIA UNIVERSITY

Duniahamzageo@gmail.com

Abstract :

The oceans play an important role in the global carbon cycle and the Earth's climate system, as water bodies constitute 70.8% of the total surface area of the Earth, and there are likely to be important interactions and feedbacks between changes in the state of the oceans (including their pH) and changes In Global Climate and Atmospheric Chemistry. Changes in ocean chemistry will reduce their ability to absorb additional carbon dioxide from the atmosphere, which in turn will affect the rate and magnitude of

global warming and lead to ocean acidification, rising temperatures, melting ice, and a rise in sea levels.

Keywords:(carbon dioxide gas, Ocean acidification،PH degree)

اولاً:- مشكلة البحث :

هل يؤثر غاز ثاني أوكسيد الكربون في تحمض المحيطات ؟

ثانياً:- هدف البحث :

الهدف من دراسة تحمض المحيطات هو فهم وتحليل تأثير الاحترار العالمي وانبعاثات ثاني أكسيد الكربون على تركيب ووظيفة البيئة البحرية ، لفهم تأثيرات التحمض على الكائنات البحرية والنظم البيئية بشكل عام، بما في ذلك الشعاب المرجانية والكائنات البحرية الأخرى. كما يساعد في تطوير استراتيجيات للحد من هذه الظاهرة وحماية البيئة البحرية.وقد تكون هناك أيضًا تأثيرات مباشرة وغير مباشرة على أنواع الأسماك والمحاريات ذات الأهمية التجارية.

ثالثاً:- فرضية البحث :

يؤثر غاز ثاني أوكسيد الكربون في تحمض المحيطات .

رابعاً:- منهجية البحث :

اعتمدت هذه الدراسة على المنهج التحليلي القائم على أسلوب الوصف وتفسير وتلخيص النتائج والاثار حيث ان تغير المحيط مرتبط بتغير المناخ.

المقدمة:

إنَّ تبادل ثاني أكسيد الكربون بين المحيطات والغلاف الجوي هو عملية ذات اتجاهين، حيث تمتص المحيطات والغلاف الجوي ثاني أكسيد الكربون وتطلقه. إن انخفاض كمية ثاني أكسيد الكربون التي تمتصها المحيطات يعني بقاء كمية أكبر نسبيًا من ثاني أكسيد الكربون في الغلاف الجوي. وهذا من شأنه أن يجعل الجهود العالمية الرامية إلى الحد من تركيزات ثاني أكسيد الكربون في الغلاف الجوي وما يرتبط به من تغير المناخ أكثر صعوبة (John Raven, et al ,2005,p1).

لن يحدث تحمض المحيطات بمعزل عن بقية أنظمة الأرض يشكل تحمض المحيطات مصدر قلق إضافي مقارنة بتغير المناخ، اذ تلعب المحيطات دورًا مهمًا في تنظيم درجة الحرارة العالمية وبالتالي تؤثر على مجموعة من الظروف المناخية والعمليات الطبيعية الأخرى. أن زيادة مستويات ثاني أكسيد الكربون في الغلاف الجوي (أحد الغازات الدفيئة الرئيسية)، الناتجة بشكل رئيسي عن الأنشطة البشرية، تتسبب في ارتفاع متوسط درجات الحرارة السطحية العالمية. إن الأضرار التي تلحق بالنظم البيئية للشعاب المرجانية ومصايد الأسماك والصناعات الترفيهية التي تعتمد عليها يمكن أن تصل إلى خسائر اقتصادية تصل إلى عدة مليارات من الدولارات سنويا. على المدى الطويل، قد تؤدي التغييرات في استقرار الشعاب الساحلية إلى تقليل الحماية التي توفرها للسواحل. وقد تكون هناك أيضًا تأثيرات مباشرة وغير مباشرة على أنواع الأسماك والمحاريات ذات الأهمية التجارية.

-أهم المفاهيم والمصطلحات

تحمض المحيطات : تمتص المحيطات ثاني أكسيد الكربون المنبعث إلى الغلاف الجوي نتيجة للأنشطة البشرية، مما يجعلها أكثر حمضية (يخفض ال الهيدروجيني – وهو مقياس الحموضة). وتشير الأدلة الأولية إلى أن المياه السطحية للمحيطات، وهي قلوية قليلا، أصبحت بالفعل أكثر حمضية ونشير إلى هذه العملية باسم تحمض المحيطات (John Raven, et al ,2005,p1) .

يمكن تعريف تحمض المحيطات بأنه التغير في كيمياء المحيطات الناجم عن امتصاص المحيطات للمدخلات الكيميائية في الغلاف الجوي، بما في ذلك مركبات الكربون والنيتروجين والكبريت.

تحتوي المياه الباردة بشكل طبيعي على كمية أكبر من ثاني أكسيد الكربون وهي أكثر حمضية من المياه الدافئة

(John M Guinotte , Victoria J Fabry،2008,p320-321).

