اضرار ملوثات الهواء على البيئة

1- الامطار الحامضية Acid rain

اكتشف المطر الحامضي في القرن التاسع عشر من قبل الصيدلاني الانكليزي روبيرت انجس سميث الذي قاس المستويات العالية من الحموضة في الامطار التي تسقط على المناطق الصناعية في انكلترا وقارنها مع الامطار الاقل حموضة بكثير التي تسقط قرب السواحل. دفع علمه الى اهتمام قليل حتى الخمسينيات عندما لاحظ علماء الاحياء تراجع خطير في كثافة الاسماك الموجودة في جنوب النرويج وسبب هذه المشكلة المطر الحامضي. نتائج مماثلة وجدت في امريكا الشمالية في الستينيات. دفعت هذه النتائج الى بحث حاد لمعرفة اصل ظاهرة الامطار الحامضية.

المطر الحامضي هو المطر الذي يكتسب الصفة الحامضية والتي يمتلكها بسبب ذوبان الغازات الضارة بماء المطر وتشكيل الاحماض التي تندمج مع المطر وتعمل على انقاص ال PH له حتى يصل لدرجة حموضة معينة. ان المطر النقي بطبيعته حامضيا بنسبة ضئيلة بسبب ثنائي اوكسيد الكاربون المنحل به، والمعامل الذي تقاس به درجة الحموضة للمطر هو الاس الهايدروجيني (PH) حيث كلما كان رقم هذا المعامل اقل كلما كانت نسبة الحموضة في المطر اعلى.

تعتبر المناطق الصناعية التي ترتفع بها درجة الرطوبة من اكثر المناطق عرضة للتلوث بالامطار الحامضية ويتضاعف خطر المطر الحامضي في المناطق التي تتراكم بها الثلوج حيث تتراكم الرذاذات الحامضية مع الثلوج، وعندما تذوب هذه الثلوج فانها تحملها معها الى المسطحات المائية في وقت الربيع لتجعل هذه المسطحات اكثر حموضة في وقت تنشط فيه الكثير من الحيوانات المائية والبرمائية للتكاثر.

بصورة عامة يتراوح ال PH في المطر النقي بين 6-5.5 وكل مطر تحتوي على درجة PH بنسبة اقل من ذلك تسمى امطار حامضية. تشير الدراسات الى ان حموضة الامطار التي سقطت فوق السويد عام 1982 كانت اعلى بعشر مرات من حموضة الامطار التي سقطت عام 1969. اما في بريطانيا فقد وصلت درجة حموضة الامطار الى 4.5 في عام 1979. ووصلت في نفس العام في كندا الى 3.8 وفي اسكتلندا وصلت الى 2.7 عام 1977.ووصلت في لوس انجلوس الى 3 عام 1980، اي اكثر حموضة من الخل وعصير الليمون.

اسباب وكيفية تشكل المطر الحامضي:

ان السبب الرئيسي في الامطار الحامضية هو محطات القوى الكهربائية والمراكز الصناعية الضخمة التي تنتشر في كثير من الدول والتي تحرق كميات ضخمة من الوقود وتدفع الى الهواء يوميا كميات هائلة من غاز ثنائي اوكسيد الكاربون واكاسيد النايتروحين. كما ان المداخن الطويلة لتخفيض التلوث المحلي يؤدي الى تشكل المطر الحامضي، حيث يتم رفع الغازات الى مستويات عالية وبالتالي تسقط الامطار الحامضية على مناطق بعيدة عن مصدر الغازات. كما حصل في السويد حيث تسقط عليها امطار حامضية مصدرها غازات المصانع للدول المجاورة وخاصة المانيا.

تحدث الامطار الحامضة عادة عندما تتفاعل اكاسيد الكاربون والنايتروجين والكبريت المنبعثة من مصادر التلوث المختلفة (مثل: مصادر حرق الوقود من المصانع، محطات توليد الطاقة،

ووسائل النقل والمواصلات) مع بخار الماء في الجو لتتحول الى احماض ومركبات حامضية ذائبة تبقى معلقة في الهواء حتلى تتساقط مع مياه الامطار او الضباب او الثلوج او البرد مكونة مايعرف بالامطار الحامضية التي تحتوي على نوعين رئيسيين من الاحماض القوية وهي حامض الكبريتيك وحامض النتريك بالاضافة الى بقية الاحماض مثل حامض الهيدروكلوريك وحامض الكاربونيك.

