التلوث البيئي Environmental Pollution

يعتبر التلوث من أخطر المشاكل التي تواجه الإنسان في وقتنا الحاضر، وتزداد مشكلة التلوث تعقيداً يوماً بعد يوم بسبب النمو المضطرد للسكان والتنامي المستمر في نشاطات الإنسان المختلفة التي أصبحت تهدد الحياة البشرية من خلال الإخلال بالتوازن الطبيعي.

مفهوم التلوث البيئي Environmental Pollution Concept

يختلف علماء البيئة في تعريف دقيق ومحدد للمفهوم العلمي للتلوث البيئي، حيث أن للتلوث البيئي العديد من التعاريف التي أوردها هؤلاء العلماء، فمنها:

١. التلوث هو كل تغيّر يطرأ على الصفات الفيزيائية أوالكيميائية أو البايولوجية للبيئة التي يعيش فيها الإنسان ويؤثر سلبياً على صحته بصورة مباشرة أو غير مباشرة.
٢. كما عرف التلوث البيئي بأنه التغيرات غير المرغوبة التي تحصل في البيئة من خلال التأثيرات المباشرة وغير المباشرة في تغير شكل الطاقة ومستويات الإشعاع والبيئة الكيميائية والطبيعية للكائن الحي، والتي تؤثر بصورة مباشرة في حياته.
٣. يعرف التلوث البيئي أيضاً بأنه كل تغير كمي أو نوعي في مكونات البيئة الحية (بايولوجياً) وغير الحية (كيميائياً وفيزيائياً) مما يؤثر سلباً في حياة الإنسان.
٤. التلوث هو إفساد المكونات البيئية حيث تتحول هذه المكونات من عناصر مفيدة إلى عناصر ضارة مما يفقدها الكثير من دورها في إدامة الحياة، حيث تتحول عناصر أي نظام بيئي إلى ملوثات إذا ما تغيرت كميتها (زيادة أو نقصان) أو صفاتها بحيث تصبح مضرة للبيئة.

وقد تطرق قرآننا الكريم إلى هذا المفهوم إستناداً إلى النصوص القرآنية الكريمة التي تضمنت النص على كلمة (الفساد) أو (الإفساد) عموماً أو الإفساد في الأرض أو المفسدين وغيرها، كقوله تعالى في سورة الروم:

بسم الله الرحمن الرحيم

ظَهَرَ الفَسادُ في البرِ والبحرِ بِما كَسَبَت أَيدِي الناسِ لِيُذيقَهُم بعْضَ الذي عَمِلوا لَعلَهم يرجِعون

صدق الله العظيم (الآية رقم ٤١)

وغيرها من الآيات الكريمة التي تناولت نفس المفهوم، فلا بد من أن يكون مفهومنا للتلوث يتطابق مع ما ورد في تلك الآيات، بإدخال فعل الإنسان في تعريفنا للتلوث. حيث أن الكثير من علماء الغرب وغيرهم يصنفون التلوث إلى طبيعي وآخر إصطناعي (بفعل الإنسان). وفي مفهونا الإسلامي لا وجود للتلوث الطبيعي، حيث أن البراكين والزلازل والأعاصير والحرائق الطبيعية للغابات ينتج عنها تغير بالخصائص الطبيعية للبيئات، إلا أنها تقع ضمن التوازن الطبيعي الذي أراده الله سبحانه وتعالى الذي خلق كل شئ بشكل دقيق وموزون كما في قوله عز وجل في الآية (٨) من سورة الرعد: (وكُلُ شيءٍ عِندَهُ بمقدار).

أسباب التلوث البيئي:

الإنسان هو السبب الرئيسي والأساسي في إحداث عملية التلوث في البيئة وظهور جميع الملوثات بأنواعها المختلفة، وسوف نمثلها على النحو الآتي:

الإنسان= التوسع الصناعي – التقدم التكنولوجي – سوء استخدام الموارد – الإنفجار السكاني

فالإنسان هو الذي يخترع وهو الذي يصنع وهو الذي يستخدم وهو المكون الأساسي للسكان، وكل هذه العوامل تؤدي إلى حدوث خلل في توازن الأنظمة البيئية وبالتالي حدوث التلوث.

ومما تقدم أعلاه يتضح لنا التعريف الأنسب والأشمل للتلوث والذي هو:

التغيرات غير المرغوب بها في الخصائص الطبيعية البايولوجية والكيميائية والفيزيائية للبيئة الناتجة عن إضافة أو طرح مادة أو طاقة بفعل الإنسان والتي تسبب أضراراً كبيرةً في إتزان النظام البيئي وبصحة الإنسان والتي تقاس بمعيار.

ما الفرق بين المصطلحين Pollution و Contamination؟

- **Pollution:** عبارة عن مصطلح يعبر عن التلوث البيئي بنطاق أوسع كحالة عامة قد ينتج عنها ضرر مباشر أو غير مباشر.
- **Contamination:** عبارة عن مصطلح يشير إلى حالة التلوث بنطاق أضيق مما هو في المصطلح الأول ويطلق على المادة الملوثة بذاتها أكثر من الإشارة إلى الحالة العامة، مع تأكيد الضرر المباشر أو السريع لها.

درجات التلوث البيئي Degrees of Ecological Pollution:

حدد علماء البيئة ثلاث درجات للتلوث البيئي، وهي كما يأتي:

١. **التلوث المقبول Acceptable Pollution:** وهي درجة من درجات التلوث التي لا يتأثر بها التوازن البيئي ولا يكون مصحوباً بأي أخطار أو مشاكل بيئية رئيسية، حيث لا تكاد تخلو منطقة من مناطق الكرة الأرضية من هذه الدرجة من التلوث، نظراً لسهولة نقل التلوث بأنواعه المختلفة من مكان إلى آخر سواء كان ذلك بوساطة العوامل المناخية أو البشرية.

٢. **التلوث الخطر Risky Pollution:** وهذه الدرجة من التلوث تعاني منها الكثير من الدول الصناعية، ويعود ذلك بالدرجة الأولى إلى النشاط الصناعي وزيادة النشاط التعديني والإعتماد بشكل رئيسي على الفحم والبترول كمصدر للطاقة. وهذه المرحلة تعد مرحلة متقدمة من مراحل التلوث، إذ أن كمية ونوعية الملوثات تتعدى الحدود المسموح بها، حيث يبدأ معه التأثير السلبي على العناصر البيئية الطبيعية والبشرية، كما تتطلب هذه المرحلة إجراءات سريعة للحد من التأثيرات السلبية للتلوث، ويتم ذلك عن طريق معالجة التلوث الصناعي باستخدام وسائل تكنولوجية حديثة كإنشاء وحدات معالجة كفيلة بتخفيض نسبة الملوثات لتصل إلى الحد المسموح به دولياً، أو عن طريق سن قوانين وتشريعات على المصانع التي تساهم في زيادة التلوث.

٣. **التلوث المدمر Devastating Pollution:** وتمثل هذه الدرجة المرحلة التي ينهار فيها النظام البيئي ويصبح غير قادر على إعادة التوازن، نظراً لإختلاف مستوى الإتزان بشكل جذري. ولعل حادثة تشرنوبل عام 1986 التي وقعت في المفاعلات النووية للإتحاد السوفيتي سابقاً وإنفجار المحرك النووي في مدينة ساروف الروسية عام 2019، هي خير مثال لهذا النوع من التلوث، حيث إنهار النظام البيئي كلياً، الأمر الذي يحتاج إلى سنوات طويلة لإعادة إتزانه بوساطة التدخل البشري وبتكلفة إقتصادية باهضة.

أنظمة تصنيف الملوثات Pollutants Classification:

هناك العديد من المحاور التي تُصَنَف بموجبها الملوثات مثل طبيعة الملوثات أو خصائصها أو وفق المحور البيئي أو المصدر أو حسب تأثيراتها الضارة. وفيما يلي أهم أنظمة تصنيف الملوثات:

أولاً: تصنيف الملوثات وفقاً لطبيعتها Classification on Nature

وطبيعة الملوثات تعتمد على طبيعتها وكذلك على تركيبها الكيميائي، ووفقاً لهذا النظام تصنف الملوثات كالآتي:

- طبيعة الملوثات:

١. ملوثات بشكل مادة:

- الملوثات الغازية Gaseous Pollutants مثل الغازات والأبخرة.
- الملوثات السائلة Liquid Pollutants كمياه الصرف الصحي والصناعي.
- الملوثات الصلبة Solid Pollutants كالقمامة ومخلفات النشاطات التجارية والصناعية.

٢. ملوثات بشكل طاقة:

- الصوت Sound.
- الإشعاع Radiation.
- الحرارة Heat.

- تركيب الملوثات الكيميائي:

١. الملوثات العضوية Organic Pollutants مثل الهايدروكاربونات والكيتونات والكحول.
٢. الملوثات اللاعضوية Inorganic Pollutants مثل أكاسيد الكبريت والنتروجين والهالوجينات وعوامل الأكسدة.

ثانياً: تصنيف الملوثات وفقاً لخصائصها Classification on Properties

وتصنف الملوثات وفق هذا النظام إلى:

١. قابلية التفاعل مع المواد الأخرى.

٢. قابلية التحلل البايولوجي Biological Degradability
٣. قابلية الذوبان في الماء والسوائل الاخرى كالزيوت.
٤. قابلية الثبات في الوسط Persistency.
٥. قابلية الإنتشار والتشتت Dispersion.

ثالثاً: تصنيف الملوثات وفقاً للنظام البيئي Classification on Ecosystem

إذ تصنف الملوثات وفق هذا النظام إلى:

١. ملوثات الهواء Air Pollutants
٢. ملوثات المياه Water Pollutants
٣. ملوثات التربة Soil Pollutants

رابعاً: تصنيف الملوثات وفقاً لمصدرها Classification on Source

وتصنف الملوثات وفق هذا العنوان إلى:

١. مصادر مدنية مثل مخلفات المنازل (القمامة) ومخلفات المستشفيات والمجالات الخدمية الاخرى، إضافةً إلى مخلفات النشاطات الصناعية.
٢. مصادر ريفية مثل مخلفات النشاطات الزراعية كالمزارع وحقول تربية الدواجن والمواشي وغيرها.
٣. وسائط النقل.
٤. مصادر عسكرية.

خامساً: تصنيف الملوثات وفقاً للهدف Classification on Targets

تصنف الملوثات وفق هذا النظام إلى:

١. ملوثات تستهدف الإنسان.
٢. ملوثات تستهدف الحيوان.
٣. ملوثات تستهدف النبات.
٤. ملوثات تستهدف الأحياء المجهرية.

سادساً: تصنيف الملوثات وفقاً لمستوى التأثير Classification on Effects

وتصنف الملوثات وفقاً لذلك إلى:

١. ملوثات ذات تأثير مقبول.
٢. ملوثات ذات تأثير خطر.
٣. ملوثات ذات تأثير مدمر.

أنواع التلوث البيئي Environmental Pollution Types

١. **تلوث الهواء:** ويقصد بتلوث الهواء وجود المواد الضارة به مما يلحق الضرر بصحة الإنسان في المقام الأول ومن ثم البيئة التي يعيش فيها.
٢. **تلوث المياه:** ويقصد به وجود المواد الملوثة الدخيلة على جميع أنواع المياه سواء مياه عذبة أو مياه مالحة مثل مسطحات الأنهار والبحيرات والبرك والبحار والمحيطات وغيرها من المسطحات المائية الملوثة والتي لها آثار سلبية على الكائنات الحية التي تستوطن هذه البيئات.
٣. **تلوث التربة:** إن التربة التي تعتبر مصدراً للخير والثمار، من أكثر العناصر التي يسيء الإنسان إستخدامها في هذه البيئة. فهي ذات أهمية بالغة كونها مصدر الغذاء الأساسي له ولعائلته، وينتج عن عدم الوعي والإدراك لهذه الحقيقة إهماله لها.
٤. **التلوث بالنفايات:** أحد أنواع التلوث البيئي والتي تشتمل على القمامة والنفايات الإشعاعية.
٥. **التلوث السمعي أو تلوث الضوضاء:** هو أصوات غير منسقة ذات إستمرارية غير مرغوب فيها وبمستويات صوتية عالية تحدث في المناطق الحضرية والتجارية المزدحمة.
٦. **التلوث البصري:** هو تشويه لأي منظر تقع عليه عين الإنسان يحس عند النظر إليه بعدم إرتياح نفسي، ويمكننا وصفه أيضاً بأنه نوعاً من أنواع إنعدام الذوق الفني أو إختفاء الصورة الجمالية لكل شيء يحيط بنا من أبنية إلى طرقات أو أرصفة.

يضاف إلى ذلك التلوث الغذائي والتلوث الدوائي والتلوث الحراري وسيتم ذكرها بالتفصيل لاحقاً.

تراكيز الملوثات Concentration of Pollution:

يعبر عن تراكيز الملوثات في كثير من الأحيان بالأجزاء الصغيرة جداً، فتركيز جزء بالمليون Part Per Million (ppm) يطابق جزء واحد من الملوث مقابل مليون جزء من خليط الغاز أو السائل أو الصلب الذي يوجد فيه الملوث. وعلى أية حال فتراكيز الملوثات على الرغم من صغرها إلا أنها تكون ذات تأثير خطير، فمثلاً جزء واحد بالمليون من الفينول في الماء يكون مميتاً لبعض الأحياء المائية ومنها الأسماك، وكذلك 0.2 ppm من نترات بيروكسي بنزويل الموجودة في ضبخن (Smog) ما، يمكن أن تؤدي إلى تهيج شديد في عيون الانسان، و 0.001 ppm من غاز HF يتلف نباتات حساسة مثل الخوخ.

الثبوتية Persistency:

تبقى بعض الملوثات الخطرة إلى الأبد كالبلريليوم والرصاص مثلاً، أما البعض الآخر فتتجزء إلى مركبات غالباً ما تكون غير مضرة، فثبوتية المبيدات مثلاً تعرّف بأنها الوقت اللازم لمستوى المبيد لأن يختزل إلى 25% من مستواه الأصلي. وعلى سبيل المثال تكون هذه الثبوتية للكلوريدين خمسة سنوات (يعني بأنه الكلوريدين يختزل إلى 25% من مستواه الأصلي خلال خمسة سنوات)، وللـ DDT أربعة سنوات وللبكلوران سنة ونصف.

في بعض الأحيان يوجد تأخر زمني (Time lag) بين إطلاق الملوثات وبين بداية تأثيرها، ومن أمثلة ذلك مركبات الزئبق غير العضوية وخاصةً في ترسبات الأنهار والبحيرات، حيث تحتاج من 10-100 سنة لتتحول إلى مركبات مثيل الزئبق العضوية والتي تعتبر ذات خطورة كبيرة على الأحياء المختلفة.

التركيز الحياتي Biological Concentration:

من الصفات المهمة للملوثات هي أنها يمكن أن تتركز حياتياً بحيث تكون المستويات في جزء من النظام البيئي أكبر بكثير من الأجزاء الأخرى، ويحصل ذلك بصورة نموذجية في السلسلة الغذائية بحيث تكون مستويات الملوثات في كائن ما أعلى مما هي عليه في غذائه. مثال ذلك: فقد بينت إحدى الدراسات وجود تراكيز أعلى للمبيد DDT كلما تقدمنا في السلسلة الغذائية حيث كانت النتائج كالآتي:

0.014 ppm في ترسبات طين البحيرة.

0.14 ppm في قشريات تتغذى على القعر.

3 – 6 ppm في طائر النورس الآكل للسمك.

التمييز الحياتي Biological Discrimination:

ويعني وجود المواد الملوثة بتراكيز أقل كلما تقدمنا في سلسلة الغذاء بسبب وجود آلية لتنظيم هذه المواد في داخل أجسام الكائنات الحية تمنعه من زيادة التركيز أكثر من المستويات الطبيعية وبذلك يبقى الملوث في المحيط بتركيز أكبر مما هو عليه في جسم الكائن الحي.

مثال: قد نجد متبقيات مبيد حشري في أنسجة النبات أوطأ من التربة التي ينمو عليها وكالآتي:

التربة التي تنمو عليها نباتات الجزر والبطاطا والجت تحوي 0.48 ppm – 8.36 ppm من متبقيات الألدرين. في حين تحتوي نباتات الجزر والبطاطا والجت على 0.009 ppm – 0.32 ppm من متبقيات الألدرين.

بعض المنظمات العالمية المعنية بالبيئة:

- **اللجنة العالمية للبيئة والتنمية World Commission on Environment & Development (WCED)**

هي لجنة شكلتها الأمم المتحدة عام 1983 والتي أصدرت تقريرها عام 1987 وأوصت بإعداد إعلان عالمي لحماية البيئة.

- **وكالة حماية البيئة Environment Protection Agency (EPA)**

هي وكالة تابعة لحكومة الولايات المتحدة الأمريكية ومكلفة بحماية صحة الإنسان والبيئة، تم إقتراحها من قبل الرئيس ريتشارد نيكسون (رئيس الولايات المتحدة السابع والثلاثين) في 3 ديسيمبر عام 1970 ، لاتعتبر وزراة ولكن المسؤول عليها برتبة وزير (تضم 18000 موظف بدوام كامل).

- **منظمة الأغذية والزراعة Food and Agriculture Organization (FAO)**

هي إحدى المنظمات المتخصصة التابعة للأمم المتحدة والتي تقوم بمساعدة البلدان النامية والبلدان في مرحلة التطور على تطوير وتحسين ممارسات الزراعة والغابات ومصائد الأسماك، كافلةً بذلك التغذية الجيدة والأمن الغذائي للجميع. تم تأسيس المنظمة في 16 أكتوبر عام 1945 في مدينة كوبيك بكندا والمقر الرئيسي لها الآن في روما-إيطاليا.

تلوث الهواء وطبقات الغلاف الجوي Air Pollution and Atmospheric Layers

يعد تلوث الهواء من أكبر المشاكل التي تواجه المجتمعات المعاصرة وبخاصةً في الدول الصناعية وتزداد مأساة هذا النوع من التلوث عاماً بعد عام نتيجةً للزيادة التراكمية في حجم الملوثات التي تنبعث عن نشاطات الإنسان المختلفة. وقبل الخوض في هذا المحور من التلوث البيئي لابد من التعرف على الغلاف الجوي ونوعية الهواء النقي.

الغلاف الجوي Atmosphere

الغلاف الجوي هو أحد أربعة أغلفة للكرة الأرضية وهي: الغلاف الجوي Atmosphere والغلاف المائي Hydrosphere والغلاف الصخري Lithosphere والغلاف الحيوي Biosphere.

يمثل الغلاف الجوي محيطاً من الهواء يناهز إرتفاعه حوالي 10000 كم كما ذكر في إحدى الدراسات، وترى دراسات اخرى أنه يصل حتى 30000 كم ، ومن الأكيد أنه لا يوجد هواء بعد ارتفاع 32000 كم لأنه عند ذلك الإرتفاع تتفوق قدرة الطرد المركزية المتولدة من دوران الأرض حول نفسها على الجاذبية الأرضية. ولكن بينت القياسات الحديثة بإستخدام الأقمار الصناعية التي أُجريت مؤخراً بأن إرتفاع الغلاف الجوي يصل إلى نحو 64400 كم فوق سطح البحر. وذلك بعد اكتشاف بعض ذرات غازية من الغلاف الجوي موجودة عند هذا الإرتفاع، ومن الخصائص العامة لهذا الغلاف مايأتي:

- ✓ يقع حوالي 99.99997 % من الغلاف الجوي دون ارتفاع 100 كم.
- ✓ يزيد حجم الغلاف الجوي عن 5×10^{21} متر مكعب.
- ✓ تقدر كتلته بحوالي 5.14×10^{18} كغم.

طبقات الغلاف الجوي Atmosphere Layers

في السابق كان الإعتقاد السائد هو أن الغلاف الجوي يتكون من طبقة واحدة تمتد من سطح البحر وحتى قمته، ويعود ذلك إلى ضعف الإمكانيات البحثية في مجال علم الفضاء أو الفلك. وبعد التطور العلمي ظهرت إمكانية تقسيم الغلاف الجوي إلى خمسة طبقات متميزة.

أولاً: طبقة التروبوسفير Troposphere:

تشكل طبقة التروبوسفير الطبقة السفلى من الغلاف الجوي، وتعرف أحياناً بالغلاف الجوي الأسفل. تمتد من سطح البحر وتنتهي عند قمتها بحد انتقالي يشكل حداً بينها وبين الطبقة التي تليها إذ يعرف هذا الحد بإسم التروبوبوز Tropopause. ومن أهم خصائص هذه الطبقة هي:

١. يقدر سمكها بحدود 11 كم من سطح البحر بشكل عام، إلا أن سمكها يتباين بدرجة كبيرة، فتتراوح بين 16 – 18 كم فوق خط الإستواء و 8 كم فوق القطبين.
٢. تحظى طبقة التروبوسفير بأهمية مناخية خاصة، ففيها تجري عمليات الطقس والمناخ المهيمنة على سطح الأرض جميعها. وفيها توجد الغازات وبخار الماء والغبار والجسيمات، وكذلك تتكون فيها الغيوم التي تشكل الهطول بكافة أشكاله وأصنافه ومظاهره، وتهب فيها الرياح الخفيفة والعاتية.