في السنوات الأخيرة، حظيت ظاهرة الاحتباس الحراري والتغيرات المناخية الناتجة عنها باهتمام عالمي كبير. يوجد إجماع علمي واضح على أن زيادة مستويات ثاني أكسيد الكربون في الغلاف الجوي (أحد الغازات الدفيئة الرئيسية)، الناتجة بشكل رئيسي عن الأنشطة البشرية، تتسبب في ارتفاع متوسط درجات الحرارة السطحية العالمية (الهيئة الحكومية الدولية المعنية بتغير المناخ ٢٠٠١).

ويشكل تحمض المحيطات مصدر قلق إضافي مقارنة بتغير المناخ، ولكن التهديد الذي يشكله على البيئة البحرية لم يتم الاعتراف به إلا في الآونة الأخيرة. وقد بدأت أجزاء من المجتمع العلمي الدولي تأخذ هذه القضية على محمل الجد، على سبيل المثال، ندوة اليونسكو لعام ٢٠٠٤ حول المحيطات في عالم يحتوي على نسبة عالية من ثاني أكسيد الكربون. إن فهم العمليات الكيميائية التي تحدث عند امتصاص ثاني أكسيد الكربون من الغلاف الجوي ويذوب في مياه البحر هو أمر راسخ إلى حد ما. ومع ذلك، لا يُعرف الكثير عن المحيطات والعمليات البيولوجية والكيميائية للحياة داخلها. ولذلك فإن التنبؤ بآثار تحمض المحيطات يمثل تحديا معقدا وكبيرا (John Raven, et al .,2005,p1)

درجة الاس الهيدروجيني PH: هو معامل او درجة تقيِّم السوائل على أساسها، وتتراوح القيم ما بين صفر –١٤، ويعبر ال اما عن قلوية او حموضة المياه، القيمة من صفر – اقل من ٧ تكون المياه حمضية ، اما اذا اعلى من ٧–١٤ تكون المياه قلوية ،واذا كانت القيمة ٧ تكون المياه متعادلة . وان هذه القيم هي عن ما تحتويه المياه من ايونات الهيدروجين +H او الهيدروكسيل OH فعند زيادة الهيدروجين أصبحت المياه حمضية واذا زاد الهيدروكسيل أصبحت المياه قلوية ، واذا تساوى أصبحت المياه متعادلة .

ويتم قياس قلوية المياه بجهاز خاص حيث يقيس المخزون الكهربائي الذي تبذله ايونات الهيدروجين . اذا زادت قلوية المياه تكون غير مرغوبة لأغراض الشرب ويبلغ معامل قلوية مياه البحر ٨ . ان قيمة المياه النقية ٧ والمطر الطبيعي ٥,٦ ، والمطر الحمضي ٢- ٥ (التركماني ،٢٠٠٥ ، ص٢٠-٢١) .

عندما يذوب ثاني أكسيد الكربون في مياه البحر فإنه يشكل حمضًا ضعيفًا يسمى حمض الكربونيك.أدى ذوبان ثاني أكسيد الكربون إلى خفض متوسط ال الهيدروجيني للمحيطات بحوالي ٠.١ وحدة عن مستويات ما قبل الصناعة. قد تبدو هذه القيمة صغيرة ولكن بسبب الطريقة التي يتم بها قياس ال الهيدروجيني، فإن هذا التغيير يمثل زيادة بنسبة ٣٠٪ تقريبًا في تركيز أيونات الهيدروجين، وهو ما يمثل تحمضًا كبيرًا للمحيطات. ستؤدي زيادة تركيز ثاني أكسيد الكربون في الغلاف الجوي إلى زيادة تحمض المحيطات(John Raven, et al ,2005,p1).

ويشكل معدل هذا التغير مصدر قلق بالغ، حيث أن العديد من الكائنات البحرية، وخاصة تلك المتكلسة، قد لا تكون قادرة على التكيف بسرعة كافية للبقاء على قيد الحياة مع هذه التغييرات.تبدأ سلسلة من التفاعلات الكيميائية عندما تمتص مياه البحر ثاني أكسيد الكربون

(John M Guinotte , Victoria J Fabry،2008,p321).

-أسباب تحمض المحيطات

السبب الرئيسي لتحمض المحيطات هو ثاني أكسيد الكربون الموجود في الغلاف الجوي بفعل الإنسان، على الرغم من أن النيتروجين والكبريت مهمان أيضًا في بعض المناطق الساحلية على مدى ٢٠٠ سنة الماضية .

ومن الواضح أن التغيرات التي يحدثها الإنسان في تركيزات ثاني أكسيد الكربون في الغلاف الجوي تعمل بشكل أساسي على تغيير كيمياء المحيطات من المياه الضحلة إلى أحلك أعماق البحار العميقة

(John M Guinotte , Victoria J Fabry،2008,p320-321).