مثلا الغازات المحتوية على الكبريت (ثنائي اوكسيد الكبريت) تتفاعل مع الاوكسجين مع وجود الاشعة فوق البنفسجية الصادرة من الشمس وتتحول الى ثلاثي اوكسيد الكبريت الذي يتحد مع بخار الماء في الجو ليعطي حامض الكبريتيك H_2SO_4، ويمكن ان يتحد مع بعض الغازات في الهواء مثل النشادر وينتج مركب جديد وهو كبريتات النشادر الذي يبقى معلقا في الهواء على شكل رذا دقيق تنقله الرياح الى مكان اخر وعندما تصبح الضروف ملائمة لسقوط الامطار فان رذاذ الكبريت ودقائق كبريتات النشادر يذوبان في ماء المطر ويسقطان على الارض بهيئة المطر الحامضي وهو غير صالح للشرب والاستخدام البشري نتيجة لشدة مرارته وارتفاع نسبة ملوحته.

وكذلك بالنسبة للغازات المحتوية على النايتروجين (احادي اوكسيد النايتروجين، ثنائي اوكسيد النايتروجين) تتفاعل مع بخار الماء بوجود الاشعة فوق البنفسجية الصادرة من الشمس لتعطي حامض النتريك الذي يبقى معلقا في الهواء على هيئة رذاذ دقيق تنقله الرياح من مكان الى اخر فعندما تصبح الظروف مناسبة لسقوط الامطار فانه يذوب مع ماء المطر في شكل امطار حامضية وكذلك بالنسبة لغاز ثنائي اوكسيد الكاربون. والتفاعلات الاتية توضح كيفية تكون المطر الحامضي:

- يتفاعل غاز ثنائي اوكسيد الكبريت مع الماء ليكون حامض الكبريتيك,

$$SO_2 + 2H_2O \rightarrow H_2SO_4 + H_2$$

- يتفاعل ثنائي اوكسيد النايتروجين مع الماء ليكون حامض النتريك.

$$NO_2 + H_2O \rightarrow HNO_3$$

- يتفاعل غاز ثنائي اوكسيد الكاربون مع الماءليكون حامض الكاربونيك.

$$CO_2 + H_2O \rightarrow H_2CO_3$$

- يتفاعل غاز الكلور مع الماء ليكون حامض الهايدروكلوريك.

$$Cl_2 + 2H_2O \rightarrow 2HCl + 2OH$$

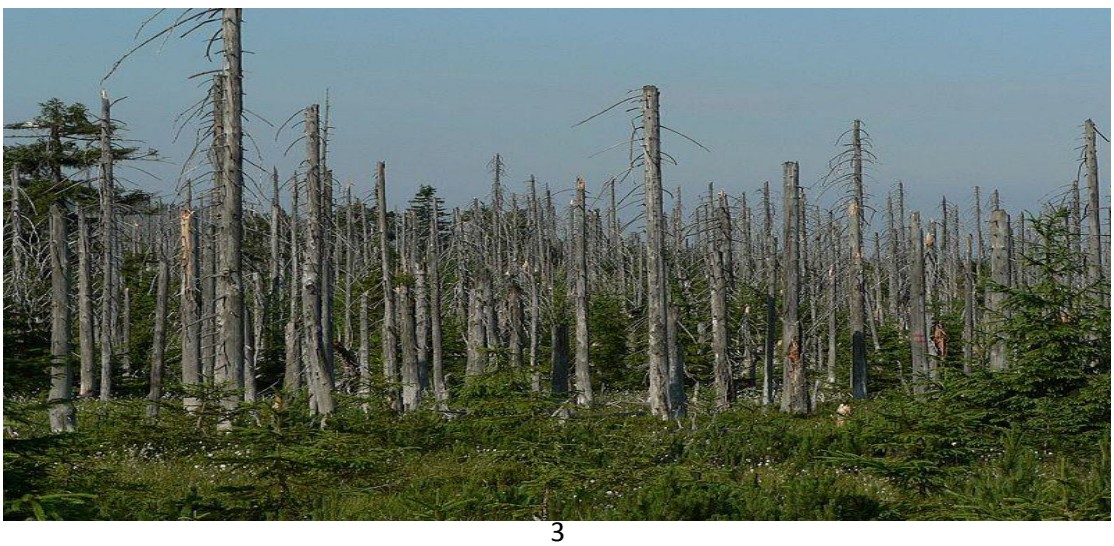
اثر الامطار الحامضية:

يتوقف تاثير الامطار الحامضية على عدد من العوامل مثل كمية الامطار الساقطة والفترة الزمنية التي يستغرقها هطول المطر الحامضي ومستوى حموضة الامطار والتركيب الكيميائي للتربة والنباتات والمياه الطبيعية، ومدى تاثر النباتات والحيوانات والمنشات بحموضة الامطار، وحرارة الجو، ووجود ملوثات اخرى في الهواء وغيرها. يؤثر المطر الحامضي بشكل كبير وخطير على الانسان والبيئة، فالمطر الحامضي يزيد من حموضة مياه الينابيع والبحيرات، يضر بالتربة والحياة النباتية، يعمل على اتلاف الابنية والاثار.

تجدر الاشارة انه في بعض المناطق التي تتميز بالجو الجاف (كدول الخليج العربي مثلا) تلتصق المركبات الحامضية بحبيبات الاتربة العالقة في الهواء وتتساقط معها فيما يعرف بالترسيب الحامضي الجاف. تبلغ حموضة الامطار التي تسقط على المناطق الشمالية من اوربا الغربية الى نحو 4-3 حسب سلم الحموضة وهو مايعادل 100مل من حامض الكبريتيك في كل لتر ماء. عندما تسقط هذه الامطار الحامضية على الاراضي ذات التربية الكرانيتية كما في دول السويد والنرويج وفلندا فهي تؤدي الى تفتت بعض الصخور وتذيب قدرا كبيرا من عنصر الكالسيوم الموجود في التربة وتحمله معها نحو المياه، ويؤدي ذلك الى انجراف التربة وزيادة في تركيز الكالسيوم في الماء وضعف النباتات. اما التربة القلوية فانها تتفاعل مع الامطار الحامضية وتتعادل معها.

اثر الامطار الحامضية على الغابات والمحاصيل:

تؤدي الامطار الحامضية الى تلف الكثير من النباتات والاشجار وكذلك الاراضي وماتحتويه من خيرات وتؤثر ايضا في النباتات الاقتصادية ذات المحاصيل الموسمية. ففي الغابات الصنوبرية فهي تجرد الاشجار من اوراقها وتؤدي الى انخفاض التمثيل الضوئي وتحدث خللا في التربة وبالتالي تجعل الامتصاص يضطرب في الجذور. فعندما تسقط الامطار الحامضية على الغابات فانها تقوم بسبب حموضتها المرتفعة بحرق وتخريب اعالي الاشجار والتي هي القمم النامية، وبالتالي يتوقف النمو الطولي لهذه الاشجار، مع استمرار التخريب للاوراق في الطبقات الادنى حتى تجرد الاشجار تماما من اوراقها الخضراء وتؤدي الى موتها.



وبالتالي تؤدي الى انقاص الغابات والنباتات التي تنتج المواد العضوية والاخشاب التي يستخدمها الانسان والكثير من النباتات التي تستخدم ثمارها من اجل الغذاء اليومي للانسان والحيوان والاهم من ذلك انقاص عملية التركيب الضوئي التي تطلق لنا الاوكسجين اللازم للحياة. مثلا ان كمية الاخشاب التي يستعملها الانسان في العالم تزيد عن 2.4 مليار طن في السنة. كما ان غابات الحور المزروعة في 1 كم^2 تطلق حوالي 1300 طن من الاوكسجين وتمتص حوالي 1640 طن من ثنائي اوكسيد الكاربون خلال فصل النمو الواحد. مثلا تتاثر معظم الغابات في شرقي الولايات المتحدة الامريكية بالامطار الحامضية واكثر الاشجار تاثرا هي اشجار الصنوبر نظرا لسقوط اوراقها قبل موعدها وهو مايؤدي الى فقدان الاخشاب لجودتها ويتسبب في خسارة اقتصادية كبيرة نتيجة تدمير الغابات وتدهور انتاجها.