ثانياً: طبقة الستراتوسفير Stratosphere:

تشكل طبقة الستراتوسفير الطبقة الثانية من طبقات الغلاف الجوي، إكتشفها بشكل منفصل كل من العالم الفرنسي DE Port والعالم الألماني Assmann عام 1902م. حيث أستخدم بالوناً متطوراً مثبت عليه بعض المتحسسات، تمكن من الإرتفاع في الغلاف الجوي متجاوزاً حد التروبوبوز، حيث توقفت درجة الحرارة عن التناقص ثم أخذت بالإزدياد بعد ذلك مع تزايد الارتفاع. وتتميز طبقة الستراتوسفير بكون سمكها من إرتفاع 11 – 50 كم فوق سطح البحر. وتنتهي عند قمتها بحد الستراتوبوز Stratopause ، الذي يفصلها عن الطبقة الثالثة التي تليها في الغلاف الجوي. يقل سمك هذه الطبقة إلى حوالي 33 كم فوق خط الإستواء، حيث تمتد بين 17 – 50 كم، بينما تصل إلى حوالي 42 كم فوق القطبين.

يعود سبب إرتفاع حرارة طبقة الستراتوسفير ووجودها أساساً إلى وجود طبقة الأوزون Ozone Layer فيها. إذ تعمل طبقة الأوزون - من خلال التفاعلات الكيموضوئية Photochemical reactions المشكلة للأوزون (O_3) والمفككة له - بامتصاص الأشعة فوق البنفسجية Ultra Violet (UV) بكل أطوالها الموجية المحصورة بين 100-300 نانومتر، ثم تنشرها على شكل أشعة حرارية تحت حمراء عن طريق الإشعاع بوساطة عمليات الإصطدام مع جزيئات الهواء الاخرى، حيث تعمل على تسخين طبقة الستراتوسفير من قمتها حتى قاعدتها، وذلك لقيام جزيئات الأوزون بإمتصاص الأشعة فوق البنفسجية.

ثالثاً: طبقة الميزوسفير Mesosphere:

وهي الطبقة الثالثة في الغلاف الجوي، وقد إشتُق إسمها من الكلمة الإغريقية "Meso" التي تعني الوسط. تمتد طبقة الميزوسفير مرتفعةً فوق حد الستراتوبوز إلى إرتفاع يناهز 80 كم فوق سطح البحر، وتنتهي عند قمتها بحد الميزوبوز Mesopause الذي يفصلها عن الطبقة التي تليها من الغلاف الجوي. وتميل بعض الدراسات إلى تسمية طبقة الستراتوسفير وطبقة الميزوسفير بالغلاف الجوي الأوسط Middle Atmosphere.

رابعاً: طبقة الثرموسفير Thermosphere:

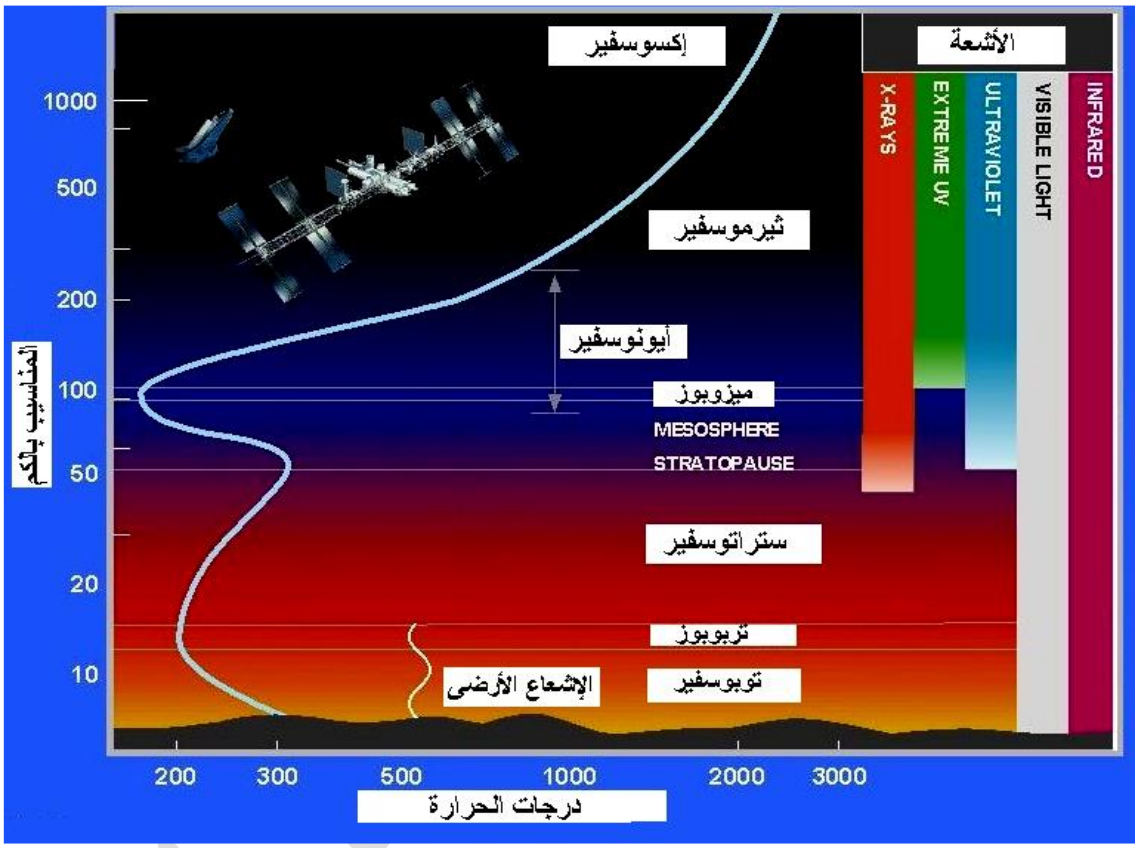
ترتفع طبقة الثرموسفير فوق سطح البحر إلى إرتفاع يتراوح بين 500 – 750 كم ، حسب حالة الشمس. وبذلك يتراوح سمكها فوق حد الميزوبوز بين 420 – 670 كم. ولايوجد بينها وبين الطبقة الجوية التي تليها حد حراري، ولذلك تحدد قمتها بحد الثرموبوز. وتمتاز هذه الطبقة بتباين درجات الحرارة فيها (-93 إلى 1700 درجة مئوية).

خامساً: طبقة الإكسوسفير Exosphere:

هي الطبقة الأخيرة الخارجية من الغلاف الجوي، وقد إشتُق إسمها من كلمة "Exo" والتي تعني خارج. تمتد هذه الطبقة مرتفعةً فوق طبقة الثرموسفير وحتى نهاية الغلاف الجوي عند إرتفاع يقارب 64400 كم.

الهواء نادر الوجود فيها، إذ ينحصر بوجود ذرات من الهيليوم He والهيدروجين H والأوكسجين O. وتتميز طبقة الإكسوسفير بكون درجة حرارتها تتصرف بشكل مثير، حيث تكون درجة حرارتها عند الظل أكثر مما هي عليه عند التعرض لأشعة الشمس مباشرةً.

ويبين الشكل التالي توزيع طبقات الغلاف الجوي.



وهناك تقسيمات أُخرى لطبقات الغلاف الجوي تتضمن منطقة متأينة تسمى بطبقة الأيونوسفير Ionosphere التي تتميز بتأثيرها الفعال على إنعكاس الموجات اللاسلكية القصيرة، وذلك بسبب تأين جزيئات الغاز بتأثير الأشعة فوق البنفسجية وتتميز هذه الطبقة بظهور وهج أعالي الغلاف الهوائي يسمى بالوهج القطبي.

يتضح مما تقدم أعلاه بأن للغلاف الجوي أهمية كبيرة لايمكن تقديرها، وله مزايا عديدة وهذا بتقدير الله عز وجل، إذ تحدُث فيه جميع العمليات المناخية التي ترتبط بالتغيرات البيئية إرتباطاً وثيقاً وبالتالي تتحكم في وجود ونمو الكائنات الحية بمختلف أنواعها. ولو تصورنا بأن الغلاف الجوي لم يكن موجوداً لحدث ما يأتي:

١. تنعدم الحياة بشكل كامل بسبب غياب الأوكسجين وكذلك ثاني أوكسيد الكاربون.

٢. لاسقوط للأمطار بسبب عدم وجود بخار الماء وبالتالي تختفي الأنهار والبحيرات والبحار.
٣. يتعرض سطح الأرض إلى الأشعة الكونية التي تدمر جميع مظاهر الحياة.
٤. ينعدم اللون الأزرق للسماء وتبدو قبة السماء صفحة سوداء تلمع فيها الشمس كقرص أبيض.
٥. يسود الأرض ظلام حالك مستديم، لانهار فيه ولاليل وتبدو النجوم ساطعة في السماء طوال الوقت.
٦. تختفي بعض الظواهر الطبيعية مثل الشفق والوهج الآيوني.
٧. لايوجد فرق كبير بين درجات الحرارة بين الليل والنهار، وكذلك بين الفصول الأربعة للسنة.
٨. عدم إمكانية إنتقال الصوت من مكان لآخر لإنعدام وجود الهواء الذي هو الوسط الذي ينتقل فيه.
٩. يتوقف إنكسار الضوء ويصبح إنتشاره في خطوط مستقيمة وتظهر كل الأجسام البعيدة في الفضاء في أماكنها الحقيقية.

مكونات الهواء Air Components

يتألف الهواء النقي من مزيج فيزيائي متجانس التركيب لعدة غازات، وهو قابل للتمدد والإنضغاط، ويمثل نظاماً ثيرموديناميكياً متكاملاً متوازناً، وهو متجانس التركيب في كل أجزائه من سطح البحر وحتى إرتفاع 80 كم، ويتكون من مجموعتين من الغازات:

- مجموعة الغازات الثابتة.
- مجموعة الغازات غير الثابتة.

فالغازات الثابتة هي الغازات التي تكون نسب التراكيز الحجمية لها ثابتة، وتسمى أيضاً بالغازات الدائمة، وهي كلٌ من:

النتروجين (N_2)، الأوكسجين (O_2)، الآرغون (Ar)، النيون (Ne)، الهيليوم (He)، الكريبتون (Kr)، الهيدروجين (H_2)، الكسينون (Xe) و الرادون (Rn).

والجدول التالي يوضح نسب تواجد هذه المجاميع الغازية ضمن الهواء.

الغاز	الرمز الكيميائي	التركيز %
نتروجين *	N_2	78.84
أوكسجين *	O_2	20.946
آرغون *	Ar	0.93
ثاني أوكسيد الكاربون	CO_2	0.037
نيون *	Ne	18.2×10^{-4}
هيليوم *	He	5.24×10^{-4}
ميثان	CH_4	1.72×10^{-4}
كريبتون *	Kr	1.14×10^{-4}
هيدروجين *	H_2	0.5×10^{-4}
أوكسيد النتروز	N_2O	0.5×10^{-4}
أول أوكسيد الكاربون	CO	0.2×10^{-4}
ثاني أوكسيد الكبريت	SO_2	0.1×10^{-4}
كسينون *	Xe	0.087×10^{-4}
أوزون	O_3	0.07×10^{-4}
ثاني أوكسيد النتروجين	NO_2	0.025×10^{-4}
أمونيوم	NH_3	4×10^{-7}
كبريت الهيدروجين	H_2S	0.05×10^{-7}
ثاني كلورو ثالث فلورو كاربون	CF_3Cl_2	0.484×10^{-7}
ثالث كلورو فلورو كاربون	$CFCl_3$	0.280×10^{-7}
هيدروكسيل	OH^-	1.0×10^{-14}
رادون *	Rn	6.0×10^{-18}
بخار الماء	H_2O	5 – 0

=* الغازات الثابتة أو الدائمة

تُشكل الغازات الأربعة الأولى ما نسبته حوالي 99.997 %، بينما تُشكل باقي الغازات مجتمعةً حوالي 0.003 %، فمنها ما تناهز نسبة تركيزها جزء بالمليون (ppm) أو جزء بالبليون (ppb). لكن مع ذلك فإن لبعضها تأثير هام وحيوي في العمليات الجارية ضمن الغلاف الجوي. ومن هذه الغازات ما تزيد نسب تركيزها كثيراً عن مقاديرها العادية أحياناً في بقع وأماكن محدودة قرب مصادر إنبعاثها، كما هو الحال قرب المواقع الصناعية وقرب البراكين الناشطة.

نشوء الغازات Emergence of Gases

تشير بعض الدراسات إلى أن الأرض وجدت منذ 4.5 بليون سنة وكان لها في ذلك الوقت غلاف جوي بدائي، مؤلفاً أساساً من بخار الماء. ومنذ حوالي 3.3 بليون سنة مضت، تكاثف بخار الماء مشكلاً المحيطات والبحيرات والأنهار. وبدأ غلاف جوي جديد بالتشكل من الغازات المنطلقة عبر شقوق القشرة الأرضية والبراكين من الغازات المحتجزة ومن المواد الثقيلة المنصهرة في باطن الأرض. ويعتقد أنه كان مؤلفاً من حوالي 80 % بخار الماء (H_2O) و 12 % من ثاني أوكسيد الكاربون (CO_2) و 6 % من ثاني أوكسيد الكبريت (SO_2). وقد دخل معظم غاز ثاني أوكسيد الكاربون في تركيب الصخور الكلسية والدلوماتية.

ومع أن الأوكسجين لم يظهر كغاز في الغلاف الجوي، لكن الدلائل تشير إلى أنه كان موجوداً منذ 1.9 بليون سنة خلت في مركبات فلزات الصخور الملونة باللون الأحمر والبني الناتجة عن أكسدة الحديد. ولكن ما زال من غير المؤكد كيف ظهر الأوكسجين في الغلاف الجوي ومتى. والحقيقة يوجد عدة آليات يمكن أن يكون الأوكسجين قد وجد بوساطتها في الغلاف الجوي، فقد يكون قد تشكل عن التفكك الضوئي لجزيئات بخار الماء الناتج عن البراكين بوساطة الأشعة الشمسية (SR):

$$2H_2O+(SR) \longrightarrow 2H_2+O_2$$

أو قد تشكل عن طريق عمليات التمثيل الضوئي التي يشارك فيها كل من الماء وثاني أوكسيد الكاربون والأشعة الشمسية الضوئية (LSR) ، المنتجة للهايدروكاربونات (CH_2O)، الجارية في بعض أنواع البكتيريا منذ ثلاثة بلايين سنة قبل الآن، وأوراق النباتات منذ بليونين سنة قبل الآن، التي كانت تعيش وتنمو

كلها في المياه عند أعماق تتراوح بين 3 – 10 متر بعيداً عن متناول الأشعة الشمسية فوق البنفسجية المدمرة للحياة العضوية النباتية والحيوانية:

$$2H_2O+CO_2+(SR)\longrightarrow(CH_2O)+O_2$$

غاز النتروجين N_2:

بالرغم من أن لغاز النتروجين (N_2) أكبر نسبة تركيز حجمية في تركيب الغلاف الجوي، إلا أنه غاز خامل إلى حد كبير لايتفاعل كيميائياً بسهولة مع الغازات والعناصر الأخرى، وتتشكل مركباته بوساطة البرق أو بوساطة عمليات الإحتراق شديدة الحرارة جداً، لذلك نجد أكاسيده (NO_x) ضئيلة جداً في الهواء.

غاز الأوكسجين O_2:

يشكل غاز (O_2) حوالي 20.946% من حجم الغلاف الجوي وحوالي 23% من كتلته. وعلى الخلاف من N_2 يعد غاز O_2 ناشطاً في التفاعلات الكيميائية وعمليات الإحتراق المختلفة، التي تبدأ بعملية تنفس الكائنات الحية، وإنتهاءً بالعمليات الكيميائية المعقدة الطبيعية والصناعية. كما أنه ينحل في مياه الأنهار والبحيرات والبحار ليصبح متاحاً للحيوانات والنباتات المائية، ولا يخفى الدور الكبير الذي يقوم به غاز O_2 في عمليات التجوية الكيميائية لصخور سطح الأرض.

غاز الآرغون Ar:

يعتبر غاز Ar من أهم الغازات الدائمة الخاملة غير الفعالة كيميائياً في الغلاف الجوي، يستخرج من الهواء مباشرةً ويستخدم في صنع المصابيح المتوهجة البراقة.

غاز ثاني أوكسيد الكاربون CO_2:

تبلغ نسبة التركيز الحجمية لغاز CO_2 في الغلاف الجوي حالياً 0.037% أي مايعادل (370 جزء بالمليون)، وينتج عن تنفس المخلوقات الحية، وعن تفسخ المواد العضوية وعمليات إحتراق الوقود الأُحفوري (الفحم الحجري والبترول)، وإحتراق الغابات والبراكين. ويخرج من الغلاف الجوي بوساطة عملية التركيب الضوئي التي تقوم بها النباتات لإنتاج المركبات الهايدروكاربونية الضرورية لنموها.

غاز الأوزون O_3:

يمتاز غاز الأوزون O_3 الموجود في طبقات الجو العالية (من 10 إلى 55 كم) بقدرته على إمتصاص الأشعة الشمسية فوق البنفسجية قصيرة الموجة بكل أطيافها وبذلك فإنه يحمي المخلوقات الحية على سطح الأرض من تأثيرها المدمر، بينما في الوقت نفسه يعد الأوزون الموجود عند سطح الأرض ساماً ومضراً بهذه الكائنات الحية، كما أنه يلحق الضرر بالمنتجات المطاطية والنسيجية على وجه الخصوص، وينتج الأوزون من تفاعلات كيموضوئية تفكك جزيئات O_2 وتركب جزيئات O_3 .

تلوث الهواء Air Pollution

يختلف تلوث الهواء من وقت إلى آخر ومن مكان إلى آخر تبعاً لبعض العوامل، من أهمها سرعة الرياح والظروف الجوية. فمثلاً تتفاعل أكاسيد النتروجين مع الهايدروكاربونات في وجود ضوء الشمس تحت ظروف جوية خاصة غالباً ما تكون في فصل الصيف لتنتج مواد كيميائية سامة مثل رباعي الأسيتيل بيروين وغاز الأوزون، وتؤدي هذه المركبات الكيميائية مع بعض المكونات الأخرى إلى ما يعرف بالضبخن أو الضباب الدخاني Smog، والذي في الغالب يكون لونه مائل إلى البني، ويحدث الضباب الدخاني في المدن المزدحمة بالسيارات مثل مدن لوس أنجلوس ونيويورك ولندن والقاهرة وغيرها. ومن أشهر ظواهر الضبخن هي التي حدثت في لندن عام 1952 والتي راح ضحيتها أكثر من 4000 شخص.

الضبخن Smog (Smoke + Fog = Smog): وضعت هذه الكلمة لوصف حالات الدخان – الضباب، وفي كثير من الأحيان يشار إلى تلوث الهواء في المناطق الحضرية بالضباب الدخاني والذي يكون على نوعين:

١) **الضباب الدخاني الكلاسيكي Classical Smog:** وهو نمط الضباب الدخاني الذي يحدث في لندن.
٢) **الضباب الدخاني الكيموضوئي Photo-Chemical Smog:** وهو نمط الضباب الدخاني الذي يحدث في لوس أنجلوس، لأنه يتشكل عن طريق تفاعلات كيميائية تتضمن ضوء الشمس.

Characteristics	Classical Smog	Photochemical Smog
First occurrence noted	London	Los Angeles
Principle pollutants	Sulphur oxides SOx and Particulate matter	Nitrogen oxides NOx, CO, Hydrocarbons, O_3 and Free radicals
Principle sources	Industrial fuel combustion	Motor vehicle fuel combustion
Effect on Human	Lung & Throats irritation	Eye irritation
Effect on compounds	Reducing	Oxidizing
Time of occurrence	Winter months (Morning)	Summer months (Midday)

تقدر خسارة العالم سنوياً بحوالي 5000 مليون دولار، بسبب تأثير الهواء على المحاصيل والنباتات الزراعية. ويعتبر تلوث الهواء من أسوأ الملوثات وأخطرها بالجو، وكلما إزداد عدد السكان في المنطقة الملوثة كلما زاد التأثير الخطر لهذه الملوثات. ومن الأسباب التي تجعل تلوث الهواء من أخطر المشاكل البيئية هي:

١. إنتقال الهواء الملوث بسرعة من منطقة إلى أخرى حسب سرعة الرياح وإتجاهها، مما يسبب صعوبة تفادي التلوث أو السيطرة عليه.
٢. يستنشق الإنسان يومياً كمية كبيرة من الهواء تقدر بحوالي 15 كلغم.

إن هذا التأثير المباشر لتلوث الهواء قد دفع الكثير من المؤسسات الحكومية والجمعيات والمنظمات العالمية ومنظمات المجتمع المدني، إلى إتخاذ إجراءات معينة للحد من تلوث الهواء والسيطرة عليه ورصد مصادره. إذ تشير الدراسات الخاصة بتلوث الهواء في شتى بقاع العالم إلى أن معظم ملوثات الهواء تنتج عن عمليات الإحتراق في القطاع الصناعي إضافةً إلى قطاع النقل.

(صورة تبين الضباب الدخاني ومدى إنتشار تلوث الهواء في المدن المزدحمة)

مصادر تلوث الهواء Air Pollution Sources

وهي المصادر الناتجة عن نشاطات الإنسان المختلفة، إذ تتمثل أهم مصادر تلوث الهواء الرئيسية بما يأتي:

١. قطاع النقل والمواصلات بكافة أنواعها.
٢. مراكز الإحتراق الثابتة أينما وجدت، وخاصةً محارق الطمر الصحي في المدن.
٣. المراكز والتجمعات الصناعية ومحطات توليد الكهرباء ومصافي النفط، وأية صناعة تولد إنبعاثات.