يوجد الكربون في جميع أنحاء الكوكب في عدة "خزانات" وبأشكال متنوعة. يُعرف تبادل الكربون بين الخزانات المهمة للغلاف الحيوي والغلاف الجوي والمحيطات بدورة الكربون. أحد أكثر عمليات تبادل الكربون شيوعًا في هذه الدورة هو امتصاصه، على شكل ثاني أكسيد الكربون، بواسطة الأشجار والنباتات العشبية على الأرض أثناء عملية التمثيل الضوئي، والمعروف أيضًا باسم الإنتاج الأولي (إنتاج الكربون العضوي من الكربون غير العضوي)، ثم إطلاقه لاحقًا. العودة إلى الغلاف الجوي عن طريق التنفس. يذوب ثاني أكسيد الكربون أيضًا في المحيطات ويمكن إطلاقه مرة أخرى في الغلاف الجوي، مما يجعل المحيطات نقطة تبادل مهمة في دورة الكربون. تتبادل الكائنات الحية الموجودة على سطح المحيط ثاني أكسيد الكربون بنفس الطريقة التي تتم بها العمليات البيولوجية على الأرض. على الرغم من أن الامتصاص البيولوجي لثاني أكسيد الكربون لكل وحدة مساحة من سطح المحيطات أقل منه في معظم الأنظمة الأرضية، إلا أن الامتصاص البيولوجي الإجمالي يكاد يكون كبيرًا مثل ذلك الموجود في البيئة الأرضية. وذلك لأن مساحة سطح المحيطات أكبر بكثير.

المحيطات هي خزان كبير للكربون. وعند قياسها على فترات زمنية قصيرة تصل إلى مئات السنين، فإن أكبر تبادلات الكربون بينهما تكون مع الغلاف الجوي. قُدِّر مخزون الكربون المحيطي في فترة ما قبل الصناعة بحوالي ٣٨٠٠٠ جيجا طن، مقارنة بحوالي ٧٠٠ جيجا طن في الغلاف الجوي وأقل إلى حد ما من ٢٠٠٠ جيجا طن في المحيط الحيوي الأرضي (حوالي ٧٠٠ جيجا طن ككتلة حيوية و١١٠٠ جيجا طن كتربة).

ثاني أكسيد الكربون الموجود في الغلاف الجوي هو غاز غير متفاعل كيميائيا، ولكن عندما يذوب في مياه البحر، يصبح أكثر تفاعلا ويشارك في العديد من التفاعلات الكيميائية والفيزيائية والبيولوجية والجيولوجية، وكثير منها معقد.

أحد التأثيرات العامة لذوبان ثاني أكسيد الكربون في مياه البحر هو زيادة تركيز أيونات الهيدروجين ([H+]) داخلها. وهذا نتيجة تفاعل أولي بين الماء (H_2O) وثاني أكسيد الكربون لتكوين

حمض الكربونيك (H_2CO_3) يقوم هذا الحمض الضعيف بإطلاق أيونات الهيدروجين بسهولة لتكوين الأنواع الأخرى من الكربون غير العضوي المذاب، يتم تحديد الحموضة من خلال تركيز أيونات الهيدروجين. يتم قياس ذلك على مقياس الأس الهيدروجيني، حيث يكون للحمض درجة حموضة أقل من ٧ والقلويات لها درجة حموضة أكبر من ٧ وحدات. كلما كان المحلول أكثر حمضية، زاد عدد أيونات الهيدروجين وانخفض ال الهيدروجيني. ولذلك فإن كمية ثاني أكسيد الكربون التي تذوب في مياه البحر لها تأثير قوي على الحموضة/القلوية الناتجة ودرجة الحموضة في المحيطات .

في المحيطات، يتواجد ثاني أكسيد الكربون المذاب في مياه البحر في ثلاثة أشكال غير عضوية رئيسية تُعرف مجتمعة باسم الكربون غير العضوي المذاب . وهي: ثاني أكسيد الكربون المائي (حوالي ١% من الإجمالي)، يشمل هذا المصطلح أيضًا حمض الكربونيك(H_2CO_3) ، (حيث يمكن أن يكون ثاني أكسيد الكربون المائي في أي من الشكلين)، وفي شكلين مشحونين كهربائيًا، بيكربونات .

فإن البيكربونات هي الشكل الأكثر وفرة من ثاني أكسيد الكربون المذاب في مياه البحر تليها الكربونات ثم ثاني أكسيد الكربون المائي تعتبر الأشكال الثلاثة لثاني أكسيد الكربون المذاب مهمة للعمليات البيولوجية للكائنات البحرية. تشمل هذه العمليات عملية التمثيل الضوئي بواسطة الطحالب البحرية (معظمها العوالق النباتية)، وإنتاج جزيئات الكربون العضوية المعقدة من ضوء الشمس، والتكلس، مما يوفر هياكل مثل قذائف $CaCO_3$. وعندما تموت هذه الكائنات أو تُستهلك، فإن معظم الكربون إما أن تبقى في المياه السطحية أو تنطلق مرة أخرى إلى الغلاف الجوي. ومع ذلك، فإن بعضًا من كربونات الكالسيوم $CaCO_3$ والمواد العضوية يتساقط على شكل رواسب جسيمية إلى المحيطات العميقة (John Raven, et al ,2005,p6).