اثر الامطار الحامضية على الانسان والحيوان:

اما بالنسبة لتاثير الامطار الحامضية على الاتسان فذلك يحدث من خلال الضباب الدخاني الذي يتشكل في المدن الكبيرة عندما تتعرض الملوثات الناتجة عن وسائل النقل والمصانع الى الاشعة فةق البنفسجية الاتية من الشمس فيحدث بين مكوناتها تفاعلات كيميائية تودي الى تكوين الضباب الدخاني. وبالتالي نكون امام مركبات عديدة لها تاثيرات ضارة على الانسان فتتسبب في الاصابة بأمراض الربو واحتقان الاغشية المخاطية وتهيجها والسعال والصداع والاختناق وتلف الانسجة وتهيج بطانة الانف والحنجرة والجهاز التنفسي وحرقة العينين وتهيج الجلد. كما تضر الامطار الحامضية بالانسان من خلال التاثير السلبي لهذه الامطار على البيئة وتتضح هذه العلاقة كالتالي: بما انه يوجد العديد من المعادن السامة في المركبات على سطح التربة، فان المطر الحامضي عند تساقطة يعمل على حل بعض من هذه المركبات بحيث تصبح معادن حرة

طليقة ويتركز بعضا منها في مياه الانهار التي هي المصدر الرئيسي لمياه الشرب لمعظم بلدان العالم، ومن امثلتها الزئبق الذي يتخلل الثروة السمكية ومن ثم يضر بصحة الانسان الذي يتناول هذه الاسماك. وبما ان الماء يصبح اكثر حامضية فانه يتفاعل مع الانابيب المعدنية لنقل مياه الشرب وبالتالي يؤدي الى تلوث المياه بالمعادن مثل النحاس والرصاص وغيرها، يسبب النحاس الاسهال عند الاطفال، ومن الممكن ان يدمر الكبد والكلى. وقد اشارت الدراسات التي أجريت في مختبر (بروك هافن) للأمراض الوبائية في أمريكا أن الأمطار الحامضية هي المسؤولة عما يتراوح بين 750 إلى 1200 حالة وفاة سنويا في الولايات المتحدة الأمريكية. وكذلك فان الامطار الحامضية تؤثر على جسم الانسان وتؤدي لحرقه وتؤثر على الملابس وخصوصا المصنوعة من النايلون وتؤدي الى تخريبها وثقبها.

كما انها تؤثر على الحيوانات حيث تتوقف سلامة كل مكون من مكونات النظام البيئي على سلامة المكونات الاخرى فمثلا تاثر النباتات بالامطار الحامضية يحرم القوارض من المادة الغذائية والمأوى ويؤدي الى موتها او هجرتها، كما تموت الحيوانات اللاحمة التي تتغذى على القوارض او تهاجر ايضا وهكذا. مثل موت القشريات والاسماك الصغيرة في البحيرات التي سقطت عليها الامطار الحامضية نظرا لتشكيل مركبات سامة بتاثير الامطار والحامض التي تدخل في نسيج النباتات والعوالق وعندما تتناولها القشريات والاسماك الصغيرة ، تتركز المواد السامة في المستهلكات الثانية والثالثة حتى تصبح قاتلة في السلسلة الغذائية. فمثلا لوحظ انخفاض اعداد الطيور في بعض المناطق الاوربية والامريكية نتيجة تغذيها على الحشرات التي تحتوي اجسامها على نسبة عالية من الالمنيوم التي جرفته مياه الامطار الحامضية من سطح التربة وحملته الى الماء. لابد من الاشارة الى ان النظام البيئي لايستقيم اذا حدث خلل في عناصره المنتجة او المستهلكة او المحللة فمثلا يؤدي موت الغابات الى موت الكثير من الحيوانات الصغيرة وهجرة الكثير.