أنواع تلوث الهواء Air Pollution Types

١. **التلوث بالمواد الصلبة العالقة Suspended Particulate Matter**

وتشمل كل من الدخان وإنبعاثات عوادم السيارات ومولدات الكهرباء وتصاعد الأتربة، وكذلك حبوب اللقاح وغبار القطن وأتربة معامل الإسمنت، ويعبر عنها بالرمز (PM_{10}) وهي المواد العالقة التي تقل أحجامها عن 10 مايكرون.

٢. **التلوث بالمواد الغازية والأبخرة Gases and Vapors**

مثل غاز الكلور وأكاسيد النتروجين والكاربون، وثاني أوكسيد الكبريت، وغاز الأوزون إضافةً إلى الغازات المنبعثة عن عمليات التحلل مثل الميثان وكبريتيد الهيدروجين.

٣. **التلوث بالأحياء المجهرية Microbial Pollution**

وتشمل مخلفات عمليات التحلل للمواد العضوية مثل البكتيريا والفايروسات والعفن.

٤. **تلوث الهواء بالصوت (الضجيج أو الضوضاء) Noise Pollution**

ويتضمن الأصوات المرتفعة غير المنسقة الناتجة عن وسائل النقل وإشتغال المكائن والمعدات، وكذلك تلك الناتجة عن الأماكن المكتظة كالأسواق التجارية، والتي ستوضح في محاضرة لاحقة.

٥. **التلوث بالإشعاع Radioactive Pollution**

حيث تنبعث عن بعض النشاطات العلمية والعسكرية إشعاعات مختلفة تسبب خطورة كبيرة على الإنسان والكائنات الحية، وستوضح في محاضرة لاحقة.

ملوثات الهواء Air Pollutants

تصنف ملوثات الهواء إلى الملوثات الأساسية والملوثات الثانوية. فالملوثات الأساسية هي التي تتمثل بالأكاسيد الناتجة عن حرق الوقود بأنواعه والفحم الحجري والنشاطات الصناعية الأخرى، وينتج عنها إنبعاثات تتضمن ما يأتي:

١. أكاسيد الكاربون CO و CO_2.

٢. أكاسيد النتروجين (NOx) وهي كل من NO و NO_2 و N_2O.
٣. ثاني أوكسيد الكبريت SO_2.
٤. المادة الدقائقية Particulate Matters مثل المركبات الهايدروكاربونية متعددة الحلقات، إضافةً إلى أملاح الكبريت وأملاح النترات.
٥. مركبات عضوية متطايرة مثل البنزين والكلوروفورم والميثان.
٦. بخار الماء.

أما الملوثات الثانوية فهي تلك الناتجة عن التفاعلات التي تحصل بين الملوثات الأساسية أو الأولية ومكونات الهواء بوجود بخار الماء وأشعة الشمس، مثل الأمطار الحامضية والأوزون وغيرها.

ملوثات الهواء الأساسية أو الأولية Primary Air Pollutants

يعتبر التلوث البيئي الناجم عن العمليات الصناعية من أخطر أنواع التلوث وأكثرها تأثيراً على الإنسان والحيوان والنبات. مثال ذلك هو صناعة الإسمنت إذ تعتبر من الصناعات الملوثة للبيئة وخاصةً الهواء، سواء داخل بيئة العمل أو في البيئة المحيطة بالمعمل، وذلك لما تطرحه هذه المعامل في الجو من غبار وإنبعاثات غازية بدءاً من المقالع وصولاً إلى أقسام التعبئة والتسويق. وحتى وقت قريب كان الغبار والأتربة المنطلقة من المداخن في معامل الإسمنت تعتبر المشكلة البيئية الأهم والأخطر في صناعة الإسمنت، لكن ومنذ أواخر الثمانينات وبداية التسعينات إتسعت قائمة الملوثات الواجب أخذها بعين الإعتبار لغرض السيطرة عليها لتشمل ما يأتي:

- ❖ المادة الدقائقية Particulate Matter.
- ❖ أول أوكسيد الكاربون CO.
- ❖ ثاني أوكسيد الكاربون CO_2.
- ❖ أكاسيد الكبريت SOx.
- ❖ أكاسيد النتروجين NOx.
- ❖ المعادن الثقيلة (الرصاص Pb).
- ❖ الدايوكسين والفيوران Dioxins & Furans.
- ❖ المركبات الهايدروكاربونية Hydrocarbons.

المادة الدقائقية Particulate Matter (PM_{10})

وهي الجسيمات التي تنبعث من خلال مداخن المصانع وكذلك عوادم السيارات نتيجةً لإحتراق الوقود. وهناك العديد من الجسيمات التي لها آثار صحية سيئة على الإنسان، مثال ذلك إنبعاثات الرصاص الذي يضاف إلى البنزين للمساعدة في عملية الإحتراق وتقليل عملية الفرقعة في المحرك، إذ أن إنطلاق هذه المواد في الجو يسبب بعض المشاكل الصحية مثل نقص الكريات الدموية في جسم الإنسان، كما أن تراكم الرصاص

في أنسجة الجسم يؤدي إلى إرباك في الجهاز العصبي فهو يؤثر على الأطفال بشكل خاص حيث يضعف الذكاء عندهم، الأمر الذي يؤثر على الحالة العقلية وقد يسبب التخلف العقلي في الحالات المتقدمة.

يحتوي الغلاف الجوي على كميات ضخمة من ذرات الغبار الدقيقة جداً والتي تسمى بالجسيمات Aerosols أو المادة الدقائقية Particulate Matter والتي تتكون عادةً من:

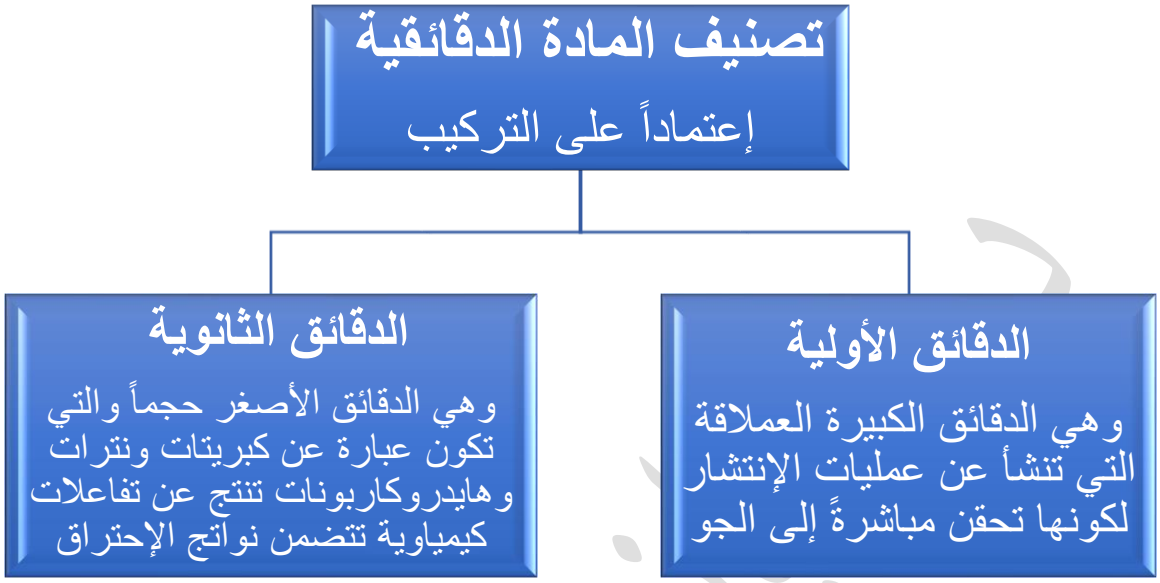
١. مواد صلبة غير غازية عضوية ولا عضوية.
٢. عناصر معدنية.
٣. قطرات حامضية وهايدروكاربونية.
٤. دخان من مختلف الأصناف والأحجام.

تقل أقطار المادة الدقائقية كثيراً عن 100 مايكرومتر (µm)، ويقدر تركيزها في الغلاف الجوي فوق اليابسة بحوالي 10000 جسيمة / سم^3 كمعدل عام.

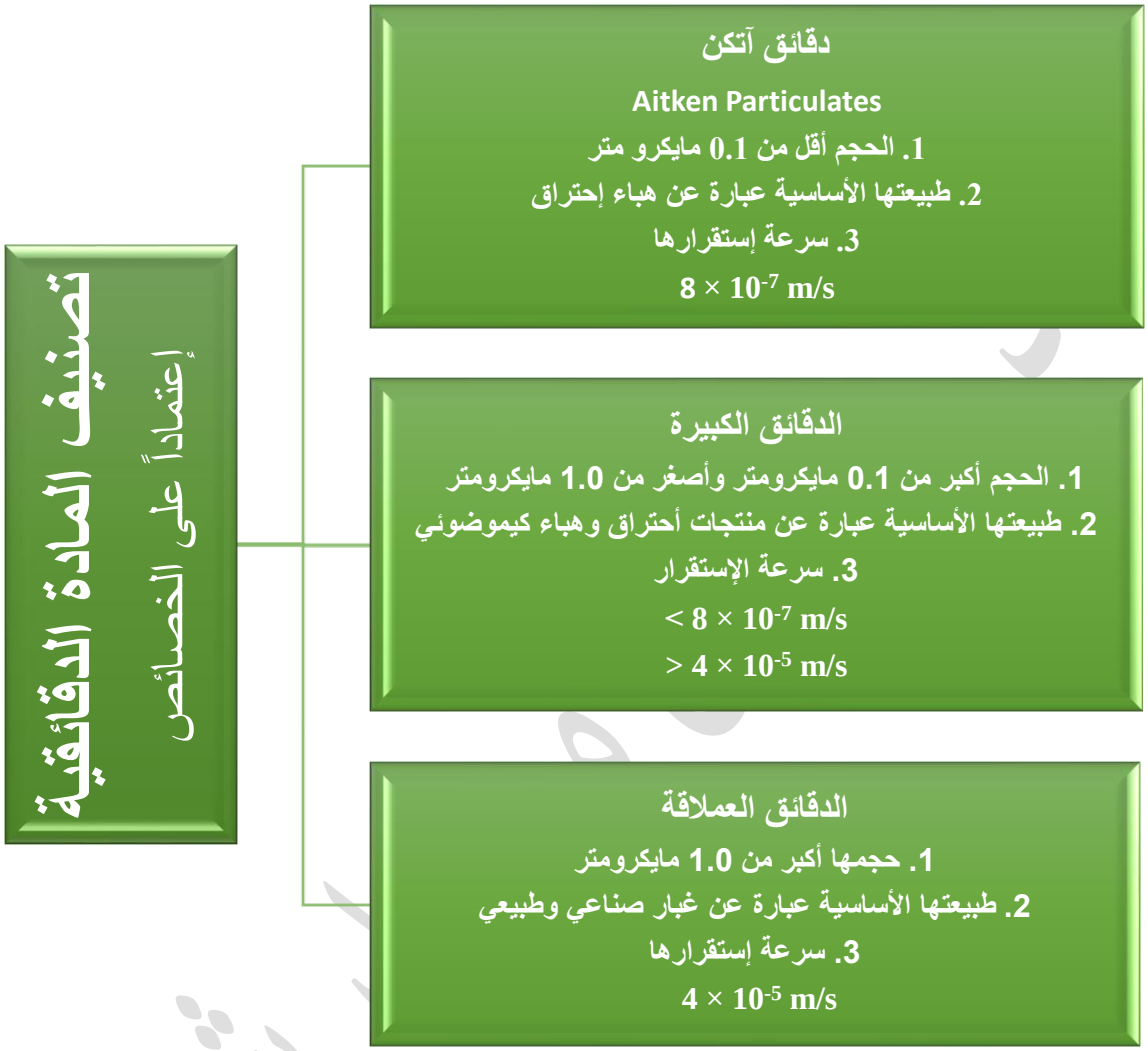
تكون المادة الدقائقية على شكلين هما:

A. **الهباء السائل Liquid Aerosol** وهو الذي ينتج عن عمليات التكثيف ويسمى بالسديم Mist.
B. **المادة الصلبة العالقة Suspended Solids** وهي التي تنتج عن عمليات التعرية أو السحق أو الرش وتسمى بالهباء الصلب أو الغبار Dust.

وتصنف المادة الدقائقية إعتماداً على التركيب:



أو قد تصنف إعتماداً على الخصائص وكما يأتي:



التأثيرات العامة للمادة الدقائقية General Effects of Particulate Matter

للمادة الدقائقية تأثيرات سلبية على مختلف جوانب الحياة بصورة عامة، ومن أهم هذه التأثيرات ما يأتي:

I. إختزال الرؤيا عن طريق إمتصاص وتشتيت ضوء الشمس.
II. تؤدي إلى تآكل الفلزات عند إرتفاع مستوى الرطوبة، ويتجلى تأثيرها في هذا المجال من خلال تلف وتآكل المعدات الكهربائية (الماسات الكهربائية) عبر فعل المادة الدقائقية الكيمياوي والميكانيكي.
III. التأثيرات السمية على الإنسان والحيوان، كالسمية الداخلية التي تنتج عن فعل بعض الخصائص الكيمياوية والفيزياوية للمادة الدقائقية، أو من خلال التدخل في آليات التنقية في القناة التنفسية أو إفراز مواد سمية داخل الجسم.

الإعتلالات الصحية الناتجة عن المادة الدقائقية (PM_{10}) Health Disorders Caused by وتتضمن:

١) إلتهاب القصبات المزمن Chronic Bronchitis المتمثل بالتلف الدائم للأنابيب القصبية، والذي يؤدي إلى فشل الأهلاب وفيض في إنتاج المخاط.

٢) الربو القصبي Bronchial Asthma المتمثل بحساسية الأغشية القصبية، والذي يؤدي إلى إنتفاخ الأغشية مسبباً أزيزاً وقصراً في التنفس.

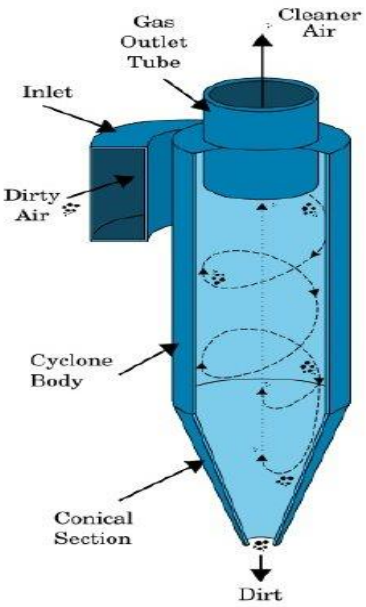
٣) إنتفاخ الحويصلات الهوائية Emphysema الناتج عن إنقباض القصيبات الهوائية، وقد يصل الإنتفاخ إلى إنفجار الحويصلة الرئوية مسبباً إنخفاضاً في ضخ الأوكسجين للدم.

٤) سرطان الرئة Lung Cancer وعادةً ما يحدث في المناطق الحضرية المكتضة نتيجةً لتركيب المادة الدقائقية المتضمن أبخرة بعض الفلزات والهايدروكاربونات العطرية المتفرعة مثل 3-4 Benzopyrene.

تقنيات السيطرة على المادة الدقائقية Techniques for Controlling Particulate Matter:

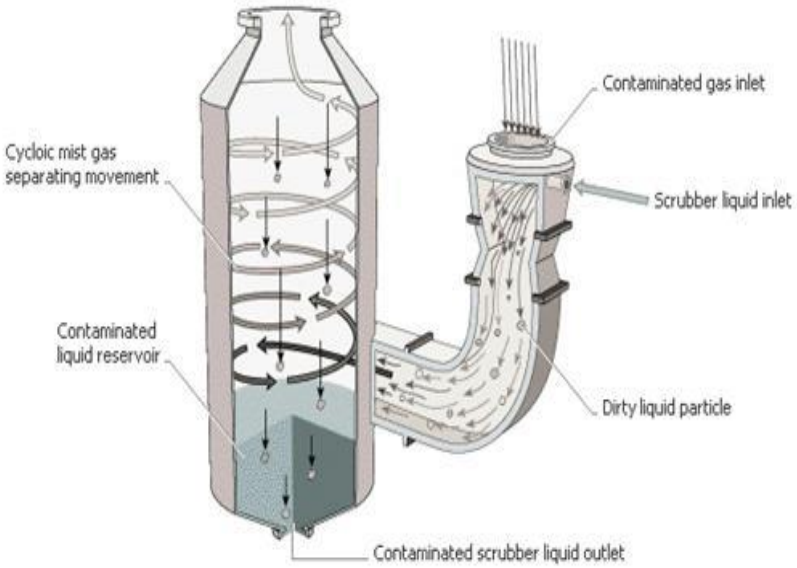
هناك بعض التقنيات التي تستخدم لغرض السيطرة على التلوث بالمادة الدقائقية أو التقليل منه لغرض الحفاظ على بيئة صحية خالية من التلوث ضمن المحددات البيئية المسموح بها، وهذه التقنيات يجب أن تستخدم في كل النشاطات الصناعية التي من شأنها توليد هكذا إنبعاثات ملوثة. ومن أهم هذه التقنيات:

أولاً: فاصلات الإعصار الحلزونية Cyclone Separators



وهي عبارة عن تراكيب مخروطية الشكل يمر من جانبها الهواء الملوث بشكل حلزوني بسرعة معينة لتترسب جسيمات المادة الدقائقية وتخرج من أسفل المخروط وينطلق الهواء النظيف من الأعلى.

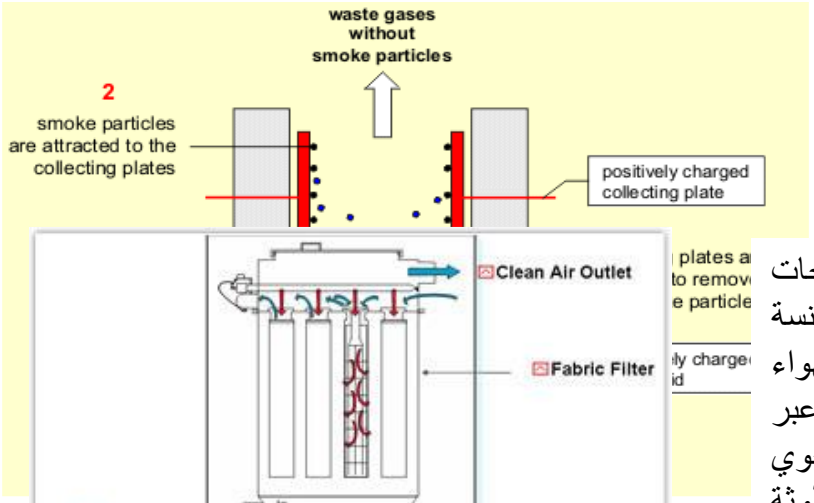
ثانياً: أجهزة الغسل الرطب Wet Scrubbers



عبارة عن تراكيب إسطوانية الشكل تتصل بها منظومة لحقن المواد الكيميائية السائلة التي تستخدم لغسل الهواء الحاوي على المادة الدقائقية، حيث يدور الهواء بنظام ديناميكي معين داخل التراكيب الإسطوانية وفي نفس الوقت يرش محلول الغسل الكيميائي لغرض التخلص من المادة الدقائقية، فيخرج الهواء النظيف من أعلى المنظومة، ويُجمع محلول الغسل الحاوي على الجسيمات الملوثة من أسفل المنظومة لتتم معالجته لاحقاً.

ثالثاً: المرسبات الكهروستاتيكية Electrostatic Precipitators

وفيها يتم إستخدام تيار كهربائي شديد لغرض فصل أو سحب المواد العالقة من خلال التجاذب بين الشحنات الموجبة والسالبة للجسيمات من جهة وبين جدران المنظومة المصممة للسحب من جهة أخرى، حيث يتم جمع المواد العالقة التي ترسبت في الأسفل بعد الإنتهاء من عمل المنظومة.

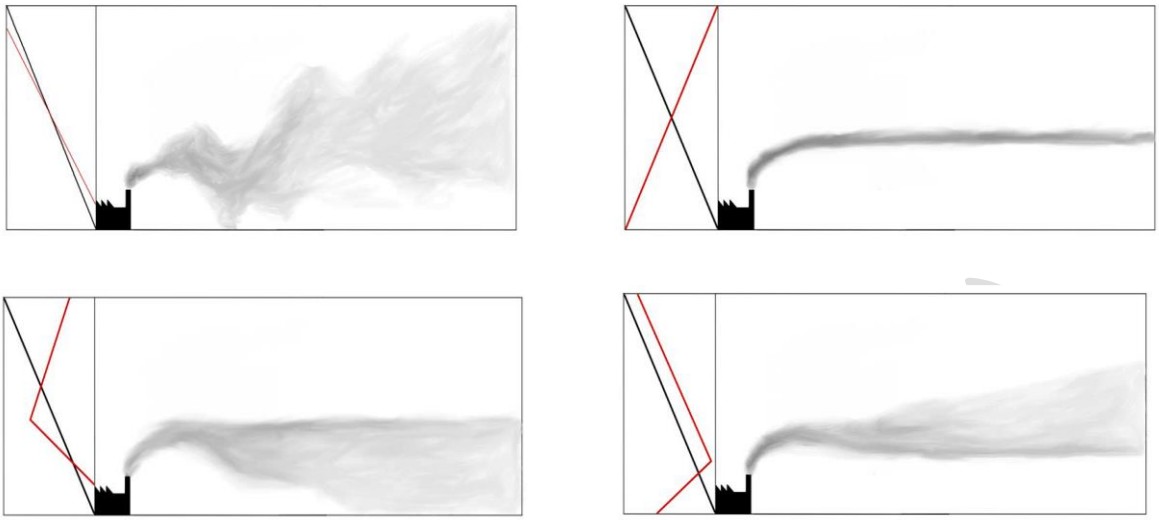


رابعاً: المرشحات النسيجية Fabric Filters

تتشابه طريقة عمل المرشحات النسيجية مع طريقة عمل المكنسة الكهربائية المنزلية، حيث يمر الهواء المحمل بالجسيمات الدقائقية عبر تراكيب نسيجية تحت ضغط جوي متخلخل، حيث تَعْلَق الجسيمات الملوثة في هذه الفلاتر النسيجية ويطلق الهواء النظيف إلى الخارج.