نتائج تحمض المحيطات

يمر مناخ الأرض بتغيرات كبيرة بسبب ارتفاع درجات الحرارة، مما يتسبب في أنماط هطول الأمطار، والأحداث المتطرفة، ومستويات سطح البحر، والغطاء الثلجي والجليدي، ومواسم النمو الأطول، والتأثيرات على البنية التحتية والصحة العامة والنظم البيئية. وترتبط هذه التغيرات بارتفاع مستويات ثاني أكسيد الكربون والغازات الدفيئة الناجمة عن الأنشطة البشرية , D Thomas, 2008 (p1)، ويلاحظ ذلك ايضاً بان هناك تغير في مناخ العراق من خلال العقدين (١٩٨١-١٩٩١) و(١٩٩١-٢٠٠٠) ووجود ارتفاع في درجات الحرارة خصوصاً في العقد (١٩٩١-٢٠٠٠) الذي يعد من اشد العقود حرارة (سعد جاسم محمد ودنيا حمزة لفتة، 2016، ص٢٠٦-٢٠٨).

و طرأ تغيير في اتجاهات درجات الحرارة نحو الارتفاع في كل من محافظة بغداد للمدة من (٢٠٠٠-٢٠١٠) وهذا مطابق تقريباً مع وسط إنكلترا (٢٠٠٠-٢٠٠٩) وهي من احر السنوات التي شهدتها وسط إنجلترا (دنيا حمزة لفتة ، ٢٠٢٣، ص ٢٨-٤٣).

وهناك انخفاض في كميات الامطار في محطة الموصل وخاصة في الدورة المناخية (١٩٩٢ - ٢٠٠٣) ، اما محطة كركوك فكانت الدورة المناخية (١٩٥٩-١٩٧٠) أقل انخفاضاً في كميات الامطار. تعد الدورة المناخية من (١٩٣٧-١٩٤٨) أكثر الدورات ارتفاعاً في كميات الامطار لمحطتي الموصل وكركوك (دنيا حمزة لفتة ، ٢٠٢٣، ص ١٣).

تأثرت الهيدرولوجيا في التسعينيات بالتقلبات المناخية، بعد الجفاف الشديد الذي حدث في ١٩٧٥/١٩٧٦، وكان العقد الأكثر رطوبة في بريطانيا العظمى منذ عام ١٨٦٩. كان الشتاء الرطب في ١٩٨٧/١٩٨٨ بمثابة فترة طويلة من نقص هطول الأمطار، تخللتها فترات رطبة جدًا، مثل شتاء ١٩٨٩/١٩٩٠، مع حدوث موجات جفاف خطيرة في أعوام ١٩٨٩ و١٩٩٠ و١٩٩٥. وقد حدث هذا خلال ظاهرة الاحتباس الحراري غير المسبوقة، كان صيف عام ١٩٩٥ هو الأكثر جفافًا على

الإطلاق في إنجلترا وويلز ككل، حيث كانت الأمطار أقل مما كانت عليه في عام ١٩٧٦ TP) (Burt, JK Adamson, et al ,1988,p 784,785,780.

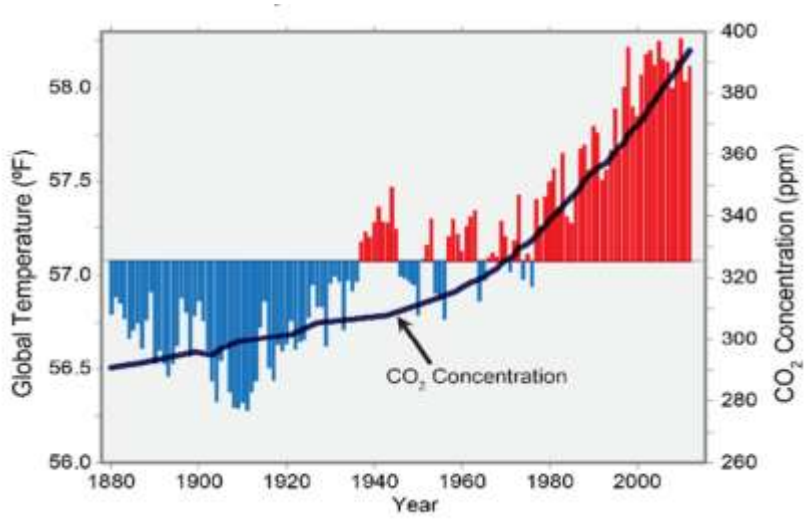
تزداد درجة حرارة القطب الشمالي بسرعة أكبر من بقية العالم وكان لهذا الاحترار تأثير عميق حيث شهدت الأنهار الجليدية الطرفية في جرينلاند خسارة كبيرة في الكتلة مما أدى إلى مساهمة كبيرة في ارتفاع مستوى سطح البحر Shfaqat A. Khan , William). Colgan,et al ,p1-3)

يوضح الشكل (١) ان الأشرطة الحمراء متوسط درجات الحرارة العالمية (البرية والبحرية) أعلى من المتوسط على المدى الطويل، وتشير الأشرطة الزرقاء إلى درجات حرارة أقل من المتوسط على المدى الطويل. يوضح الخط الأسود تركيز ثاني أكسيد الكربون في الغلاف الجوي .