اثر الامطار الحامضية على التربة والابنية:

تتاثر التربة بالمطر الحامضي حيث يسبب ذوبان العديد من مكونات التربة وتبطئ عملية تثبيت النايتروجين كما تسبب في زيادة حموضة التربة مما يؤدي الى تغير صفاتها وبالتالي يمكن ان تقل قابليتها للزراعة. حيث تذيب الامطار الحامضية بعض المعادن او الفلزات الهامة للنبات وتبعدها عن جذور النباتات ومن امثلة ذلك الكالسيوم والبوتاسيوم والمغنيسيوم التي تحملها مياه الامطار بعيدا عن جذور النباتات الى المياه الجوفية ويؤدي الى ترشحها ومغادرتها التربة وبذلك تقل جودة المحاصيل الزراعية وانقاص الغطاء النباتي وبالتالي انجراف التربة. وتؤدي الامطار الحامضية ايضا الى القضاء على انواع كثيرة من البكتريا المحللة التي لاتعمل الا في الاوساط القلوية. فقد بينت الدراسات ان التربة في مناطق اوربا اصيبت بالتحميض مما ادى الى اضرار بالغة كانخفاض نشاط البكتريا المثبتة للنايتروجين وانخفاض معدل تحلل المادة العضوية مما يقلل خصوبة التربة.

وللامطار الحامضية تاثيرات سلبية ايضا على المباني المدنية والمنشات الصناعية والجسور الأسمنتية والحديدية والابنية ذات القيمة التاريخية والتماثيل، حيث تؤدي الى تاكلها وتفتيتها وبالتالي تشويهها وتخريبها والذي يكلف مبالغ كبيرة من دخل الفرد او الدخل القومي لاعادة ترميمها. وهذا ما أصاب أحد الجسور الممتدة على نهر(اوهايو) في الولايات المتحدة الأمريكية في عام 1967 وأدى انهياره بسبب تآكل جدرانه إلى وفاة 46 شخصا. كذلك لوحظ في لندن تاكل او تفتت بعض احجار برج لندن وكنيسة ويست مينستر فقد بلغ عمق التاكل بضع

سنتمترات نتيجة التفاعل بين غاز ثنائي اوكسيد الكبريت والامطار التي تسقط على المدن من حين لاخر. وايضا شوهد اثر المطر الحامضي او الترسيب الحامضي على الاكروبوليس في اليونان والكولوسيوم في ايطاليا وتاج محل في الهند وابو الهول في مصر.

اثر الامطار الحامضية على المسطحات المائية والكائنات البحرية:

تؤدي الامطار الحامضية الى الاضرار بكثير من المجاري المائية المكشوفة والبحيرات المقفلة خاصة فهي ترفع من حموضتها وقد تقضي هذه الحموضة الزائدة على كل مافي هذه البحيرات من كائنات (اهمها الاسماك) وقد لوحظ مثل هذه الظاهرة في بعض الانهار الاوربية التي تتساقط عليها الامطار الحامضية بشكل دوري وقد سببت بعدم تفقس بعض البيض وبموت الاسماك في عدة بحيرات. تشير الاحصائيات الى ان عدد البحيرات التي زادت نسبة حموضتها على مستوى العالم ارتفع بصورة غير مسبوقة ليصل الى نحو ثلث البحيرات الموجودة حاليا، والتي ادت الامطار الحامضية الى نوع من الخلل البيئي واضطراب الحياة فيها. فبينت الدراسات ان 15 الف بحيرة من اصل 18 الف قد تاثرت بالامطار الحامضية حيث ماتت وتناقصت اعداد كثيرة من الكائنات الحية التي تعيش في هذه البحيرات. فمثلا لوحظ في بحيرة موس الواقعة غرب جبال اديروندك في الولايات المتحدة انه لم توجد سمكة واحدة من اسماك السلمون المرقط ولا يوجد اي ضفدع على شواطئها كما كان في الماضي حيث كانت منذ سنوات قليلة غنية بالاسماك والضفادع، وكذلك هجرها البط الغواص.

ومن الامثلة ايضا ولاية نيورك كان بها عام 1930 نحو 8 بحيرات تقل حموضتها عن 5 ووصل عدد هذه البحيرات في عام 1974 الى نحو 109 بحيرات. ومن اجدير بالذكر ان بعض البحيرات استطاعت ان تقاوم تاثير الامطار الحامضية لكن في حد معينة وذلك بسبب قيعان هذه البحيرات التي كانت تحتوي على صخور قلوية لها بعض الاثر في معادلة الامطار الحامضية والاحتفاظ بمياه هذه البحيرات في حالة متعادلة.