أشكال ريش الإنبعاثات من مداخن المصانع:

ويقصد به شكل الدخان المنبعث من مداخن المصانع التي تنتج ملوثات هواء دقائقية، إذ يحمل الهواء هذه الجسيمات العالقة في دخان المصانع إلى مسافات وجهات بعيدة الأمر الذي يسهم في إنتقال التلوث إلى مناطق أخرى لم تكن ملوثة أصلاً، وتعتمد أشكال ريش الإنبعاثات على ظروف بيئية مختلفة.



غاز أول أوكسيد الكاربون Carbon Mono-Oxide (CO):

يتكون غاز أول أوكسيد الكاربون من عملية الإحتراق غير الكاملة داخل محركات السيارات، حيث أن أكثر من 75% من كميته تنبعث إلى الجو من السيارات. وهو غاز عديم اللون والرائحة وله أضرار خطيرة على الإنسان فهو من أشد الغازات الملوثة للهواء سميةً.

$$2C + O_2 \longrightarrow 2CO$$

وتكمن سمية هذا الغاز في أنه يتحد مع الهيموغلوبين في الدم بدلاً من الأوكسجين، وبذلك يحرم أنسجة الجسم من الأوكسجين والذي يؤدي إلى تغيرات فسيولوجية ومرضية في جسم الإنسان والحيوان يمكن أن ينتج عنها الموت. ومما يزيد من خطورة هذا الغاز أن سرعة إتحاده مع الهيموغلوبين تكون 200 – 300 مرة أسرع من إتحاد الأوكسجين مع الهيموغلوبين، ويسبب الوفاة إذا زاد تركيزه عن 700 جزء بالمليون، خاصةً في المناطق المغلقة. إذ تعد الأنفاق من المناطق المغلقة التي يُتوقع زيادة تركيز هذا الغاز داخلها خصوصاً إذا لم تكن التهوية بالشكل الجيد المطلوب. كما أن التدخين يعرض المدخن ومن حوله لكمية كبيرة من غاز أول أوكسيد الكاربون، حيث تزداد خطورته كلما كان التدخين في مناطق مغلقة داخل المباني والغرف.

غاز ثاني أوكسيد الكاربون Carbon Di-Oxide (CO_2)

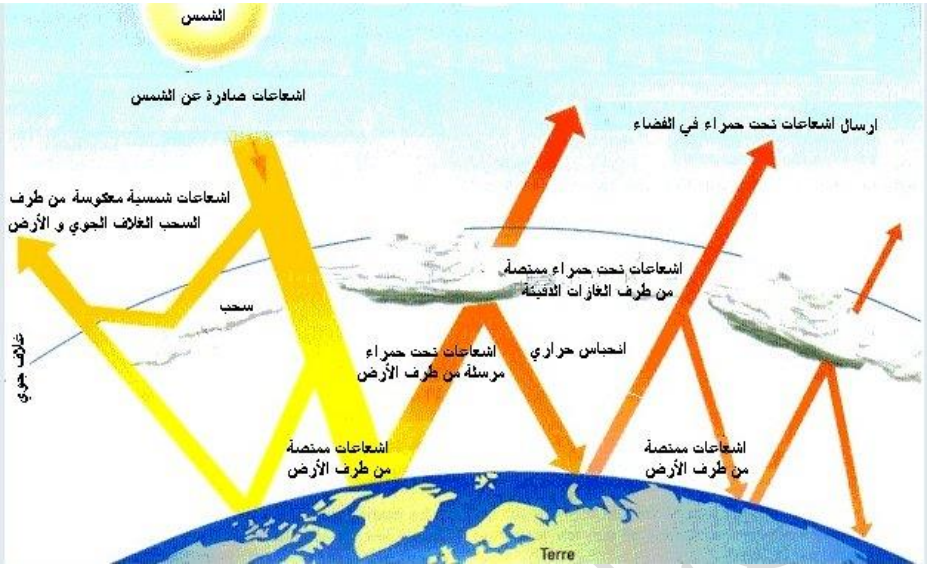
إن غاز ثاني أوكسيد الكاربون هو أحد مكونات الغلاف الجوي، وينتج هذا الغاز عن إحتراق الوقود الاحفوري وكذلك ينتج عن عمليات التخمر، كما ينتج كناتج ثانوي للعديد من الصناعات الكيميائية. ويشتهر

هذا المركب بتسببه في ظاهرة البيوت الزجاجية Green Houses والتي تؤدي إلى إرتفاع درجة حرارة الأرض نتيجةً لإنحباس الحرارة في غلافها الجوي.

الإحتباس الحراري Heat Trapping

وهو من ملوثات الهواء ذات الطابع العالمي. إن ظاهرة الإحتباس الحراري تنتج عن قيام بعض الغازات وأهمها غاز ثاني أوكسيد الكاربون بإمتصاص بعض الأشعة الأرضية تحت الحمراء وتمنعها من الفرار إلى الفضاء الخارجي، ثم تعود وتشعها إلى سطح الأرض مما يؤدي إلى زيادة درجة حرارته وحرارة الجزء الأسفل من الغلاف الجوي. وتعرف هذه العملية أيضاً بتأثير الغلاف الجوي (Atmosphere Effect). وهي مشابهه للعملية التي تجري في ما يعرف بالبيوت الزجاجية أو الخضراء (Green Houses) المستخدمة لزراعة الخضار والأزهار في المناطق والفصول الباردة التي من شأنها أن تسمح بدخول الأشعة الشمسية بحرية إليها، وفي الوقت نفسه تمنع الأشعة الأرضية الحرارية من مغادرتها موفرةً بذلك درجة الحرارة المناسبة لنمو النباتات، وتعرف هذه العملية بتأثير البيوت الزجاجية (Green Houses).

تسمى غازات الإحتباس الحراري أيضاً بالغازات الدفيئة، وهي الغازات ذات القدرة على القيام بدور البيوت الزجاجية، وتشمل هذه الغازات كل من غاز ثاني أوكسيد الكاربون (CO_2) وبخار الماء (H_2O) والميثان (CH_4) وأوكسيد النتروز (N_2O) ومركبات الكلوروفلوروكاربون (CFCs). ويعد ثاني أوكسيد الكاربون أهم هذه الغازات لكثرته من جهة ولديمومته في الغلاف الجوي من جهة أخرى، وكذلك هو الحال بالنسبة لبخار الماء. وتستطيع هذه الغازات إمتصاص أمواج الأشعة الأرضية الحرارية الطويلة في طيف واسع منها، حيث يستطيع ثاني أوكسيد الكاربون إمتصاص الأمواج الإشعاعية التي تتراوح أطوالها بين 17 - 4 مايكرومتر.



شكل يبين آلية تكوين ظاهرة الإحتباس الحراري Heat Trapping

ومن الآثار البيئية لظاهرة الإحتباس الحراري ما يأتي:

١. إرتفاع حرارة مياه المحيطات خلال الخمسين سنة الأخيرة.
٢. تناقص بسمك الثلوج في القطبين الشمالي والجنوبي، وإطالة محسوسة بمدة موسم ذوبان الثلوج وتناقص مدة موسم تكونها وتجمدها.
٣. إرتفاع مستوى سطح البحر 48 سم، مما يمكن أن يهدد البيئات الساحلية وتدمير البنية التحتية لها.
٤. إرتفاع درجة حرارة سطح الأرض بمعدل درجة مئوية واحدة في السنة.
٥. إنقراض أنواع كثيرة من الكائنات الحية، كأنواع قطبية من الطيور والنباتات بسبب عدم إمكانيتها على التأقلم لظروف التغيرات المناخية.
٦. زيادة معدل إنتشار الأمراض المستوطنة مثل الملاريا والكوليرا بسبب إرتفاع درجات الحرارة التي تسبب في هجرة الحشرات الناقلة لها.
٧. زيادة الأراضي القاحلة وإنخفاض الإنتاجية الزراعية كنتيجة مباشرة لزيادة نسبة الجفاف.

أكاسيد الكبريت Sulfur Oxides (Sox)

وتشمل كل من غاز ثاني أوكسيد الكبريت Sulfur Di-Oxide (SO_2) وثالث أوكسيد الكبريت Sulfur Tri-Oxide (SO_3)، حيث يعتبر غاز ثاني أوكسيد الكبريت من ملوثات الهواء الخطرة، فهو غاز غير قابل للإشتعال وعديم اللون ويؤثر على حاسة الذوق إذا وصل تركيزه إلى (0.3) جزء بالمليون (ppm)، ويشعر الإنسان برائحته الحادة إذا وصل تركيزه إلى (3 ppm). ويمكن أن يتأكسد في الجو وينتج ثالث أوكسيد الكبريت (SO_3) والذي يتفاعل بدوره مع بخار الماء الموجود في الهواء ليكون حامض الكبريتيك (H_2SO_4)، إذ أن ثاني أوكسيد الكبريت والأحماض التي تتكون بسببه تزيد من تآكل المعادن، كما أن له تأثيرات صحية ضارة.

أكاسيد النتروجين Nitrogen Oxides (NOx)

وتشمل كل من أوكسيد النتريك Nitric Oxide (NO) وثاني أوكسيد النتروجين Nitrogen Di-Oxide (NO_2)، وتتكون أكاسيد النتروجين عند درجات حرارة عالية تزيد على 1000 درجة مئوية خلال الإحتراق الداخلي للمحركات، إذ تعتبر السيارات من أهم مصادر هذه الملوثات.

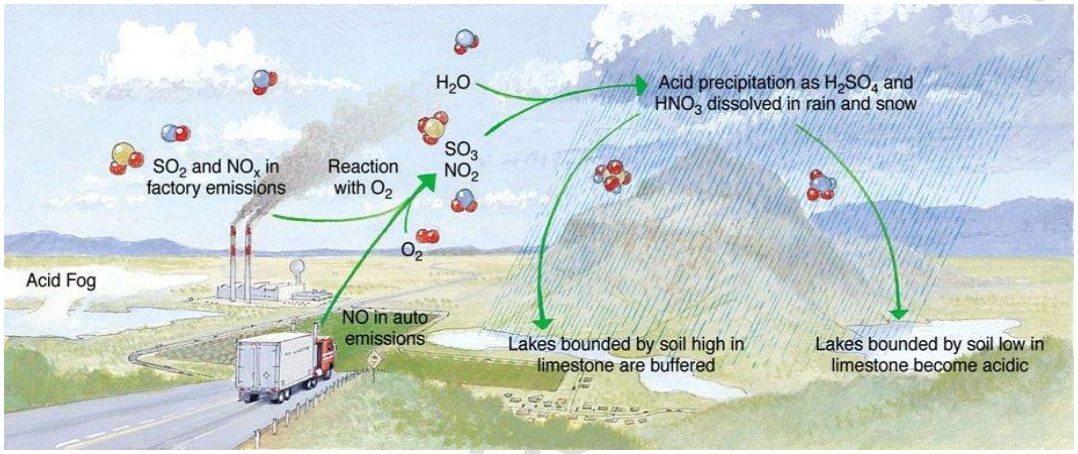
تسبب أكاسيد النتروجين إثارة الجهاز التنفسي للإنسان وتعمل على تهيج الأنسجة الحية إذا ما استنشقها الإنسان بكميات كبيرة. وكما هو الحال مع غاز أول أوكسيد الكاربون، يمكن لأكاسيد النتروجين أن تتحد مع هيموغلوبين الدم وتمنع بذلك نقل الأوكسجين إلى الخلايا. كما أن لهذه الأكاسيد قابلية التفاعل مع بخار الماء الموجود في الهواء وتكون أحماض النتروجين الخطرة، كما أن ثاني أوكسيد النتروجين يتفاعل كيموضوئياً مع الهايدروكاربونات لتكوين غاز الأوزون والضباب الصناعي الذي يشاهد في سماء بعض المدن الصناعية المزدحمة.

الأمطار الحامضية Acid Rains

هي مياه الأمطار التي تكون قيمة الأس الهيدروجيني لها حامضية تتراوح بين 4 إلى 5، وذلك لتكوّن حامضي الكبريتيك والنتريك، الناتجين عن تفاعل أكاسيد الكبريت والنتروجين مع قطرات الماء الموجودة في الجو. وعلى الرغم من أن مياه الأمطار النقية تكون حامضية بعض الشيء نتيجة ذوبان ثاني أوكسيد الكاربون في قطراتها، إلا أن درجة الحامضية تكون مخففة، إذ يصل رقمها الهيدروجيني إلى حوالي 6 في أغلب الأحوال.

يتكون المطر الحمضي بشكل رئيسي من إنبعاث كل من غاز ثاني أوكسيد الكبريت وأكاسيد النتروجين إلى الجو، إضافةً إلى الغازات الأخرى وتتحد هذه الغازات مع بخار الماء لتكوّن أحماض مختلفة، أهمها:

- ✓ يتفاعل ثاني أوكسيد الكاربون مع الماء ليكون حامض الكاربونيك.
- ✓ يتفاعل ثاني أوكسيد الكبريتيد مع الماء ليكون حامض الكبريتيك.
- ✓ تتفاعل أكاسيد النتروجين مع الماء لتكون حامض النتريك.
- ✓ يتفاعل الكلور مع الماء ليكون حامض الهايدروكلوريك.



مخطط توضيحي يبين كيفية تكون الأمطار الحامضية

ومن أهم التأثيرات البيئية لظاهرة الأمطار الحامضية هي:

١. تأثيرات على البيئات المائية تؤدي إلى نفوق الأحياء المائية وإخلال التوازن البيئي فيها.
٢. أضرار بالغطاء النباتي وتلف المحاصيل الحقلية بسبب تبقع أوراق النباتات وخفض قابلية البناء الضوئي، وكذلك حدوث ظاهرة الموت التراجعي في الأشجار الكبيرة.
٣. تآكل المنشآت المعمارية والآثار.
٤. أضرار في شبكات المياه وازدياد تآكل الأنابيب المكونة لها.

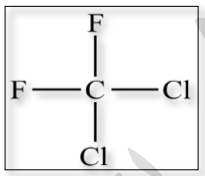
الرصاص Lead (Pb)

يعتبر الرصاص من أهم ملوثات الهواء في المدن المكتضة وذات الأعداد الكبيرة للسيارات ووسائط النقل الأخرى، حيث ينبعث الرصاص من عوادم السيارات لكونه يضاف إلى بنزين السيارات لزيادة معدل الأوكتان لتحسين نوعية البنزين من حيث تقليل الفرقعة في المحركات. إذ يضاف الرصاص إلى البنزين بهيئة رابع أثيل الرصاص Tetra-Ethyl Lead ، وأن لهذا المنبعث تأثيرات صحية سيتم التطرق لها لاحقاً ضمن التأثيرات الصحية لملوثات الهواء.

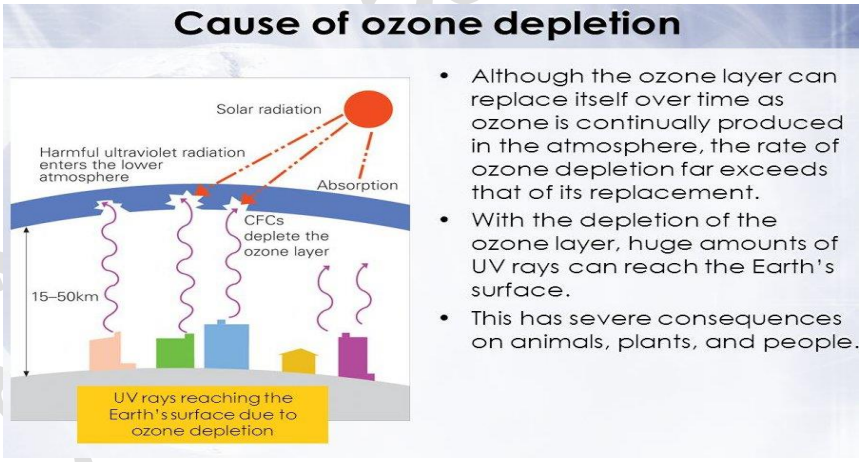
مركبات الكلوروفلوروكاربون Chlorofluorocarbons (CFCs)

تنتج هذه المركبات من صناعات عديدة أهمها الآيروسول Aerosol التي تحمل المبيدات أو بعض مواد تصفيف الشعر أو المعطرات، وكذلك يمكن استخدامها على هيئة سائل في أجهزة التكييف والتبريد والثلاجات، كما أن إحراق النفايات المنزلية إحراق غير كامل يؤدي إلى إنتشار هذه المركبات في الجو.

Chlorofluorocarbons (CFCs)



يوجد تراكيز من هذه المركبات في طبقات الجو على بعد 18 كم فوق المناطق القطبية. وتقدر كمية هذه المركبات التي تنطلق في الجو بما يزيد عن مليون طن سنوياً، وعند وصول هذه المركبات إلى طبقة الستراتوسفير Stratosphere التي تتضمن طبقة الأوزون فإنها تتحلل بفعل الأشعة فوق البنفسجية الموجودة في الشمس إلى ذرات الكلور والفلور التي تقوم بدورها بمهاجمة الأوزون وتحويله إلى أوكسجين وبذلك تساعد على إضمحلاله.



على الرغم من أن مركبات الكلوروفلوروكاربون هي مواد تدخل في كثير من الصناعات لسهولة إنتاجها ورخص ثمنها ودخولها في المنتج لتؤدي الغرض دون التأثير على جودته، إلا أنه منذ عام 1982 تنبهت العديد من الدول مثل الولايات المتحدة الأمريكية والسويد وكندا والنرويج وغيرها لخطورة هذه المركبات، وبدأت بحضر إنتاج هذه المركبات. وهناك محاولات لإستبدالها بمواد نافعة أخرى من بينها إستعمال خليط

من غاز البيوتان والماء ويطلق عليه اسم أكواسول Aquasol والتي لاتحتوي على الكلور ولا على الفلور. كما وتلعب مركبات الكلوروفلوروكاربون دوراً كبيراً في ظاهرة الإحتباس الحراري التي سبق ذكرها.

المواد الهايدروكاربونية Hydrocarbons (HC)

تنبعث الهايدروكاربونات من محركات السيارات ومصافي النفط وكذلك من محارق النفايات الصلبة. وهي من المواد التي لها تأثيرات مختلفة، ويعتمد نشاطها وفعاليتها على طبيعة وقدرة المركبات الهايدروكاربونية، فمجموعة الأوليفينات نشطة جداً، بينما مركبات البنزين الحلقية ضعيفة التفاعل. كما أن هناك أنواعاً من الهايدروكاربونات وهي المركبات الحلقية عديدة النوى تعتبر مساعدة للإصابة بالسرطان مثل مركب البنزوبيرين، إضافةً إلى قابليتها الشديدة بالتفاعلات الكيموضوئية.

الميكروبات والفايروسات Microbes and Viruses

تنتشر في الهواء أنواع عديدة من البكتيريا والفطريات في حالة ساكنة، وتصيب الإنسان إذا ما توفرت الظروف الملائمة. ومن الأجناس البكتيرية التي تكون عالقة في الهواء والتي لها القابلية على أحداث المرض هي: *Streptococcus, Mycobacterium, Corynebacterium* أما أجناس الفطريات الممرضة فهي *Pentium, Candida, Aspergillus* ويعتبر فايروس الإنفلونزا من أكثر الفايروسات إنتشاراً في الهواء.

تستخدم الميكروبات في الحروب الجرثومية الحديثة لسهولة إنتشارها في الهواء وتسببها بإحداث أمراضاً فتاكةً بالإنسان، ومن أشهر هذه الميكروبات في وقتنا الحاضر هي الجمرة الخبيثة التي تسببها *Bacillus anthrax* والتي يمكن أن تنتشر عن طريق الهواء، وكذلك مرض الجدري Smallpox الذي يسببه فايروس الجدري *Variola*.

ملوثات الهواء الثانوية Secondary Air Pollutants

وهي الملوثات التي تتكون في الجو نتيجةً لتفاعل الملوثات الأولية (المنبعثة من المصادر مباشرةً) في الجو عند توفر الظروف الملائمة لهذه التفاعلات. ويقصد بالتفاعلات الكيمياوية في الجو جميع تفاعلات

الملوثات والمواد الموجودة في الجو مع بعضها البعض حين تتوفر ظروف جوية معينة، وينتج عن هذه التفاعلات ملوثات ثانوية مثل الأحماض وغيرها، وقد تكون هذه الملوثات أشد خطورةً من الملوثات الأولية التي تنبعث من مصادرها مباشرةً. وأن بعض هذه التفاعلات هي تفاعلات كيموضوئية Photochemical Reactions وهي التفاعلات التي تحدث للملوثات الأولية بوجود أشعة الشمس، وبالتالي فإن هذه التفاعلات لاتحدث إلا في النهار. وأهم تلك التفاعلات الكيموضوئية التي تحدث عند سطح الأرض في أسفل طبقة التروبوسفير هي تفكك غاز ثاني أوكسيد النتروجين NO_2 نتيجة إمتصاصه لأشعة الشمس وتكون مركبات أخرى ذات تأثيرات سلبية كبيرة.