يعتقد علماء المناخ أن البشر هم المسؤولون الأولون عن تغير المناخ منذ الخمسينيات. تؤدي الأنشطة البشرية، بما في ذلك حرق الوقود الأحفوري، وزراعة المحاصيل، وتربية الماشية، وإزالة الغابات، إلى إطلاق غازات الدفيئة في الغلاف الجوي. لقد زاد تركيز ثاني أكسيد الكربون في الغلاف الجوي بنسبة تزيد على ٤٠% منذ عصور ما قبل الصناعة، والمستوى الحالي لثاني أكسيد الكربون أعلى مما كان عليه منذ ٨٠٠ ألف عام. ويتفاقم تأثير غازات الدفيئة الاحترارية من خلال ردود الفعل، خاصة الناتجة عن بخار الماء، مما يؤدي إلى مزيد من الاحترار والتغيرات المناخية. لا يمكن للمؤثرات الطبيعية، مثل الإشعاع الشمسي، والدورات، والانفجارات البركانية، والتقلب من سنة إلى أخرى، أن تفسر بشكل كامل اتجاه الاحترار الحالي (D Thomas, 2008 , p3) .

شكل (١)

درجة الحرارة العالمية وثاني أوكسيد الكربون



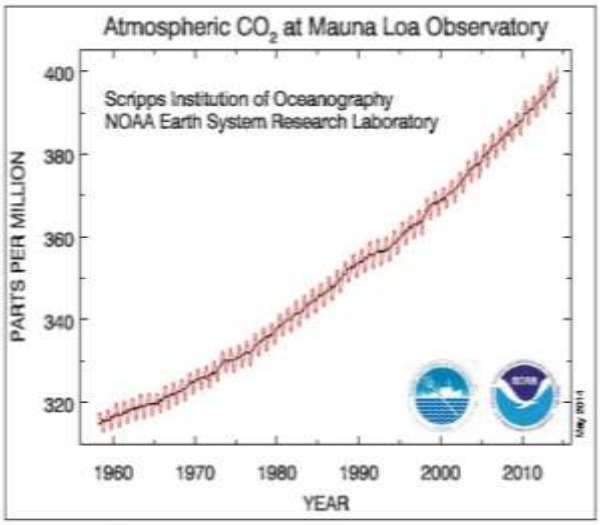
Sores/ Climate Change: Frequently Asked Questions,D Thomas

Wajibu 23 (3), 10-12, 2008,p 2.

يلاحظ من الشكل (٢) المتوسط الشهري لثنائي اكسيد الكربون في الغلاف الجوي من مرصد ماونالوا ان المحيطات امتصت ٣٠% من ثاني اكسيد الكربون الاضافي اضافة الى الغلاف الجوي مما ساهم في تغيير بنسبة ٢٦% في حموضة المحيط.

شكل (٢)

المتوسط الشهري لثنائي اكسيد الكربون في الغلاف الجوي من مرصد ماونالوا



Sores : Kaua‘i General Plan Update Technical Study, Kaua‘i Climate Change and Coastal Hazards Assessment, University of Hawai‘i Sea Grant College Program, *June 2014,p*٩

-آثار تحمض المحيطات

معظم النشاط البيولوجي في المحيطات (وكل عملية التمثيل الضوئي) يحدث في المياه القريبة من السطح التي يخترق ضوء الشمس من خلالها؛ ما يسمى بالمنطقة الضوئية.

الكائنات البحرية، بحكم تعريفها، تتكيف مع بيئتها. ومع ذلك، فإن التغيرات في كيمياء المحيطات، وخاصة التعديلات السريعة مثل تحمض المحيطات، يمكن أن يكون لها آثار كبيرة مباشرة وغير مباشرة على هذه الكائنات وعلى الموائل التي تعيش فيها. وتشمل التأثيرات المباشرة تأثير زيادة تركيز ثاني أكسيد الكربون والحموضة، مما قد يؤثر على جميع مراحل دورة الحياة. تشمل التأثيرات غير المباشرة التأثير على الكائنات الحية الناتج عن التغيرات في توافر العناصر الغذائية أو تركيبها نتيجة لزيادة الحموضة.

أحد أهم الآثار المترتبة على تغير حموضة المحيطات يتعلق بحقيقة أن العديد من الكائنات الحية والحيوانات البحرية التي تقوم بالتمثيل الضوئي، مثل المرجان، تصنع أصدافًا وصفائح من كربونات الكالسيوم (CaCo3). إن عملية "التكلس" هذه، والتي تعتبر مهمة بالنسبة لبعض الكائنات البحرية لبيولوجيتها وبقائها، يتم إعاقتها تدريجياً عندما تصبح المياه محمضة (أقل قلوية). هذا التأثير السلبي

على التكلس هو واحد من الأكثر وضوحًا وربما الأكثر خطورة من بين الآثار البيئية المحتملة لتحمض المحيطات(John Raven, et al ,2005,p2).

إن انخفاض عدد أيونات الكربونات المتاحة سيجعل الأمر أكثر صعوبة و يتطلب من الكائنات البحرية المكلسة استخدام المزيد من الطاقة لتكوين كربونات الكالسيوم الحيوية($CaCO_3$) . تشكل العديد من الكائنات البحرية كربونات الكالسيوم الحيوية بما في ذلك: الطحالب المرجانية القشرية (المادة اللاصقة الأولية التي تجعل تكوين الشعاب المرجانية ممكنًا)، هاليميدا (الطحالب الكبيرة)، الشعاب المرجانية الاستوائية التي تبني الشعاب المرجانية، مرجانيات المياه الباردة، الرخويات، وشوكيات الجلد. غالبية التكلسات البحرية التي تم اختبارها حساسة للتغيرات في حالة تشبع الكربونات وأظهرت انخفاضًا في معدلات التكلس في الدراسات المختبرية والدراسات . تتأثر هذه الكائنات وستستمر في التأثر بتحمض المحيطات، ولكن تأثيرات النظام البيئي على الكائنات ذات المستوى الغذائي الأعلى التي تعتمد على هذه المُكلِّسات للمأوى والتغذية والوظائف الأساسية الأخرى أقل شهرة.

وأي تغييرات في العمليات البيولوجية في مياه المحيطات السطحية ستؤثر أيضًا على المياه العميقة في المحيطات. وذلك لأن الكائنات الحية والموائل التي تعيش في المستويات الدنيا من المحيطات – بعيدًا عن ضوء الشمس – تعتمد بشكل أساسي على المنتجات التي تنشأ عن الحياة في المياه السطحية. وعلى نطاق زمني أطول، قد تكون هذه الكائنات أيضًا عرضة للتحمض والتغيرات في كيمياء المحيطات مع امتزاج مستويات أعلى من ثاني أكسيد الكربون في جميع أنحاء المحيطات (John Raven, et al ,2005,p2).

ارتفاع تركيزات ثاني أكسيد الكربون في الغلاف الجوي يؤدي إلى تقليل درجة الحموضة وتركيز أيونات الكربونات، مما يؤثر على تشبع كربونات الكالسيوم. قد تكافح الكائنات البحرية الرئيسية، مثل الشعاب المرجانية والعوالق، للحفاظ على هياكلها العظمية الخارجية من كربونات الكالسيوم. فإن الكائنات البحرية الرئيسية – مثل المرجان وبعض

العوالق – ستواجه صعوبة في الحفاظ على هياكلها العظمية الخارجية من كربونات الكالسيوم(James C. Orr, et al ,2005,p681).

الشعاب المرجانية

تتطلب الشعاب المرجانية التي تقوم بعملية التمثيل الضوئي هياكل متكلسة للبقاء على قيد الحياة. تشير اعتبارات التغيرات في كيمياء المحيطات في المناطق الاستوائية وشبه الاستوائية إلى أن هذه الأنظمة معرضة للتدهور بشكل كبير نتيجة لتحمض سطح المحيطات.

تغطي الشعاب المرجانية ما يقدر بنحو ١.٢٨ مليون كيلومتر مربع من محيطات العالم الاستوائية وشبه الاستوائية . وهي تحدث في المقام الأول في المياه الضحلة جيدة الإضاءة، وتتميز بانخفاض تعكر عمود الماء. وعلى النقيض من الشعاب المرجانية في المياه الباردة، فإن الشعاب المرجانية التي تبني الشعاب المرجانية في المياه الدافئة تتعايش مع طحالب الدينوفلاجيلات أحادية الخلية . تسمح معدلات التكلس المرتفعة ببناء إطار، والذي يصبح موطنًا لمئات الآلاف من الأنواع الأخرى التي تعيش في الشعاب المرجانية . وبدون وجود وأنشطة الشعاب المرجانية التي تبني الشعاب المرجانية، ستكون الشعاب المرجانية مختلفة إلى حد كبير عن النظم البيئية المتنوعة والمنتجة التي تميز المحيطات الاستوائية وشبه الاستوائية الضحلة اليوم. على الرغم من أنها تمثل أقل من ١.٢% من مساحة الجرف القاري في العالم، إلا أن الشعاب المرجانية تعد موارد مهمة للناس والصناعات في العديد من البلدان .

توجد الشعاب المرجانية في المياه الدافئة عمومًا ضمن غلاف بيئي ضيق يتم تحديده إلى حد كبير من خلال درجة حرارة البحر والضوء وحالة تشبع الأراغونيت .نمو الشعاب المرجانية ضئيل خارج هذا الغلاف.