إن أهم الملوثات الثانوية للهواء هو غاز الأوزون (O_3) Ozone الذي يتكون من خلال التفاعلات الكيموضوئية، وله آثار صحية سيئة عند سطح الأرض على عكس دوره في طبقات الجو العليا. عند سطح الأرض يتكون غاز الأوزون في الجو عندما يتحلل غاز ثاني أوكسيد النتروجين بوجود أشعة الشمس إلى أوكسيد النتروجين وأوكسجين ذري (O*)، حيث يكون هذا الأخير متهيجاً حسب المعادلة الآتية:

$$NO_2 \longrightarrow NO + O^*$$

وهذا الأوكسجين الذري الذي تكوّن من التحلل إعلاه يتفاعل مع الأوكسجين الجوي في وجود جسم ثالث (M) لإمتصاص الطاقة الزائدة ويكون الأوزون، حيث أن الجسم الثالث يدخل في التفاعل ويخرج منه دون التأثير على عملية التفاعلات الكيمياوية بإعتباره جزيء خامل، كما هو موضح في المعادلة الآتية:

$$O_2 + O^* + M \longrightarrow O_3 + M$$

وهنا يجب الإنتباه إلى قضية التفريق بين وجود غاز الأوزون في طبقات الجو العليا وعند سطح الأرض، فهو في طبقات الجو العليا (الأوزون النافع) يمتص الأشعة فوق البنفسجية القصيرة الموجة ويحمي بإذن الله الأرض من أضرارها، فهذه الأشعة من مسببات مرض السرطان وإعتام عدسة العين بالإضافة إلى زيادة تسخين سطح الأرض الذي يترتب عليه الكثير من المشاكل. أما الأوزون عند سطح الأرض (الأوزون الضار) فله أضرار صحية كبيرة فهو غاز مهيج للجهاز التنفسي كما أنه يهيج العين وهو ضار بالنباتات ويتسبب في تشقق المطاط.

التأثيرات الصحية لبعض ملوثات الهواء على الإنسان Effects of Air Pollutants On Human

إن المشاكل الصحية التي تحدث نتيجةً لتلوث الهواء تكون معقدة ومتداخلة وذلك بسبب ما يسمى بالتعاون أو التآزر أو التداؤب Synergism وهو مصطلح يطلق على إشتراك أكثر من مادة لإحداث أثر معين يكون أكثر ضرراً من ضرر كل واحدة على حده. فعند إستنشاق الهواء الملوث يتنفس الإنسان جميع هذه الملوثات دفعةً واحدةً ولذلك يكون الأثر معقداً ومضاعفاً. أما مصطلح التضاد Antagonism فهو عكس مصطلح التداؤب أو التعاون، ويقصد به بأن يكون تأثير الملوثين أو المادتين أقل شدة من كونهما منفصلين. مثل السيانيد السام جداً للحياة، في حالة وجود الخارصين والكادميوم يكون فعلها تآزري أو تعاوني، في حين عند وجود النيكل فيتكون معقد النيكل – سيانيد يحدث فعل تضادّي مما يؤدي إلى التقليل من سمية السيانيد.

وسنتناول هنا أهم التأثيرات الصحية لبعض ملوثات الهواء وآثارها السلبية، وكما يأتي:

❖ **غاز أول أوكسيد الكاربون:**

كما ذكرنا سابقاً فإن لهذا الغاز القابلية العالية على الإتحاد مع هيموكلوبين الدم مكوناً كاربوكسي الهيموكلوبين، وبذلك يمنع الأوكسجين من الإتحاد مع الهيموكلوبين وبالتالي يحرم الجسم من الحصول على الأوكسجين. تعتمد سمية CO على تركيزه في الهواء المستنشق، فتركيز 0.01 % من CO يعادل 20 % من كاربوكسي الهيموكلوبين، ويؤدي إلى الشعور بالتعب، وصعوبة التنفس Dyspnoea، وطنين في الأذن Noises in ears. وعند التركيز 0.1 % من CO فهو يعادل 50 % من كاربوكسي الهيموكلوبين، وهذا يؤدي إلى ضعف في القوة، وإرتخاء في عضلات الجسم يسبب منع المصاب من المشي بشكل جيد، وضعف في السمع Impaired hearing، وضعف في الرؤية Dimness of vision، وغثيان وتقيؤ، وإنخفاض ضغط الدم وإنخفاض درجة حرارة الجسم مع إزدياد النبض وضعف الإحساس، وأخيراً الإغماء والوفاة خلال ساعتين.

❖ **غاز ثاني أوكسيد الكاربون:**

إن زيادة تركيز هذا الغاز تؤدي إلى صعوبة في التنفس والشعور بالإحتقان مع تهيج للأغشية المخاطية وإلتهاب القصبات الهوائية وتهيج جوف الفم.

❖ **غاز كبريتيد الهيدروجين:**

هو غاز ذو رائحة كريهه تشبه رائحة البيض الفاسد، ويتكون من تحلل المواد العضوية مثل مياه الصرف الصحي Sewage water ، وهو غاز سام وقاتل ولا يختلف عن أول أوكسيد الكاربون أو سيانيد الهيدروجين في تأثيراته السمية، حيث يتحد H_2S مع هيموكلوبين الدم محدثاً نقصاً في الأوكسجين الذي يصل إلى الأنسجة والأعضاء الأخرى من الجسم، وهو يؤثر على الجهاز العصبي المركزي CNS، ويعمل على تثبيط عمليات الأكسدة مما يؤدي إلى حدوث إضطراب وصعوبة في التنفس، ويسبب الخمول وتشتت القدرة على التفكير، كما وأنه يعمل على تهيج الأغشية المخاطية للجهاز التنفسي وملتحمة العين.

❖ **غاز ثاني أوكسيد الكبريت:**

ويدخل ثاني أوكسيد الكبريت إلى الجسم عن طريق جهاز التنفس، فيؤثر على الجهاز التنفسي للإنسان والحيوان إذ يعمل على التلف الشديد للأغشية المخاطية مسبباً السعال الجاف والألم الصدري وإلتهاب القصبات الهوائية وضيقاً في التنفس. كما تسبب التراكيز العالية لهذا الغاز تشنج الحبال الصوتية الأمر الذي يؤدي إلى تشنج فجائي وإختناق، كما أنه يهيج الغشاء المخاطي للعيون وكذلك الجلد. هذا بالإضافة إلى تأثيراته السلبية على النباتات والمباني، ومن المعروف أن تأثيراته لها صفة الديمومة وقليلاً ما يؤثر فيها العلاج.

❖ **غاز ثاني أوكسيد النتروجين:**

من أضرار هذا الغاز هو أنه يؤدي إلى تهيج الأغشية المخاطية للمجاري التنفسية، ويسبب أضراراً في الرئة، كما أنه يؤدي إلى تهيج الأغشية المخاطية للعين.

❖ **الرصاص:**

ومن أضراره:

١. يسبب الصداع والضعف العام وقد يؤدي إلى الغيبوبة وإلى حدوث تشنجات تقود إلى الوفاة.
٢. يقلل من تكوين الهيموكلوبين في الجسم.
٣. يؤدي إلى إفراز أحماض اليوريا وتراكمها في المفاصل والكليتين.
٤. يحل محل الكالسيوم في أنسجة العظام.
٥. يؤدي إلى القلق النفسي والليلي.

٦. يسبب التخلف العقلي لدى الأطفال.
٧. تراكمه في الأجنة يؤدي إلى تشوه الجنين وإلى إجهاض الحوامل.

وقد تنبهت الكثير من الدول لآثار وأضرار الرصاص ومركباته وبدأت بإستخدام البنزين الخالي من الرصاص للتقليل من مخاطر تلوث الهواء بالرصاص.

يمكن تقسيم ملوثات الهواء حسب تأثيرها الفسيولوجي على الإنسان إلى:

١- **المواد المهيجة:** وتكون هذه المواد كاوية وتحدث إلتهابات في الأسطح المخاطية أو الرطبة التي تتعرض لها، وتختلف شدة هذه الإلتهابات بإختلاف درجة تركيز هذه الملوثات في الهواء ونوعية الجزء المعرض لها من الجسم ومدة التعرض. كما أن كثير من هذه المواد المهيجة يهيئ الجسم أو العضو المصاب منه لخطر الإصابة بالسرطان، ومن أمثلتها كلور حامض البنزويك وبروم حامض البنزويك وكلوريد الأمونيوم.

٢- **المواد الخانقة:** وهي المواد التي تتداخل مع عمليات الأكسدة في أنسجة الجسم المختلفة. وتقسم هذه المواد إلى نوعين:

- **مواد بسيطة وخاملة من الناحية الفسيولوجية** مثل غازات ثاني أوكسيد الكاربون والهيليوم والميثان والنتروجين وأوكسيد النتروز، وتؤدي كثرة هذه الملوثات إلى تخفيف نسبة الأوكسجين في الهواء المستنشق إلى أقل من الحد الذي يتطلبه جسم الإنسان، وبذلك تقل كمية الأوكسجين في الدم مما يؤثر على عملية التنفس الطبيعي في أنسجة الجسم.
- **مواد كيمياوية خانقة** وهي تمنع الدم من إستخلاص الأوكسجين من الهواء المستنشق أو تمنع الأنسجة من إمتصاص الأوكسجين الموجود في الدم، ومن أمثلتها أول أوكسيد الكاربون وسيانيد الهيدروجين وكبريتيد الهيدروجين.

٣- **المواد المخدرة:** هي تلك المواد التي تحدث تأثيراتها على الجسم كله من خلال إمتصاصها في الدم وتخفيفها جزئياً لضغطه مما يؤدي إلى ضعف أو كساد المجموع العصبي المركزي في المخ، ومن أمثلة ذلك المواد الكاربوهيدروجينية والكحول.

٤- **المواد السامة:** هي المواد التي تؤثر على المجموعة الدموية مباشرةً، وتقسم إلى خمسة مجموعات:

- المواد التي تحدث ضرراً عضوياً في الجهاز الهضمي وأغلبيتها من المواد الكاربوهيدروجينية المهلجنة.
- المواد التي تتلف المجموعة الدموية والتي معظمها من المذيبات العضوية مثل البنزين والفينول والتولوين والنفتالين.
- سميات الأعصاب مثل ثاني كبريتوز الكاربون والكحول المثيلي.
- الفلزات مثل الرصاص والزئبق والمنغنيز والبليريوم والكادميوم والمعادن الثقيلة الأخرى.
- اللافلزات غير العضوية مثل مركبات الزرنيخ والفسفور والكبريت والفلوريدات والسيلينيوم.

٥- **المواد الصلبة غير السامة:** وهي المواد التي تهيج خلايا الجهاز التنفسي مثل الغبار الذي يحدث تليفات في الرئة كالسليكا والأسبستوس، وكذلك الأتربة الخاملة وأغلبها من المواد الكاربونية، إضافةً إلى حبوب اللقاح والبكتيريا والفطريات والميكروبات والنشارة التي تسبب أمراض الحساسية.

الحلول المقترحة للحد أو التخفيف من تلوث الهواء Suggested Solutions for Air Pollution:

١) التحول إلى إستعمال مصادر طاقة نظيفة ومتجددة.
٢) حظر إستعمال بعض أنواع الوقود الردئ ذي الضرر العالي مثل مادة البتروكوك المسرطنة.
٣) إعتماد سياسة بيئية في مشاريع إعادة تأهيل القطاع الكهربائي من خلال تطبيق مبدأ زيادة الطاقة المنتجة بإقامة معامل جديدة ذات ضرر بيئي محدود.
٤) تخفيف إستعمال السيارات والآليات.
٥) التشجيع على إستعمال البنزين الخالي من الرصاص، وكذلك إستخدام الوقود النظيف.
٦) تجهيز عوادم السيارات بالمحول المتحفز (الحفازي)، الذي يحول بعض الغازات الضارة الناجمة عن الإحتراق مثل غازات أول أوكسيد الكاربون وأكاسيد النتروجين والغازات الهايدروكاربونية إلى مواد أخرى أقل ضرراً مثل بخار الماء وثاني أوكسيد الكاربون.
٧) إلزام جميع الصناعات التي تنتج ملوثات هواء بضرورة إنشاء وحدات معالجة للملوثات الناتجة قبل إطلاقها إلى الجو.

التنمية المستدامة أو المستديمة Sustainable Development:

إن كلمة (التنمية) تعني إستخدام مصادر الأرض المتوفرة والمصادر الأخرى لتحسين حياة الإنسان وتأمين إحتياجاته. أما كلمة (المستدامة) فتعني أن عملية التنمية يجب عليها أن تراعي حق الأجيال القادمة في الحصول على الموارد وشروط التنمية، أي أنها تنمية دائمة وليست آنية فقط. إذن (التنمية المستديمة) هي التي تحترم حاجات المجتمع وشروط البيئة ولا تفكر فقط بالأرباح الإقتصادية، وكذلك تضمن حق الأجيال القادمة بالعيش الكريم.

وأكبر مثال على سوء عملية التنمية الجارية في العالم وغير العادلة ووحشيتها ضد الإنسان والبيئة، هو أن شعوب الدول الصناعية الكبرى تشكل 20 % من سكان العالم، ولكنها تستهلك 80 % من الثروات الطبيعية للكرة الأرضية، بالإضافة إلى أنها تعتبر مصدر لـ 80 % من التلوث الحاصل في الكرة الأرضية !

الطاقة المتجددة أو الطاقة البديلة أو الطاقة الخضراء Renewable, Alternative or Green Energy:

وتعني مصادر الطاقة التي تجدد نفسها دائماً ولا يمكنها أن تنضب أبداً، مثل الشمس والرياح والمياه وغيرها من المصادر الطبيعية، والتي يمكن توظيفها بسهولة وبتقنيات بسيطة لإنتاج طاقة نظيفة وغير مضرة للإنسان والبيئة. إذن الطاقة المتجددة هي الطاقة التي لاتؤثر على البيئة ولا تسمم الإنسان. فالنفط مثلاً، ورغم فوائده المباشرة في إنتاج الطاقة إلا أنه أولاً يسمم البيئة والإنسان، وكذلك لا يتجدد، بل أن وجوده محدود في أعماق الأرض وهو قابل للنضوب.

التلوث الإشعاعي Radioactive Pollution

من أخطر ملوثات الجو في العصر الحديث هو التلوث بالمواد المشعة المختلفة التي تستعمل في القنابل النووية والهايدروجينية، وفي الأفران الذرية الحرارية، وهي تؤدي إلى السرطان وتؤثر على الصفات الوراثية للأجيال القادمة. يحدث التلوث الإشعاعي عند تسرب المواد المشعة (الصلبة أو السائلة أو الغازية) من الأوعية التي تحتويها خلال ثقوب أو تشققات بها أو نتيجةَ لإنفجارها، حيث تندمج المواد المشعة بعد تسربها في عناصر البيئة مثل الماء والتربة والهواء لتنتقل بعد ذلك إلى الإنسان، وعند تلوث الهواء يؤدي ذلك إلى إنتشار عام للتلوث في مناطق شاسعة إذا لعبت الرياح دورها في تحريك السحابة المشعة (كما حدث في

حادثة مفاعل تشرنوبل)، وقد ينتهي التلوث الهوائي بتساقط الغبار المشع على مناطق مختلفة مما يؤدي إلى تلوث الأرض والماء. ويقاس التلوث الإشعاعي بوحدات راد أو غراي أو سيفرت أو بيكرل.

مصادر الإشعاع Radial Sources

١. مصادر طبيعية: جميعنا معرضون للإشعاع الطبيعي كالأشعة الكونية التي تصل إلى سطح الكرة الأرضية والتي مصدرها أشعة الشمس في الفضاء الخارجي وتكون مكوناتها الرئيسية بروتونات 87 % وجسيمات ألفا 11 % ونوى ثقيلة وإلكترونات 2 %، أما مكوناتها الثانوية فهي البايونات والميونات والإلكترونات والفوتونات والبروتونات والنيوترونات، ومن مصادر الإشعاع الطبيعية الأخرى هي الصخور التي يحتوي بعضها على كميات ولو قليلة من المواد المشعة كالبوتاسيوم المشع، ونظراً لأن هذه الأشعة لم تكن ذات تركيز عالي فقد تأقلمت الكائنات الحية معها.
٢. مصادر صناعية: من المصادر الصناعية المهمة هي المواد المشعة الناتجة من إستعمالات الأشعة في عمليات التشخيص الطبي ومن توليد الطاقة الكهرونووية والمواد المشعة الناتجة من تصنيع الوقود النووي والمواد الناتجة من تعدين وطحن اليورانيوم والمواد الناتجة من خزن وردم النفايات المشعة ومن منشآت البحوث النووية أو معامل التصنيع النووي العسكرية ومن البحوث الزراعية والفيزياوية والكيمياوية والبحوث الصناعية .... إلخ.
٣. النظائر والخامات الطبيعية المشعة.
٤. غاز الرادون.

فترة عمر النصف Half-life time

هي من الخواص المميزة للعنصر المشع، وتمثل الفترة الزمنية اللازمة لكي تتحول نصف كمية ما من أنوية عنصر مشع بالإشعاع إلى أنوية عنصر آخر، وهي ثابتة للعنصر الواحد.

من العناصر المشعة في الهواء هي الكاربون- 14 وله عمر نصف 5730 سنة، والهايدروجين- 3 وله عمر نصف 12.3 سنة، والصوديوم-22 وله عمر نصف 12.6 سنة، والبريليوم-7 وله عمر نصف 35.3 سنة. كما توجد عناصر مشعة في مياه البحار والمحيطات أهمها البوتاسيوم-40 واليورانيوم-238 ،

وفي مياه الينابيع اليورانيوم-238 والثوريوم- 232 والراديوم -226، أما في التربة فتوجد عناصر البوتاسيوم-40 واليورانيوم-238 والثوريوم- 232.

أنواع الإشعاعات Radial Types

تنتج المواد النشطة إشعاعياً أشكالاً مختلفة من الإشعاعات، وأن نوى الذرات غير المستقرة تنحل ذاتياً، وأن هذا الإنحلال ينتج عنه إشعاع. ولا يتوقف الإنبعاث الإشعاعي إلا أن يتم إنحلال جميع نوى الذرات. إن الإنحلال النووي يولد إشعاعاً يتكون من جسيمات ألفا وجسيمات بيتا وأشعة كاما وأشعة إكس والنيوترونات.

أشعة ألفا α	أشعة بيتا β	أشعة كاما γ
موجبة الشحنة	سالبة الشحنة	ليس لها شحنة
كتلة ألفا=كتلة نواة الهيليوم=كتلة ٢بروتون + ٢ نيوترون	كتلة بيتا= كتلة الإلكترون	ليس لها كتلة
تحمل طاقة قليلة	طاقتها متوسطة	طاقتها عالية
أقل قدرة على النفاذ والإختراق بسبب كبر كتلتها	قدرة متوسطة على النفاذية والإختراق	لها أكبر قدرة على النفاذ في الأوساط المادية بسبب طاقتها العالية
أقل تأثير في إحداث الضرر بالكائنات الحية	تأثير متوسط في إحداث الضرر	أكبر تأثير في ضرر الكائنات الحية
عبارة عن جسيمات	عبارة عن جسيمات	هي موجات كهرومغناطيسية (فوتونات) وطولها الموجي قصير جداً
تتأثر بالمجالات الكهربائية والمغناطيسية لأنها موجبة الشحنة	تتأثر بالمجالات الكهربائية والمغناطيسية لأنها سالبة الشحنة	لا تتأثر بالمجالات الكهربائية ولا المغناطيسية لأنها لا تمتلك شحنة

أما أشعة إكس أو الأشعة السينية X-Ray فإن خواصها شبيهة بخواص أشعة كاما ولكنها تختلف في المصدر حيث تنبعث أشعة إكس من عمليات خارج النواة، بينما تنبعث أشعة كاما من داخل النواة. قوة النفاذ والإختراق لأشعة إكس أقل من أشعة كاما وتعتبر من أكثر مصادر تعرض الإنسان للإشعاع حيث يتم استخدامها في العديد من العمليات الصناعية والطبية، ويمكن إيقاف قدرتها على الإختراق بوساطة شريحة من الرصاص سمكها مليمترات قليلة. وبضمن الأشعة السينية تستخدم المواد المشعة مثل اليود 131 والفسفور 32 في التشخيص وعلاج الأمراض، ويتعرض العاملون في هذا المجال إلى خطر التلوث، كما تستخدم هذه الإشعاعات في المجال الصناعي مثل التصوير والتعقيم وغيرها. فيما يخص النيوترونات فإنها

أحد مكونات الذرة ولا تحمل شحنة كهربائية كما أن قدرتها على الإختراق عالية وتنطلق من التفاعلات والتفجيرات النووية.