اختفى ما يقرب من ٣٠% من الشعاب المرجانية في المياه الدافئة منذ بداية الثمانينات، وهو تغير يرجع إلى حد كبير إلى فترات متكررة ومكثفة من درجات حرارة البحر الدافئة. تتسبب درجات الحرارة المرتفعة في المحيطات في تبييض المرجان (أي فقدان

تعايش السوطيات المصطبغة، وإذا كانت الظروف دافئة بدرجة كافية لفترة كافية، فإنها تموت). تؤدي الزيادة في ثاني أكسيد الكربون في الغلاف الجوي إلى تفاقم هذا التأثير، عن طريق خفض حالة تشبع الأراغونيت في مياه البحر، مما يجعل أيونات الكربونات أقل توفرًا للتكلس . أن معدلات تكلس الشعاب المرجانية ستنخفض بنسبة ١٠-٣٠٪ في ظل مضاعفة تركيزات ثاني أكسيد الكربون في الغلاف الجوي. ، أن مضاعفة ثاني أكسيد الكربون في الغلاف الجوي تؤدي إلى انخفاض بنسبة ٣-٥٤٪ في إنتاج الكربونات (John Raven, et al ,2005,p25).

-حل مشكلة تحمض المحيطات

وبصرف النظر عن خفض الانبعاثات في الغلاف الجوي، فقد تم اقتراح أساليب هندسية (مثل إضافة الحجر الجيري، وهي مادة كربونية) لمعالجة تحمض المحيطات. تهدف هذه الأساليب إلى تقليل بعض التأثيرات الكيميائية لزيادة ثاني أكسيد الكربون من خلال إضافة مادة قلوية إلى المحيطات(John Raven, et al ,2005,p2) .

يحدث تبادل ثاني أكسيد الكربون فقط بالمياه القريبة من السطح، أو بالطبقات السطحية، للمحيطات (حتى حوالي ١٠٠ متر في المتوسط) هي التي تمتزج بشكل جيد وبالتالي فهي على اتصال وثيق بالغلاف الجوي. يذوب ثاني أكسيد الكربون الموجود في الغلاف الجوي في المياه السطحية للمحيطات ويحقق تركيزًا متوازنًا مع تركيزه في الغلاف الجوي. تتبادل جزيئات ثاني أكسيد الكربون بسهولة مع الغلاف الجوي، وتبقى في المتوسط في المياه السطحية لمدة ٦ سنوات فقط، بينما تستغرق المياه المتوسطة والعميقة مئات السنين لتختلط وتتطور. تعمل عملية الخلط البطيئة هذه على نشر امتصاص الغلاف الجوي لثاني أكسيد الكربون إلى المحيطات العميقة، مما يؤدي إلى الاحتفاظ بمعظم الكربون المخزن في المياه العليا لفترة طويلة، مما يسبب تأثيرات أكبر على المياه السطحية مما لو

كـان ثـاني أكسـيد الكربـون منتشـرًا بشـكل موحـد عبـر جميـع أعمـاق المحيطـات (John Raven, et al ,2005,p2) .

الاستنتاجات :

١-ثاني أكسيد الكربون الموجود في الغلاف الجوي هو غاز غير متفاعل كيميائيا، ولكن عندما يذوب في مياه البحر، يصبح أكثر تفاعلا ويشارك في العديد من التفاعلات الكيميائية والفيزيائية والبيولوجية والجيولوجية، وكثير منها معقد.

٢-تحتوي المياه الباردة بشكل طبيعي على كمية أكبر من ثاني أكسيد الكربون وهي أكثر حمضية من المياه الدافئة.

٣-عندما يذوب ثاني أكسيد الكربون في مياه البحر فإنه يشكل حمضًا ضعيفًا يسمى حمض الكربونيك.أدى ذوبان ثاني أكسيد الكربون إلى خفض متوسط ال الهيدروجيني للمحيطات بحوالي ٠.١ وحدة عن مستويات ما قبل الصناعة. قد تبدو هذه القيمة صغيرة ولكن بسبب الطريقة التي يتم بها قياس ال الهيدروجيني، فإن هذا التغيير يمثل زيادة بنسبة ٣٠٪ تقريبًا في تركيز أيونات الهيدروجين، وهو ما يمثل تحمضًا كبيرًا للمحيطات. ستؤدي زيادة تركيز ثاني أكسيد الكربون في الغلاف الجوي إلى زيادة تحمض المحيطات.

٤-يمرمناخ الأرض بتغيرات كبيرة بسبب ارتفاع درجات الحرارة، مما يتسبب في أنماط هطول الأمطار، والأحداث المتطرفة، ومستويات سطح البحر، والغطاء الثلجي والجليدي، ومواسم النمو الأطول، والتأثيرات على البنية التحتية والصحة العامة والنظم البيئية. وترتبط هذه التغيرات بارتفاع مستويات ثاني أكسيد الكربون والغازات الدفيئة الناجمة عن الأنشطة البشرية.

٥-الآثار الاجتماعية والاقتصادية لتحمض المحيطات كبيرة. إن الأضرار التي تلحق بالنظم البيئية للشعاب المرجانية ومصايد الأسماك والصناعات الترفيهية التي تعتمد عليها يمكن أن تصل إلى خسائر اقتصادية تصل إلى عدة مليارات من الدولارات سنويا. اختفى ما يقرب من ٣٠% من الشعاب

المرجانية في المياه الدافئة منذ بداية الثمانينات، وهو تغير يرجع إلى حد كبير إلى فترات متكررة ومكثفة من درجات حرارة البحر الدافئة.