تأثير الإشعاع على الكائنات الحية Effects of radial on living organisms

تؤثر الإشعاعات في مختلف الكائنات الحية، ويعتمد تأثيرها على نوع الكائن الحي ودرجة الإشعاع والفترة الزمنية للتعرض، وعموماً يكون التأثير أكبر في المراحل المبكرة للعمر نظراً لنشاط الخلايا الكبير، وتؤدي إلى تغيير في ترتيب الأحماض الأمينية في المادة الوراثية والأنزيمات وينتج عنها أضرار وراثية تنتقل إلى الأجيال اللاحقة، أو أضرار جسدية تؤثر مباشرةً في الكائن الحي. ويكون تأثير الإشعاع على النظم البيئية الطبيعية بشكل عام عن طريق تغيير مكوناته الحية، فقد وجد أن تعرض نظام بيئي طبيعي إلى الإشعاع بتراكيز 2-3 راد يؤدي إلى تقليل عدد أنواع الحيوانات، أما التعرض إلى إشعاعات بتراكيز 20 – 30 راد فقد قللت من مناعة الأشجار ضد الحشرات.

كيفية التأثير على الكائنات الحية

إن عملية تأثير سقوط الإشعاعات على جسم وخلايا الكائن الحي تكون من خلال تأين بعض مكونات الخلايا وخاصةً الماء، مما يؤدي إلى حدوث تغيرات معينة تؤدي إلى إحداث تغيير في تركيب الخلية ووظائفها وبالتالي إتلافها من خلال عدة مراحل وكما يأتي:

- المرحلة الفيزيائية: وتحدث بانتقال الطاقة من الإشعاع إلى جزيء الماء ويحدث التأين.
- المرحلة الفيزيوكيميائية: حيث تتفاعل الأيونات الموجبة والإلكترونات السالبة مع جزيئات الماء الأخرى فينتج عن هذه التفاعلات عدة مركبات جديدة مثل تحلل أيون الماء الموجب إلى هيدروجين وهيدروكسيد، ثم المرور بسلسلة من التفاعلات لتشكل في النهاية مركب فوق أوكسيد الهيدروجين H_2O_2 أو كما يعرف (ماء الأوكسجين).
- المرحلة الكيميائية: يتميز كل من الهيدروجين والهيدروكسيد بنشاطهما الكيميائي الشديد، كما يعتبر فوق أوكسيد الهيدروجين عاملاً مؤكسداً قوياً، وتتفاعل هذه المركبات الكيميائية المتكونة مع المركبات العضوية الأخرى في الخلية مثل الكروموسومات وتؤدي إلى تخريب تركيبها.

- المرحلة البايولوجية: وفيها تظهر آثار التغيرات الكيميائية التي حدثت في الخلية، ومنها موت الخلية أو منع أو إيقاف إنقسامها أو زيادة معدل نموها وإنقسامها أو حدوث تغيرات مستديمة في الخلية تنتقل وراثياً عند إنقسام الخلية.

كما أن أعضاء الجسم ليست متساوية الحساسية بالنسبة إلى الإشعاعات، وأكثر الأعضاء حساسيةً هي الأعضاء المكونة للدم والجهاز الهضمي والجلد والغدد التناسلية والغدد اللمفاوية.

التأثيرات البايولوجية على البشر Bio-Radial Effects on Human

هنالك نوعين من التأثيرات هما:

١. **التأثيرات قصيرة الأمد أو التأثيرات الحادة Acute effects**

يظهر هذا التأثير سريعاً بعد التعرض إلى الإشعاع وخلال ساعة أو ساعتين ولربما بعد عدة دقائق من التعرض إلى الإشعاع العالي جداً، ولكن الموت بسبب التعرض قد لايحدث إلا بعد مرور شهرين حيث أُستدل على ذلك من ضحايا القنابل الذرية في اليابان. ومن أهم أعراض هذا النوع من التأثيرات هو حدوث مرض الإشعاع الذي تكون أعراضه الإبتدائية فقدان الشهية للطعام والغثيان والصداع.

إن الموت الناتج من التعرض إلى جرع من 1 – 5 غراي يكون سببه الأساسي هو تلف الأنسجة المولدة للدم، وفي الجرع الأعلى يرجع سبب الوفاة إلى حدوث خلل في الجهاز الهضمي، وعند إرتفاع الجرع أكثر فإن الموت يكون بسبب تلف الجهاز العصبي المركزي.

إن التأثير القاتل الرئيسي للإشعاع يحدث بوساطة الفعل المتلف للخلايا، عندما تكون الجرع الإشعاعية عالية فإن الطاقة الداخلة إلى الخلايا تكون كافية لتحطيمها كلياً، ولكن الجرع الأقل قد تؤدي إلى إيقاف الإنقسام الخيطي. وهناك تأثيرات حادة على الجلد مثل تساقط الشعر وتأثيرات أخرى في الجهاز التناسلي تؤدي إلى العقم، كما أن الإشعاع قد يسبب تلفاً لا يمكن إصلاحه في الخلايا المولدة للبيوض. كما أنه يسبب تشوهات عند الأطفال مثل أن يكون الرأس أصغر من المعتاد، وتأخر النمو قبل الولادة وبعدها، وصحة متردية.

٢. **التأثيرات المزمنة Chronic effects**

لايؤدي التعرض إلى الجرع الإشعاعية الواطئة إلى ظهور أعراض مبكرة، ولهذا فقد كان يُظَن أن هذه الجرع لاتسبب ضرراً، إلا أن هذا الظن في غير محله فالجرع الإشعاعية الواطئة تؤدي إلى

عدد من التأثيرات منها: الحث على تكوين السرطان، والحث على حدوث عتمة عدسة العين التي تكون لها حساسية كبيرة للإشعاع، فضلاً عن تقصير الحياة والتأثيرات الوراثية الأخرى.

المعالجة والتخلص من المخلفات الإشعاعية Radial waste disposal

أهم أهداف معالجة المخلفات الإشعاعية هي التخلص من أو تدمير النظائر المشعة لمنع ضررها ووقاية البيئة والإنسان، ويتم ذلك عبر عزل أو ترقيق (تخفيف التركيز) أو تدمير المخلفات الناتجة، وحتى الآن فإن أكثر هذه الطرق قابلية للتحقيق كان وما يزال الدفن العميق للمخلفات الإشعاعية (ضمن عبوات خاصة)، حيث أن الهدف الأساسي من هذه العملية هو عزل المخلفات الإشعاعية ومنع تسربها للنظام البيئي حتى يزول النشاط الإشعاعي الناتج عنها بأن تتأين كل العناصر المشعة الموجودة داخله.

التلوث الضوضائي (Noise Pollution)

ويعرف على أنه أصوات غير منسقة ذات إستمرارية غير مرغوب فيها وبمستويات صوتية عالية تحصل عادةً في المناطق الصناعية والأماكن المزدحمة، وتختلف الضوضاء (الضجيج) عن باقي أنواع التلوث في أنها لاتترك تأثيرات مضرة على البيئة وينتهي التلوث بتوقف مصدر الضجيج.

ينتقل الصوت في الهواء على شكل موجات متتالية ويعبر عنه عادةً بالتردد (ذبذبة/ثانية)، وتتميز كل موجة صوتية بتردد خاص، وتتمكن الأذن البشرية السليمة من سماع الأصوات التي يتراوح ترددها ما بين 16 و20000 ذبذبة/ثانية. وتعرف الموجات الصوتية التي ترددها أقل من 16 ذبذبة/ثانية بالموجات تحت الصوتية Infrasonic، بينما الموجات التي ترددها يزيد عن 20000 ذبذبة/ثانية بالموجات فوق الصوتية Ultrasonic، أما شدة الضوضاء (الصوت) فتقاس بوحدة الديسيبيل Decibel (dB).

أنواع التلوث الضوضائي:

وتقسم حسب المصدر وقوة التأثير إلى:

١. تلوث مزمن: هو تعرض دائم ومستمر لمصدر الضوضاء وقد يحدث ضعفاً مستديماً في السمع.

٢. تلوث مؤقت ذو أضرار فسيولوجية: يحدث عند التعرض لفترات محددة لمصدر أو مصادر الضوضاء، ومثال ذلك التعرض للمفرقعات، إذ قد يؤدي إلى إصابة الأذن الوسطى وقد تحدث تلفاً داخلياً.

٣. تلوث مؤقت دون ضرر: وهو التعرض لفترة محددة لمصدر ضوضاء، ومثال ذلك ضجيج الشارع والأماكن المزدحمة أو الورش، ويؤدي إلى ضعف مؤقت في السمع يعود لحالته الطبيعية بعد فترة بسيطة.

مثال على درجات الضوضاء مقاسة بوحدات الديسيبيل:

نوع الضوضاء	درجة الضوضاء (dB)	المصدر
مسموعة	10 – 0	ضربات القلب
هادئة جداً	30 – 10	حفيف الأشجار
هادئة	50 – 30	الآلة الكاتبة
متوسط الإرتفاع	70 – 50	مكيف الهواء
مرتفعة جداً	100 – 70	ضجيج الشارع
مزعجة	130 – 100	طائرة نفاثة
شديدة الخطورة	200 فما فوق	الصواريخ

مصادر وأسباب الضوضاء الرئيسية:

أولاً: ضوضاء وسائل المواصلات والطرق، وتقسم إلى:

١. ضوضاء المركبات (محرك المركبة، آلات التنبيه، صوت مروحة التبريد، الفرامل، إحتكاك الإطارات بالطرق).
٢. ضوضاء سكك الحديد.
٣. ضوضاء الطائرات.

ثانياً: ضوضاء الإنشاءات والمباني: وتعد من مصادر الضوضاء المزعجة وخاصةً أعمال الحفر، خلاطات الإسمنت، رصف الطرق، إعمال اللحام وغيرها. وتعتبر ضوضاء غير دائمة تنتهي بإنتهاء أعمال البناء.

ثالثاً: ضوضاء مكبرات الصوت: وهي ناتجة من الأنشطة البشرية، تصدر عن إستعمال مكبرات الصوت في الإحتفالات والأفراح في الأماكن المفتوحة، وإستعمال السماعات ذات القدرة الصوتية العالية في الصالات الداخلية، هذا بالإضافة إلى إستعمال المكبرات في المآتم ولدى الباعة المتجولين.

رابعاً: ضوضاء الأنشطة التجارية: مثل تواجد المحلات أسفل العقارات بجميع أنواعها وأنشطتها وهي من أسباب الضوضاء التي يصعب التحكم بها، ولذا يجب نقل الأسواق والأنشطة التجارية إلى خارج المناطق السكنية.

خامساً: ضوضاء المنشآت الصناعية: إن ضوضاء المصانع تؤثر على البيئة الخارجية، حيث أن المناطق السكنية قد زحفت على المناطق الصناعية مما أدى إلى تأثر المواطنين بالضوضاء الناتجة عن المصانع.

سادساً: ضوضاء أنظمة التكييف والتبريد والمولدات الكهربائية.

آثار مستويات الضجيج:

مستوى الضجيج (dB)	الآثار والإنعكاسات
50 – 40	توتر وقلق لدى الأطفال
80 – 60	تأثيرات سيئة على الجملة العصبية والإصابة بآلام شديدة في الرأس ونقص القدرة على العمل ورؤية الكوابيس المزعجة
110 – 90	إنخفاض في شدة السمع وإضطرابات في الجهاز العصبي والجهاز القلبي
أكثر من 120	ألم في الجهاز السمعي وتضرر الجهاز القلبي الوعائي

الآثار الناجمة عن الضوضاء:

وتتمثل بتلف الأذن وفقدان السمع، إذ من المعروف أن الأذن تقوم بإختزال الموجات الصوتية إلى إشارات كهربائية أو عصبية تحولها إلى المخ. وتتعرض الأذن للتلف عادةً نتيجةً لتكرار سماعها لأصوات مزعجة وعالية، حيث تؤثر على الأجهزة العصبية التي تتضرر عند ترددات معينة. وينتج عن ذلك ضعف تدريجي في حاسة السمع قد يؤدي في النهاية إلى فقدها تماماً. ويلاحظ بأنه مع كبر السن لدى الأشخاص العاديين الذين يتعرضون لضوضاء عالية يحدث وهن تدريجي في حاسة السمع وقد يبلغ درجة عالية في سن الشيخوخة.

العوامل التي تؤثر على حاسة السمع نتيجة الضوضاء:

١- مستوى الضوضاء (dB) وتردده.
٢- نوع الضوضاء.
٣- فترة التعرض اليومي.
٤- طول فترة العمل.
٥- إستمرارية العمل في السنة.
٦- مدى تغير أثر الضوضاء من شخص دون آخر.
٧- سعة المكان ومدى تركيز الضوضاء فيه.

٨- طبيعة المكان (منزل، مصنع، أرض جرداء).
٩- توقيت حدوث الضوضاء (ليلاً أو نهاراً)، فعلى سبيل المثال قد يكون رنين الهاتف أثناء النوم غاية في الإزعاج، في حين يكون مقبولاً بشكل ما خلال النهار.

الآثار النفسية للضوضاء:

وتشمل التوتر العصبي، والشعور بالضيق، والإصابة بالصداع وآلام الرأس، وفقدان الشهية، وفقدان التركيز خصوصاً في الأعمال الذهنية، وعدم القدرة على التعامل مع الآخرين، والإنقطاع عن العمل وكثرة الغياب.

الحماية وكيفية السيطرة على الضوضاء:

وتكون بالإصلاح المستمر للمكائن المتواجدة في المصانع، وتعديل العمليات للسيطرة على الضوضاء، وإصدار التشريعات اللازمة وتطبيقها، وإبعاد المدارس والمستشفيات عن مصادر الضجيج، وإستعمال سدادات الأذن في المناطق التي يكثر فيها الضجيج.

التلوث الغذائي والدوائي Food and Drug pollution

وهو تلوث الغذاء الذي يستهلكه الإنسان بأحد المصادر الآتية:

١) الكائنات الحية مثل البكتيريا والفطريات وبيوض الديدان، عن طريق الهواء أو الحشرات والقوارض الناقلة.
٢) تفاعل الغذاء مع الأواني المستعملة في الطبخ أو التي تحفظ فيها مما يؤدي إلى إرتفاع نسبة المعادن عن الحد المقرر المسموح به أو قد تكون سامة للإنسان.
٣) إضافة المواد الملونة والمنكهة وخاصةً ذات التركيب الكيمياوي الذي يُعتقد أن له علاقة بالأمراض السرطانية.
٤) المواد الحافظة مثل مركبات النتروجين السامة.

أما **التلوث الدوائي** فهو ناتج عن الإستخدام المفرط وغير المدروس للمواد المسكرة والمهلوسة، والمضادات الحيوية Antibiotics، والتداخلات الدوائية ذات التأثيرات الجانبية السلبية من جراء إستعمال الدواء.

تلوث التربة Soil Pollution

إن تنجيم وتصنيع الخامات المنخفضة الدرجة يؤدي إلى تخريب مساحات أكبر من الأرض ويؤدي إلى مقادير أكبر من بقايا المناجم التي يستوجب التخلص منها. وبالإضافة إلى ذلك فإن صهر بعض الخامات

كالزنك والنحاس يمثل مصدراً بارزاً للتلوث البيئي، كما أن تكاليف أية أجهزة سيطرة يمكن أن تحد من التوسع في هذه الإمكانيات في أي بلد.

إن الضرر البيئي لا ينحصر فقط في الأرض إذ أنه حالياً هناك حوالي 17 % من نفط العالم ينتج بالقرب من الشواطئ، وهذه النسبة المئوية سوف تزداد بسرعة عالية. ومن المحتمل أيضاً أن يزداد خطر تسرب الآبار النفطية وإشتعالها وتناثر الزيت التي هي جزء إعتيادي من عمليات نقل وتصنيع النفط. وبالإضافة إلى ذلك سيمكن إستخراج بعض المواد المعدنية من قاع البحر وعلى الأخص المنغنيز، وبآثار بيئية لم تعرف بعد لحد الآن.

إهمية التربة Importance of Soil:

تتكون التربة من أربعة عناصر رئيسية وهي الماء والهواء والمواد المعدنية والمواد العضوية، والتي تكون مرتبة بنظام فيزيائي وكيميائي معقد وبشكل يجعل من التربة قاعدة أساسية صلبة لتثبيت النباتات فضلاً عن تزويدها بما تحتاجه من الماء والعناصر الغذائية الضرورية. حيث تحصل النباتات على العناصر الأساسية لنموها من التربة عن طريق الجذور التي تعمل على إمتصاص العناصر الأساسية المغذية من جزيئات التربة. كما تعتبر التربة موطناً للعديد من الأحياء المجهرية المختلفة كالبكتيريا والفطريات والطحالب، وكذلك بعض الحيوانات كالديدان مثل دودة الأرض والحشرات وغيرها.

لذا تعد التربة عنصراً مهماً للحياة إذا ما أخذنا بنظر الإعتبار إحتضانها جذور النباتات وبالتالي توفر بداية السلسلة الغذائية التي تتمثل بالمنتجات Producers. وبالتالي فإن الحفاظ على التربة سليمة ونظيفة وخالية من التلوث هي أساساً للحفاظ على حياة الكائنات الحية التي تعيش عليها.

مصادر تلوث التربة Sources of Soil Pollution:

تتلوث التربة بالعديد من الملوثات الناتجة عن الفعاليات الطبيعية والبشرية، ومن أهم مصادر تلوث التربة هي ما يأتي:

أولاً: الكيمياويات الزراعية:

وتشمل مجموعتين رئيسيتين هما:

المجموعة الأولى/ *الأسمدة الكيمياوية*. المجموعة الثانية/ *المبيدات*.

إن الإستخدام الخاطئ وبكميات كبيرة *للأسمدة الكيمياوية* قد أثر سلباً في خصوبة التربة، فقد وجد أن معظم الأسمدة النتروجينية على سبيل المثال لها تأثير في زيادة حموضة التربة، في حين أن الأسمدة الفوسفورية والبوتاسيوم لا تترك أثراً على حموضة التربة وقاعديتها. وإن الإفراط في إستخدام هذه الأسمدة يؤدي إلى الإخلال بالتوازن الطبيعي لأحياء التربة المختلفة، فقد يؤدي إلى موت جذور النباتات أو موت الحيوانات كالحشرات والديدان.

أما عن *المبيدات*، فقد أشارت الإحصائيات الصادرة عن منظمة الأغذية والزراعة الدولية FAO إلى وجود أكثر من (1000) مادة كيمياوية تستعمل لإبادة الآفات الزراعية والتي تشمل مبيدات فطرية وحشرية ومبيدات أدغال وغيرها، وتمتاز هذه المواد بخاصية التراكم في جزيئات التربة مما قد يؤدي إلى موت أو إنقراض عدد كبير من الأحياء كالطيور وحيوانات أخرى، فضلاً عن تراكمها في السلسلة الغذائية للكائنات الحية. فعلى سبيل المثال عند إستخدام مادة الـ DDT التي هي أحد المبيدات واسعة الإنتشار، فإن بعضاً منها يسقط على سطح التربة ويجري إمتصاصه من قبل ديدان الأرض التي تركز هذا المبيد داخل أجسامها، وعند إستهلاك بعض أنواع العصافير - (طائر الشحرور Eurasian Blackbird) - المهاجرة لديدان الأرض الحاوية على هذه السموم في أجسامها مما يؤدي إلى إبادة أعداد كبيرة من هذه الطيور نتيجة تسممها بمبيد الـ DDT الذي يؤثر في جهازها العصبي ويسبب الشلل لها. لذا تكمن الخطورة للمبيدات من خلال بقاءها في البيئة لفترات طويلة قد تتجاوز عدة سنوات.

ثانياً: الفضلات المنزلية والصناعية:

من خلال أنشطة الإنسان المختلفة بما يشمل ذلك في المجمعات السكنية والصناعية والتجارية، يلاحظ أن التربة تصلها فضلات متنوعة أغلبها مواد قابلة للتحلل والتفسخ، وهناك فضلات صناعية خطرة بايولوجياً أو كيمياوياً أو إشعاعياً يجب التخلص منها بأساليب سليمة بيئياً. وعند تراكم هذه الفضلات فإنها تسبب أضراراً صحية متنوعة إذ تكون مرتعاً للحشرات وخاصةً تلك التي تنقل الأمراض للإنسان والأحياء الأخرى.

وقد نشطت الدراسات البيئية حديثاً في مجال معالجة المخلفات Waste Treatment بطرق آمنة بيئياً من خلال تحقيق مبدأ الـ (4R) وهو مبدأ عمليات التدوير Recycling، وإعادة الإستعمال Reusing، والتقليل Reducing، والإسترجاع Recovering، وتضم هذه المخلفات الفضلات الصلبة أوالسائلة. تتكون

الفضلات الصلبة من خليط من عدة مواد مصدرها المنتجات الزراعية أو مخلفات صناعة الورق أو الزجاج أو البلاستك أو المعادن وغيرها. وتشمل الفضلات الصلبة حسب مصدرها ما يأتي:

١. القمامة المنزلية Garbage
٢. النفايات المختلفة Rubbish
٣. فضلات الشوارع Street refuse
٤. المعادن Metals
٥. فضلات العمليات الإنشائية Demolition wastes
٦. فضلات الصناعات الغذائية Food industry wastes
٧. فضلات المصانع Factory wastes
٨. فضلات المستشفيات Medical wastes

ويتم التخلص من الفضلات الصلبة بعدة طرق منها:

١) الطمر الأرضي Land filling
٢) الحرق Incineration
٣) إعادة الإستخدام أو التدوير Recycling
٤) الطمر البحري Sea filling
٥) الإنحلال الحراري Pyrolysis
٦) التحويل إلى أسمدة عضوية Conversion to organic fertilizers

ثالثاً: الأمطار الحامضية:

إن تصاعد غازات الأكاسيد المختلفة إلى الجو مثل أكاسيد الكاربون وأكاسيد النتروجين وأكاسيد الكبريت يؤدي إلى تفاعلها مع جزيئات بخار الماء وبالتالي تتكون الأمطار الحامضية Acid rains وتتساقط على شكل حامض الكاربونيك وحامض النتريك وحامض الكبريتيك. وتؤدي هذه الأمطار إلى إحداث تغير في طبقة التربة الزراعية، وتذيب عدد من العناصر والمركبات التي تسري إلى جوف التربة. وقد تظهر نتيجةً لذلك في المياه الجوفية التي قد تستخدم للشرب أو ري المزروعات، حيث تعمل الأمطار الحامضية على زيادة حموضة التربة (pH) مما يؤثر في حياة أحياء التربة ويلحق الضرر في خصوبة التربة وبالتالي يؤدي إلى موت جذور النباتات.

رابعاً: المعادن الثقيلة:

يقصد بالمعادن الثقيلة Heavy metals كافة المعادن التي تزيد كثافتها عن ($5\ gm/\ cm^3$)، وما يقل عن ذلك تدعى بالمعادن الخفيفة Light metals. فضلاً عن وجود بعض المعادن النادرة أو النزرة Trace metals أو Trace elements التي تتواجد في القشرة الأرضية بتراكيز قليلة تساوي أو تقل عن (0.1 %)، ويقدر عدد المعادن الثقيلة المعروفة في الطبيعة بحوالي 37 عنصراً، وتؤدي بعض هذه المعادن دوراً مهماً في حياة الأحياء وفعالياتها البايولوجية المختلفة. ولكن تكون هذه المعادن سامة وخطرة في تراكيز معينة رغم كونها ضرورية للحياة في تراكيز واطئة جداً قد لا تتجاوز تراكيز قسماً منها عن (0.05 mg/l)، ومما يزيد من خطورة المعادن الثقيلة في البيئة هو عدم إمكانية تفسخها بوساطة البكتيريا والعمليات الطبيعية الأخرى. ولعل أخطر ما فيها يعود إلى قابلية بعضها على التراكم الحيوي Bio-accumulation في أنسجة وأعضاء الكائنات الحية سواء في الحيوانات أم النباتات.

تطرح الصناعات المختلفة إعداداً من المعادن الثقيلة وبكميات مختلفة بهيئة نفايات غازية وسائلة وصلبة، ولكنها في النهاية تستقر في بيئة اليابسة وتجد طريقها بسرعة إلى البيئات المائية. كما أن لبعض المعادن الثقيلة خواص إشعاعية أي أنها تكون بمثابة نظائر مشعة، لذا فإن هذه المعادن ستحمل مخاطر مزدوجة من حيث كونها سامة ومشعة في نفس الوقت. كما هو الحال في الزنك 65 المشع، واليورانيوم 235. لقد أصبحت دراسة العناصر المشعة في البيئة علماً قائماً بذاته يدعى علم البيئة الإشعاعي Radiation Ecology. ويمكن توضيح خطورة وأهمية المعادن الثقيلة في تلوث البيئة خلال دراسة بعض هذه المعادن وخصوصاً تلك التي كانت وراء العديد من الكوارث التي حلت في البيئة، وكما يأتي:

١. الزئبق Mercury:

يعد هذا المعدن من المعادن التي تعامل معها الإنسان منذ فجر التاريخ. ويعتبر هذا المعدن السائل الوحيد وله درجة إنصهار (- 38° C)، ودرجة غليانه (357° C). وله قابلية تطاير أعلى من جميع المعادن الأخرى، كما أنه من أحسن الموصلات الكهربائية. إن لمعدن الزئبق القدرة على إذابة معادن أخرى مثل الذهب. كما أن هذا المعدن وجميع مركباته يعد ساماً للأحياء. علماً بأن للمعدن إستعمالات عديدة، إذ يقدر مجموع إستعمالاته بحوالي (3000) إستعمال، إذ يستعمل في صناعة الورق والصناعات الكهربائية مثل إنتاج المصابيح والبطاريات، وصناعات طبية مثل العقاقير وفي طب الأسنان وفي المحارير والبارومترات ولإنتاج مبيدات الفطريات. وتتلوث البيئة بملوثات الزئبق خلال هذه الطرق.

٢. الكادميوم Cadmium:

يوجد الكادميوم في الطبيعة بكميات قليلة، وإن الإستعمال الرئيس للكادميوم يشمل الصناعات الخاصة بالبطاريات والصناعات الكهربائية وطلاء سطوح الأنابيب المستعملة في نقل المياه. كما أن صناعة البلاستك تستخدم كميات كبيرة من هذا المعدن، وتحتوي الأسمدة الكيمياوية الفوسفاتية على كمية من الشوائب أحدها الكادميوم وبذلك يسبب إستعمالها تلويث التربة به.

تتلوث بيئة اليابسة بالكادميوم بطريقتين: أولاهما هي تساقط غبار جسيمات الكادميوم المنقول بوساطة الرياح من منطقة إلى أخرى. وثانيهما هي الترسب الذي يحدث من التربة وخلالها إلى المياه بعد إستعمال الأسمدة الفوسفاتية الحاوية على الكادميوم بوصفه إحدى الشوائب.

يُمتص الكادميوم من قِبل جذور النباتات من التربة، وفي الحيوانات يتركز هذا المعدن من خلال إنتقاله في السلسلة الغذائية إذ يتركز في الأنسجة الدهنية وفي العضلات.

إن المعروف عن الكادميوم هو قدرته على البقاء في داخل الجسم الملوث مدة طويلة تقدر بعشرات السنين، لهذا إستأثر هذا المعدن بإهتمام الكثير من الجهات الصحية والبيئية في العالم.

٣. الرصاص Lead:

يعتبر الرصاص من العناصر ذات الوجود الطبيعي في القشرة الأرضية، ويبلغ معدل تركيزه في التربة بحوالي (16 mg/kg). ويوجد في الطبيعة على شكل خامات معدنية وهي كبريتيد الرصاص PbS وكبريتات الرصاص. ويعد الرصاص واحداً من أهم المعادن الثقيلة لإعتبارين: الأول هو إستعمالاته الكثيرة، والثاني هو شدة سميته، كما أنه يعد من أقدم المعادن التي إكتشفها الإنسان وإستخرجها من باطن الأرض. ولقد أستعمل الرصاص في أوروبا خلال القرون الوسطى في صناعة أواني الطهي وتقديم الطعام والشراب، مما أدى إلى إرتفاع نسب التسمم في كثير مناطق أوروبا. يستعمل الرصاص في العديد من الصناعات كالأصباغ والبطاريات وحروف المطابع والإطلاقات النارية وأسلاك لحام المعادن، كما أنه يستعمل في تغليف أنواع من الأسلاك الكهربائية، ولكن المصدر الرئيسي لتلوث البيئة بالرصاص هو وسائط النقل ومن خلال إحتراق الوقود (البنزين) الذي يضاف إليه كمية من مركب رابع أثيل الرصاص من أجل زيادة كفاءة الوقود وتحسين إشتعاله.

يصل الرصاص إلى جسم الإنسان عن طريق الغذاء والماء وعن طريق الهواء كذلك، وأن إمتصاصه من خلال الجهاز التنفسي أعلى من عملية الإمتصاص عن طريق القناة الهضمية. ويصل الرصاص إلى الدم عن طريق الجهاز التنفسي والقناة الهضمية، وفي الدم يتم إمتصاص (97 %) منه من قبل كريات الدم الحمراء وتصل مدة بقاءه فيها إلى أربعة أسابيع، كما أن قسماً من الرصاص

الموجود في الجسم يتوزع بين الكبد والكليتين ومن ثم يتم طرحه من خلال الإدرار أو ترسيبه في العظام. ويؤدي تعرض الأمهات الحوامل للتلوث بالرصاص إلى إحداث تشوهات خلقية في الأجنة.

وقد وجد أن نسبة الرصاص المترسب في أسنان الأطفال القاطنين في مدينة بغداد أعلى من نسبته في أسنان أقرانهم في القرى والمناطق البعيدة عن العاصمة، إذ أن الرصاص المتكون من حرق وقود السيارات في مدينة بغداد له الأثر في هذا الإختلاف.

٤. معادن ثقيلة أخرى:

إن هناك عدد آخر من المعادن الثقيلة مثل النحاس Copper والزنك أو الخارصين Zinc والحديد والتي تعد من العناصر الغذائية الضرورية للكائنات الحية في تراكيز معينة، وعند زيادة تراكيز هذه المعادن سوف تسبب أضراراً صحية مختلفة.

ومن الأمثلة الأخرى للمعادن الثقيلة هو الكوبلت والذي يعد ساماً عند وجوده بتراكيز عالية جداً، فضلاً عن معادن القصدير والنيكل والزرنيخ والتي هي الأخرى تعد سامة في تراكيز معينة وتؤثر سلباً في نمو الأحياء من خلال تثبيط الأفعال الحيوية المختلفة لاسيما الأنزيمية منها.

المبيدات Pesticides:

هي أية مادة أو خليط من عدة مواد يُنشر في بيئة الآفة بوسائل مختلفة فيعمل على قتلها أو منع تكاثرها أو طردها بهدف تخفيض أعدادها إلى حد غير ضار إقتصادياً، وكذلك أي مادة أو خليط من عدة مواد يساهم في تشويه أو عرقلة نمو النبات أو قتله أو تجفيفه أو تعريته من أوراقه. وكما هو معروف لدى المختصين في مكافحة الآفات فإن مصطلح مبيدات الآفات Pesticides يعبر عن المواد الكيميائية السامة التي تُنشر في بيئة الآفة بوسائل وأشكال مختلفة لتعمل على قتلها وخفض أعدادها في هذه البيئة بحيث تصبح غير ضارة إقتصادياً.

وفي الأصل اللاتيني فإن هذه الكلمة مؤلفة من مقطعين هما Pest بمعنى آفة، و Cide بمعنى مبيد. توجد المبيدات في عدة صور، فقد تكون في صورة سوائل رش مائية أو زيتية، أو في صورة مساحيق تعفير، أو في صورة محببات، أو في صورة آيروسولات، أو في غيرها من الصور.

تصنيف المبيدات Pesticides Classification:

وتصنف إعتماداً على عدة أُسس، هي:

أولاً: تصنيف المبيدات على أساس التركيب الكيميائي

١) المبيدات غير العضوية Inorganic pesticides

مثل:

- مركبات الزرنيخ: زرنيخات الكالسيوم التي تستخدم كطُعم سام.
- الزئبق: كلوريد الزئبق الذي كان يستخدم كمطهر للتقاوي.
- الأمونيوم: كلوريد الأمونيوم الذي يستخدم كمادة طاردة لحشرات المخازن.
- الكبريت: الذي يستخدم كمبيد فطري.
- الزيوت المعدنية: التي تستخدم في مكافحة يرقات البعوض.

٢) المبيدات ذات الأصل النباتي Botanical pesticides

مثل:

- البيريثرينات Pyrethrins: تستخرج من زهرة البيرثرم وهي أسترات لحامض البيرثرم.
- النيكوتين Nicotine: وهو مستخلص من أوراق التبغ.

٣) المبيدات العضوية المصنعة Synthetic organic pesticides

مثل:

- المبيدات الكلورينية Organochlorine: مثل الـ DDT و الألدرين Aldrin
- المبيدات الفوسفورية Organophosphorus: مثل الـ Diazinon
- البريثرينات المصنعة Synthetic pyrethrins: مثل الـ Deltamethrin
- الكارباميت Carbamate: مثل الـ Carbosulfan
- المبيدات النيكوتينية الحديثة Neonicotinoid: مثل الـ Imidacloprid

ثانياً: تصنيف المبيدات حسب الإستخدام

١. مبيدات حشرية Insecticides
٢. مبيدات فطرية Fungicides
٣. مبيدات العناكب Acaricides
٤. مبيدات نيماتودية Nematicides
٥. مبيدات القوارض Rodenticides

٦. مبيدات الحشائش Herbicides

ثالثاً: تصنيف المبيدات على أساس طريقة دخولها لجسم الحشرة

- ✓ السموم المعدية Stomach poisons: وهي التي تدخل عن طريق الفم وتؤثر على الأمعاء الوسطى للحشرة مثل توكسينات بكتيريا الـ *Bacillus* وهي (Antibiotic insecticides).
- ✓ السموم الجهازية Systemic poisons: وهي التي تسري في عصارة النباتات.
- ✓ السموم بالملامسة Contact poisons: وتحدث تأثيرها السام بعد نفاذها عن طريق الفتحات التنفسية مثل الأيروسولات.

رابعاً: تصنيف المبيدات تبعاً للسمية الحادة للمركب (Acute Toxicity)

قسمت تبعاً للسمية الحادة عن طريق الفم (LD_{50} mg/kg) إلى:

- شديدة الضرر (Extremely Hazardous) ..... Class IA
- عالية الضرر (Highly Hazardous) ..... Class IB
- متوسطة الضرر (Moderately Hazardous) .... Class II
- قليلة الضرر (Slightly Hazardous) ..... Class III

السمية Toxicity

ويقصد بها ***مقدار الضرر أو التلف الذي تسببه مادة كيمياوية لكائن حي معين***، ويمكن تقسيم السمية إلى قسمين:

١. **السمية الحادة Acute Toxicity:** ويقصد بها مقدار تأثر الكائن الحي عند تعرضه إلى جرعة كبيرة واحدة من المادة السامة عن طريق الفم أو الجلد أو عن طريق الجهاز التنفسي، والتي تؤدي إلى المرض الشديد أو الموت. وبالنسبة للمبيدات الكيمياوية فيتعرض الأطفال لمثل هذه الحالات من التسمم نتيجة الإهمال في حفظ المبيدات في المنزل، وكذلك بتأثر العمال المشتغلون في مصانع إنتاج المبيدات والعمال الزراعيون الذين يقومون بعملية المكافحة.

٢. **السمية المزمنة Chronic Toxicity:** ويقصد بها مقدار تأثر الكائن الحي بالسموم الكيمياوية نتيجة تعرضه المستمر إلى كميات ضئيلة منها ولفترات طويلة. وفيما يخص المبيدات فلا يقتصر التعرض لهذا النوع من التسمم على مجموعة معينه من الناس (كما في حالة التسمم الحاد)، بل يتعرض له معظم المستهلكين عن طريق تناولهم للخضروات والفواكه والمنتجات الحيوانية التي تحتوي على بقايا المبيد Pesticide residues. ولهذا النوع من السمية أهمية خاصة في حالة إستخدام المبيدات التي تتجمع في أنسجة الكائن الحي، نتيجةً لتخزينها في الأنسجة الدهنية وبعض الأنسجة الأخرى كما في حالة المبيدات الحشرية التابعة لمجموعة الهايدروكاربونات المكلورة والمبيدات الفطرية الزئبقية.

تقاس السمية الحادة على أساس الجرعة القاتلة وبخاصةً الجرعة المتوسطة القاتلة (للموت) وتدعى بالجرعة النصفية القاتلة Lethal Dose ويرمز لها بالرمز (LD50)، والتي تُعرّف بأنها تلك الكمية من المادة السامة التي تقتل 50 % من الكائنات المستخدمة في التجربة المختبرية، وتكون محسوبة على أساس عدد الملليغرامات من المادة السامة لكل كيلوغرام من وزن الكائن الحي.

طرق معالجة وإستصلاح الترب الملوثة:

إن إختيار عملية المعالجة المناسبة تعتمد على نوعية الملوثات وكميتها، ويمكن معالجة وإستصلاح الترب الملوثة بأحد التقنيات الآتية:

١- المعالجة الطبيعية: وتشمل عمليات غسيل التربة وتبخير المواد الكيميائية المتطايرة.
٢- المعالجة الحرارية: وتتم بوساطة الحرق بإستخدام الأفران الحرارية الدوّارة Rotary Kiln.
٣- المعالجة الكيميائية: وتتضمن تعديل درجة التفاعل ،الاختزال/الأكسدة ، التميؤ. التثبيث بواسطة المعالجة الكيميائية، تكوين مركبات غير قابلة للذوبان.
٤- المعالجة الحيوية: ويستخدم لهذا الغرض البكتيريا والفطريات التي لها القابلية على تكسير الملوثات وتحويلها إلى مركبات أبسط وغير ضارة بالبيئة، مثل طريقة الأكوام الحيوية أو الزراعة الحيوية.
٥- منع حدوث أي تلوث جديد: إذ يجب على السلطات المحلية تنظيف الملوثات الموجودة ومنع حدوث أي تلوث جديد وذلك من خلال:

التحكم في إدارة النفايات، والسيطرة على العمليات الصناعية والتجارية ، ليس الحد من عمليات تصريف المواد الصلبة والسائلة فقط ولكن القيام بالرصد والسيطرة على حوادث التصريف (مثل حدوث تسرب من خطوط وخزانات الوقود إلى المياه الجوفية والتربة). ومنع حدوث أي تلوث بالقرب من التجمعات السكانية وموارد مياه الشرب وذلك باختيار الأماكن المناسبة للتخلص من النفايات الصلبة و السائلة.

تلوث المياه Water Pollution

يشغل الماء حوالي 71% من مساحة الكرة الارضية ويقدر حجمه بنحو 296 مليون ميل مكعب وأن 98% منها في حالة سائلة. كما وتشير الدراسات إلى أن حوالي 97% من الماء الموجود في العالم غير صالح للإستهلاك بسبب ملوحته والمتبقي والبالغة نسبته 3% تقريباً مياه عذبة، إلا أنها غير متوفرة كثيراً لأن جزءاً كبيراً منها إما موجود في تجمعات جليدية أو مخزون على شكل مياه جوفية.

وتتمثل نسب المياه العذبة فيما يأتي:

- الأقطاب الجليدية والثلاجات ..... 2.05 %
- المياه الجوفية ..... 0.68 %
- البحيرات ..... 0.01 %
- رطوبة التربة ..... 0.005 %
- بخار الماء في الغلاف الجوي ..... 0.001 %
- الأنهار والروافد والجداول ..... 0.0001 %
- المحتوى المائي للغلاف الحيوي ..... 0.00004 %

ويحصل الإنسان على الماء من مصدرين رئيسين هما المياه الطبيعية التي يتم سحبها من الأنهار والجداول والأهوار، والمياه الجوفية التي تسحب من باطن الأرض عن طريق حفر الآبار لتغطية إستخداماته المختلفة، حيث يعد الماء من الضروريات الأساسية للعديد من الجوانب الإقتصادية كالصناعة والزراعة والنقل، والجوانب الحياتية كمياه للشرب فضلاً عن إستخداماته المنزلية الأخرى.

إن الماء حتى في وضعه الطبيعي لا يكون نقياً تماماً ، فمياه الأمطار تجمع أثناء تساقطها كميات كبيرة من الشوائب الموجود في الغلاف الجوي، لذلك فأن مصطلح التلوث يعني وجود مواد في الماء خارجة عن مركباته.

تعتبر مسألة تجهيز سكان المدن بمياه الشرب النقية وتزويد الأراضي الزراعية والصناعات المختلفة بالمياه الصالحة للإستعمال والخالية من الشوائب والملوثات من المشاكل المعقدة في الوقت الحاضر، إذ تعتبر مشكلة قلة المياه ومدى صلاحيتها للإستعمال من المشاكل التي تواجهها المناطق الجافة، وهذا ما تعانيه المناطق الرطبة أيضاً.

إعتماداً على الجرف القاري Continental Shelf تصنف المياه إلى صنفين:

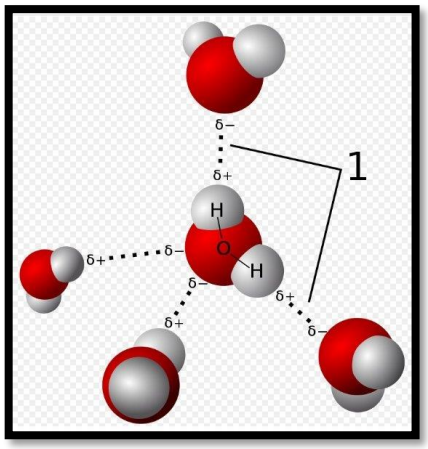
١. **المياه الداخلية Inland waters:** وتشمل جميع الأجسام المائية داخل الجرف القاري وتقسم إلى محورين، هما:
   - المياه السطحية Surface waters: وتتمثل بالأنهار والبحيرات والبرك.
   - المياه الجوفية Ground waters: وتصنف إلى مياه جوفية سطحية ومياه جوفية عميقة.
٢. **المياه البحرية Marine waters:** وتشمل الخلجان والبحار والمحيطات.

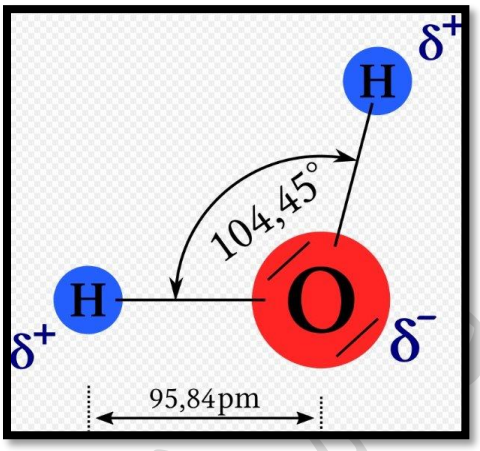
وعلى هذا الأساس فإن المياه الصالحة للشرب لاتمثل سوى 0.01 % من المياه العذبة، وبالنظر للتزايد المضطرد لنمو السكان في العالم وإنخفاض حصة الفرد من المياه الصالحة للشرب، بات موضوع حماية المياه من التلوث والإهتمام بها من الضرورات القصوى في وقتنا الحاضر.