٦- أن الامتصاص البيولوجي لثاني أكسيد الكربون لكل وحدة مساحة من سطح المحيطات أقل منه في معظم الأنظمة الأرضية، إلا أن الامتصاص البيولوجي الإجمالي يكاد يكون كبيرًا مثل ذلك الموجود في البيئة الأرضية. وذلك لأن مساحة سطح المحيطات أكبر بكثير.

٧- إن الكربون الذي تطلقه الأنشطة البشرية هو الذي أدى إلى زيادة تركيزات ثاني أكسيد الكربون في الغلاف الجوي إلى مستويات غير مسبوقة منذ ٤٢٠٠٠٠ عام على الأقل وربما خلال عشرات الملايين من السنين الماضية.

٨- أحد أهم الآثار المترتبة على تغير حموضة المحيطات يتعلق بحقيقة أن العديد من الكائنات الحية والحيوانات البحرية التي تقوم بالتمثيل الضوئي، مثل المرجان، تصنع أصدافًا وصفائح من كربونات الكالسيوم ($CaCO_3$). إن عملية "التكلس" هذه، والتي تعتبر مهمة بالنسبة لبعض الكائنات البحرية لبيولوجيتها وبقائها، يتم إعاقتها تدريجياً عندما تصبح المياه محمضة (أقل قلوية). هذا التأثير السلبي على التكلس هو واحد من الأكثر وضوحًا وربما الأكثر خطورة من بين الآثار البيئية المحتملة لتحمض المحيطات.

المصادر:

أولا: المصادر العربية :

١-جودة فتحي التركماني ، جغرافية الموارد المائية دراسة معاصرة في الأسس والتطبيق ، دار السعودية للنشر والتوزيع ، الطبعة الأولى ، ٢٠٠٥.

٢-دنيا حمزة لفتة ، النتائج المترتبة على التغيرات المناخية التي طرأت في محافظة بغداد والعالم (جنوب جرينلاند وماونالوا في هاواي ووسط إنجلترا) انموذجاً ،(مجلة كلية المأمون ،المجلد ٢، العدد ٣٨ ، ٢٠٢٢).

٣-دنيا حمزة لفته ،تحليل اتجاهات كميات الامطار في محافظتي الموصل وكركوك للمدة من (١٩٣٧-٢٠١٨)،(مجلة كلية المأمون ،المجلد ٢، العدد ٤٠، ٢٠٢٣).

٤-سعد جاسم محمد ودنيا حمزة لفتة، التغير المناخي واثره على تغير درجات الحرارة في العراق ،(مجلة المستنصرية للدراسات العربية والدولية، الجامعة المستنصرية، المجلد ١٣، العدد ٥٤ ، ٢٠١٦) .

ثانيا: المصادر الإنكليزية

1-Climate Change: Frequently Asked Questions,D Thomas *Wajibu 23 (3), 10-12, 2008.*

2-James C. Orr1, Victoria J. Fabry2, Olivier Aumont3, Laurent Bopp1, Scott C. Doney4, Richard A. Feely5،Anand Gnanadesikan6, Nicolas Gruber7, Akio Ishida8, Fortunat Joos9, Robert M. Key10, Keith Lindsay11،Ernst Maier-Reimer12, Richard Matear13, Patrick Monfray1†, Anne Mouchet14, Raymond G. Najjar15, Gian-Kasper Plattner7,9, Keith B. Rodgers1,16†, Christopher L. Sabine5, Jorge L. Sarmiento10, Reiner Schlitzer17, Richard D. Slater10, Ian J. Totterdell18†, Marie-France Weirig17, Yasuhiro Yamanaka8 & Andrew Yool18،Nature, Anthropogenic ocean acidification over the twenty-first century and its impact on calcifying organisms,Vol 437|29 September, 2005.

3-John M Guinotte , Victoria J Fabry ،Ocean Acidification and Its Potential Effects on Marine Ecosystems ،*Annals of the New York Academy of Sciences 1134 (1), 2008.*

4-John Raven, Ken Caldeira, Harry Elderfield, Ove Hoegh-Guldberg, Peter Liss, Ulf Riebesell, John Shepherd, Carol Turley, Andrew Watson,Ocean acidification due to increasing atmospheric carbon dioxide، The Royal Society,2005.

5-Kaua'i General Plan Update Technical Study, Kaua'i Climate Change and Coastal Hazards Assessment, University of Hawai'i Sea Grant College Program, *June 2014.*

6-Long-term rainfall and streamflow records for north central England: putting the Environmental Change Network site at Moor House, Upper Teesdale, in context,TP Burt, JK Adamson, AMJ Lane,*Hydrological Sciences Journal 43 (5), 1998.*

7-Shfaqat A. Khan1 , William Colgan2 , Thomas A. Neumann3, Michiel R. van den Broeke4 ,Kelly M. Brunt3,5 , Brice Noël4 , Jonathan L. Bamber,7 ,Javed Hassan1, and Anders A. Bjo rk8، Accelerating Ice Loss From Peripheral Glaciers in North Greenland، Geophysical Research Letters.