خواص الماء الكيميائية والفيزيائية Water Chemical and Physical Characteristics

١- الرابطة التساهمية القوية:

إن البناء الفريد للماء يجعل جزيئاته متماسكة ومرتبطة بروابط هايدروجينية، ويصبح كل جزئ مرتبط بأربعة جزيئات مجاورة، وكل منها بأربعة، وهكذا تبدو جميع الجزيئات مرتبطة ببعض في شبكة فراغية متماسكة تدعى بالترتيب اللاخطي مما يعطي للماء إستقراره الحراري، ولولا هذا الترتيب لكانت درجة غليان الماء أقل من 100 درجة مئوية بكثير، وفقاً لوزنه الجزيئي الصغير ولاستحال وجود الماء بأشكاله المختلفة على سطح الأرض ولاستحالت الحياة.





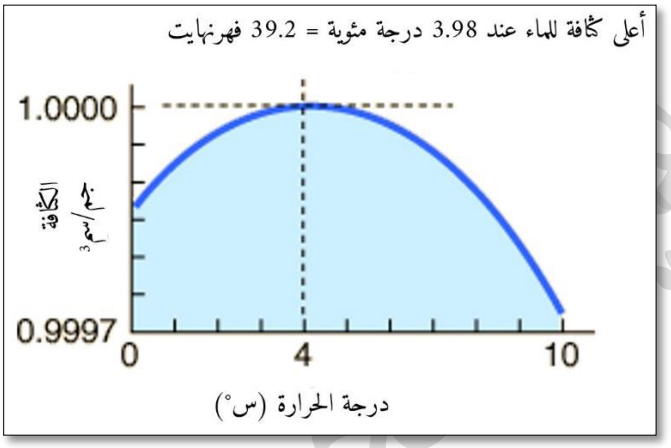
٢- **السعة الحرارية الكبيرة للماء:**

من المعلوم أن درجة غليان الماء مرتفعة، وذلك لقوة رابطته التساهمية، لذلك فهو يمتص قدرة حرارية كبيرة لكي يتبخر، حيث أن كل غرام من الماء السائل يحتاج إلى 540 سعرة ليتحول إلى بخار. وهذه الخاصية تعطي الماء دوراً فريداً في نقل القدرة من مكان لآخر، فالماء الذي يتبخر في المحيطات تسوقه الرياح مئات وآلاف الكيلومترات إلى أماكن باردة، وعندما يبرد البخار ويتحبب يتساقط على شكل قطرات مطر وينشر معه الطاقة التي إمتصها أثناء تبخره فيساهم في رفع درجة الحرارة في تلك المناطق، وتلطيف حرارة الجو في مناطق أخرى وكذلك أثناء تساقط الثلوج، وهذه الحرارة المنتشرة هي كبيرة إذا ما علمنا أنه يتبخر حوالي 520 ألف كيلومتر مكعب من الماء سنوياً.

٣- **تمدد الماء عند تصلبه:**

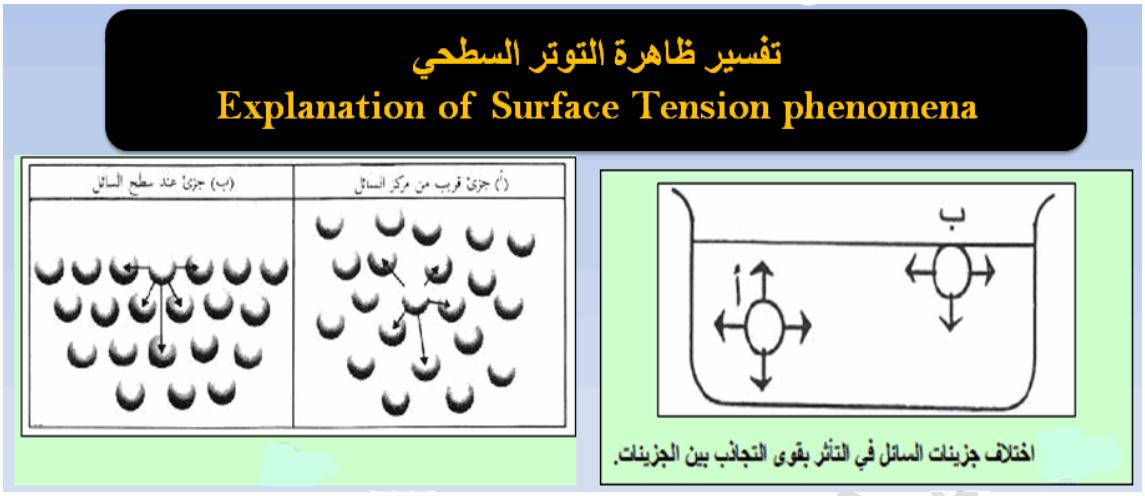
من المعروف أن كل الجوامد يتقلص ويتناقص حجمها عندما تبرد، وهذا ينطبق على جميع أنواع السوائل المعروفة على السواء عندما تتناقص درجة حرارتها، وأثناء ذلك يتناقص حجمها، وأثناء تناقص حجمها تزداد كثافتها، وبالتالي تغدو الأجزاء الباردة من السائل أثقل، لكن توجد حالة واحدة لا ينطبق فيها هذا القانون وهي حالة الماء. فهو مثل جميع السوائل يتقلص في الحجم كلما صار أبرد، ويفعل ذلك فقط مادامت درجة حرارته فوق أربع درجات مئوية، ولكن ما أن يصل إلى أربعة درجات مئوية فإنه يبدأ بالتمدد خلافاً للسوائل المعروفة، وأخيراً عندما يتجمد فإنه يتمدد أكثر من ذلك، ونتيجةً لتصلب الماء وتمدده يصبح وزنه أخف من الماء السائل فيطفو على سطح الماء. ولهذه الخاصية فائدة عظيمة للكائنات المائية التي تعيش في المناطق الباردة والمتجمدة، فعندما تنخفض

درجة حرارة الماء في فصل الشتاء ضمن الأحواض المائية (نهر أو بحيرة أو بحر) - نتيجةً لإنخفاض درجة حرارة الغلاف الجوي المحيط - تتجمد طبقة الماء السطحية فتتمدد ويخف وزنها فتطفو على سطح الماء الأعلى كثافةً وتشكل عازلاً طبيعياً بين الغلاف الجوي البارد والماء أسفل الحوض فتساهم تلك الخاصية في خفض درجة حرارة الماء بإعتدال مما يحول دون تجمد الحوض المائي، فيساهم هذا العازل الطبيعي – إضافةً إلى الحرارة المنتشرة من تجمد الجليد – على تلطيف حرارة الماء والمحافظة على حياة الأحياء المائية وتجنيبها خطر التجمد والموت.



٤- التوتر السطحي (الشد السطحي) للماء:

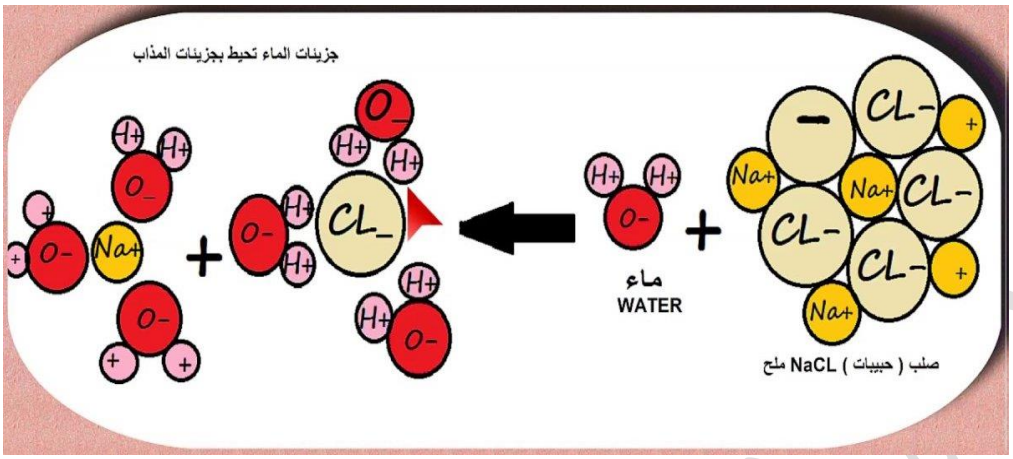
وتكون قيمتها عالية عادةً نتيجةً لقوى التجاذب بين جزيئات الماء، إذ يلاحظ أن قيمة التوتر السطحي للماء عالية جداً وتبلغ 72 ملي نيوتن/ متر وهي تفوق الضغط الجوي، فهذه الخاصية هي التي تجعل الماء يرتفع بنفسه في الأوعية الشعرية في الأشجار وتعرف بالخاصية الشعرية، فيحمل الماء من خلالها الغذاء إلى الخلايا النباتية حتى إرتفاعات عالية، كما أنها هي المسؤولة عن تحريك الماء في المسامات والفراغات والأقنية والشقوق الدقيقة في التربة والصخور نحو الأعلى حتى تتساوى قوة التوتر السطحي للماء مع قوة الجاذبية الأرضية مما يسهل على جذور النباتات الحصول على الماء في المناطق الجافة والصحراوية. وهي نفس الخاصية التي تمكن بعض الحشرات الصغيرة من السير على الماء مثل البعوض.



٥- **قيمة ثابت العزل الكهربائي للماء:**

وترتبط بقابلية الماء على الإذابة، وتعتبر قيمة ثابت العزل الكهربائي للماء عالية جداً في جزيئات الماء، حيث تكون مراكز الشحنات الموجبة والسالبة منزاحة كثيراً عن بعضها البعض، فنلاحظ أنه عند غمر جسم ما في الماء، نلاحظ أن القوى الناشئة بين الجزيئات أو الذرات على سطح هذا الجسم تضعف تحت تأثير الماء مئة مرة تقريباً، فإذا أصبحت الرابطة بين الجزيئات غير قادرة على مقاومة هذه القوة تبدأ جزيئات الجسم أو ذراته بالإنفصال عن سطحه والإنتقال إلى الماء، ويبدأ الجسم عندئذٍ بالذوبان حيث يتفكك إلى جزيئات مستقلة كما يحدث للسكر عند ذوبانه في كوب الشاي، أو يتفكك إلى جسيمات مشحونة (أيونات) كما يحدث لملح الطعام.

ويعتبر الماء بفضل ثابت عزله الكهربائي الكبير جداً، من أقوى المذيبات، فبإستطاعته أن يذيب عدد كبير من الصخور الملحية على سطح الأرض. ويفتت الماء الغرانيت ببطئ ويسحب أو يمتص منه الأجزاء السهلة الذوبان فتحمل مياه الأنهار والجداول والسواقي الشوائب المنحلة فيها وتقذفها إلى المحيطات التي تتراكم فيها الأملاح والشوائب على مدى العصور، لذلك تكون مياه البحار والمحيطات مشبعة بالأملاح والمعادن والشوائب التي بدورها تمنع المياه أن تتحول إلى مستنقعات فتموت بالتالي معظم الأحياء البحرية. ولهذه الخاصية أهمية كبيرة للنبات، فالماء يذيب الأملاح والمعادن والشوائب الضرورية لحياة النبات والتي تنتقل عبر الأنابيب الشعرية لتصل إلى الخلايا النباتية.



٦- **المفعول (الأعلى، الأخفض) للتجمد:**

تتجمد السوائل عادةً من الأسفل نحو الأعلى، لكن الماء على العكس، فهو يتجمد من الأعلى نحو الأسفل، وهذه أول خاصية غير مألوفة للماء وتعد حاسمة لبقاء الماء على سطح الأرض. وإذا لم تكن تلك الخاصية محققة، أي إذا كان الجليد لايطفو فكثير من ماء كوكبنا سوف يحتجز بشكل جليد، وعندئذٍ تصبح المياه غير ممكنة في بحارها وبحيراتها وبركها وأنهارها.

توجد العديد من الأماكن في الأرض حيث تهبط درجات الحرارة في الشتاء إلى ما دون الصفر المئوي، ومثل هذا البرد سيؤثر في ماء البحار والبحيرات، فتأخذ تلك العوالم المائية بالتبرد شيئاً فشيئاً وتبدأ أجزاء منها بالتجمد، فإذا كان الجليد لا يسلك الطريق التي يسلكها عادةً وهي أنه يطفو، فالجليد سوف يغرق للأسفل بينما الأجزاء الأدفئ من الماء سوف تصعد للسطح وتتعرض للهواء الذي درجة حرارته ما زالت تحت التجمد، فيحدث تجمد تالي وهكذا تغرق كلها إلى الأسفل، وسوف تستمر هذه العملية حتى لا يصبح هناك ماء سائل موجود على الإطلاق، لكن ليس ذلك هو ما يحدث بالفعل، بل أن ما يحدث هو شئ آخر مختلف وكالتالي: أثناء تبرد الماء يتزايد الماء في ثقله حتى تصل درجة حرارته إلى 4 درجة مئوية وعند تلك النقطة يحدث تغير مفاجئ لكل شئ، فبدلاً من حدوث تقلص للماء فإنه يبدأ بالتمدد ويصبح وزنه أخف مع هبوط درجة الحرارة، والنتيجة هي أن الماء ذي الدرجة (4 مئوية) يبقى في الأسفل والماء ذي الدرجة (3 مئوية) يكون فوقه، وماء الدرجة (2 مئوية) فوقه وهكذا بالتدريج حتى الوصول إلى السطح، وحينها تكون درجة حرارته هي الصفر المئوي فقط وهنا يحدث التجمد، أي أن السطح فقط هو الذي يتجمد، أما طبقة الماء ذات الدرجة (4

مئوي) فإنها تبقى سائلة تحت الجليد، وهي كافية لإستمرار حياة المخلوقات والنباتات تحت سطح الماء.

ويجب أن نشير هنا إلى أن الناقلية الحرارية للجليد والثلج تعد منخفضة عادةً، وتعتبر حاسمة في هذا الموضوع. إذ بسبب كونها ضعيفة جداً للنقل الحراري فإن طبقات الجليد أو الثلج تحتفظ بحرارة الماء في الأسفل وتمنعها من الهروب إلى الجو، ونتيجةً لذلك فحتى لو هبطت درجة حرارة الهواء لما دون الصفر المئوي – وليكن 0.5 درجة مئوية – فطبقة الجليد في البحر سوف لن يزيد سمكها عن متر أو مترين لدى المخلوقات التي تقطن المناطق القطبية مثل الفقمة والبطريق، فهي تستفيد من ذلك للوصول إلى الماء أسفل الجليد.

سؤال// ماذا سيحدث لو كان الماء لايسلك هذا الطريق وإنما سلك طريقاً نظاميةً بدلاً من ذلك؟ ولنفرض أن الماء إستمر في تكثفه مع إنخفاض درجة حرارته وأن سلوكه هذا يماثل بقية السوائل الأخرى كلها وأن الجليد غرق إلى الأسفل، فماذا يحدث عندئذٍ؟

الجواب// في هذه الحالة فإن عملية التجمد في البحار والمحيطات ستبدأ من الأسفل وتتابع كل الطريق نحو الأعلى بسبب عدم وجود طبقة من الجليد على السطح لتمنع الحرارة الباقية من النجاة والهروب للجو. وبمعنى آخر فإن معظم بحيرات الأرض والبحار والمحيطات سوف تصبح جليداً صلباً مع بقاء طبقة من الماء سمكها بضعة أمتار على سطح الجليد وليس تحته، وحتى لو تزايدت درجة حرارة الهواء فإن الجليد في الأسفل سوف لن ينصهر كلياً بشكل مطلق.

٧- **اللزوجة المثالية للماء:**

إذا فكرنا في السوائل التي نتعامل معها نجد أن لتلك السوائل درجات عالية من الإختلاف في لزوجتها، فلزوجة القطران والكليسرين وزيت الزيتون وحامض الكبريتيك هي أمثلة تختلف عن بعضها بشكل كبير، وعندما نقارن مثل تلك السوائل بالماء يصبح هذا الفرق أكثر بشكل كبير، فالماء أكثر سيولة بعشرة ملايين مرة من القطران، وبألف مرة من الكليسرين، ومئة مرة من زيت الزيتون، وعشرين مرة من حامض الكبريتيك. ومن هذه المقارنة نكتشف بأن للماء أقل لزوجة ممكنة عن سواه من المواد السائلة، لأنه في الحقيقة – وإذا إستبعدنا قليلاً من المواد مثل الإيثر والهيدروجين السائل – نجد أن لزوجة الماء هي أقل من أية مادة أخرى ماعدا الغازات.

إذن هل لإنخفاض لزوجة الماء أية أهمية لنا؟ هل ستكون الأشياء مختلفة إذا كان ذلك السائل الحيوي أكثر قليلاً أو أقل قليلاً في لزوجته؟ " سيكون تلاؤم الماء أقل إذا كانت لزوجته منخفضة جداً، وستتعرض النظم الحياتية لحركات عنيفة بتأثير قوى غاية في الشدة إذا كانت لزوجة الماء منخفضة جداً مثل لزوجة الهايدروجين السائل، وإذا كانت لزوجة الماء أقل من ذلك أيضاً فالتركيبات الدقيقة سوف تتمزق بسهولة، وعندئذٍ لن يكون الماء قادراً على دعم أي تركيبات مجهرية معقدة دائماً، وحينها لا يعود التركيب الجزيئي الدقيق للخلية موجوداً. فإذا كانت اللزوجة أعلى ستكون فعاليات العضيات مثل المايتوكوندريا أو العضيات الصغيرة غير ممكنة، ويصح القول في ذلك أيضاً على عمليات إنقسام الخلية، وستكون عندئذٍ كل النشاطات الحيوية للخلية متوقفة، وكذلك فإن تطور الأعضاء والتي تعتمد بشكل جدي على قدرة الخلايا على الحركة والدوران خلال مراحل تكوين الجنين، وسيكون ذلك بالتأكيد غير ممكن إذا كانت لزوجة الماء أكبر حتى بقليل مما هي عليه في الواقع".

إن إنخفاض لزوجة الماء هو شئ أساسي ليس فقط من أجل الحركة الخلوية ولكن أيضاً من أجل نظام الدوران الدموي، فلكل مخلوق حي جسمه أكبر من ربع ملليمتر واحد نظام دورة دموية مركزي والسبب في ذلك هو أن كل كائن حي له حجم مختلف وليس من الممكن أن ينتشر الغذاء والأوكسجين عبر أعضائه ببساطة، لأنه لايمكن إدخالهم للخلية مباشرةً كما لايمكن تفريغ منتجاتهم الأخرى. بالإضافة إلى أنه يوجد في العضو العديد من الأنسجة المتكونة من الخلايا ومن الضروري أن يصل إليها الأوكسجين والطاقة، إذ يتم ذلك بدخولهما وتوزعهما بالضخ عبر أقنية من نوع ما، كما توجد أقنية أخرى ضرورية لتحمل الفضلات بعيداً، وتلك الأقنية بنوعيها الأوردة والشرايين تشكلان جهاز الدوران. أما القلب فهو المضخة التي تحفظ حركة هذا النظام بينما يحمل المادة عبر هذه الأقنية سائل يدعى الدم ومعظمه ماء، والذي يشكل 95% من بلازما الدم – وهي المادة المتبقية بعد إزالة خلايا الدم والبروتينات والهرمونات من الدم. وهذا هو السبب في أن للزوجة الماء أهمية كبيرة جداً، فهي تسهل وظيفة النظام الدوري الدموي في الأعضاء الحية، فإذا كانت لزوجة الماء كبيرة مثل تلك التي للقطران فبالتأكيد لايستطيع أي قلب أن يضخ سوائل بهذه اللزوجة، أما إذا كانت لزوجة الماء مثل لزوجة زيت الزيتون والتي هي أقل من القطران فالقلب قد يتمكن من الضخ لكنها ستكون عملية صعبة جداً والدم سوف لن يتمكن من الوصول إلى كل البلايين من الأنابيب الشعرية والملتفة طرقها عبر أجسامنا.

القطبية Polarity: هي جاذبية الذرة للإلكترونات، ويعتبر الماء مركب قطبي بسبب عدم التوازن في التوزيع الإلكتروني في ترابط الهايدروجين مع الأوكسجين، بينما يعتبر الميثان مركب غير قطبي بسبب التوازن في التقاسم الإلكتروني بين الكاربون والهايدروجين. تؤثر القطبية الكهربائية على العديد من الخصائص مثل التوتر السطحي والإنحلالية إضافةً إلى نقطتي الغليان والإنصهار.

المذيبات القطبية: هي المذيبات التي تتكون جزيئاتها من ذرات مختلفة في السالبية الكهربائية وبذلك يكون تركيز الشحنات مختلفاً عبر أطراف الجزئ مثل الماء، الذي له قطب سالب من ناحية الأوكسجين حيث تتركز الإلكترونات وله قطب موجب من ناحية الهايدروجين، لذلك يسمى مذيباً قطبياً. ومن الجدير بالذكر أن المذيبات القطبية تستطيع إذابة الجزيئات القطبية فقط.

تعريف تلوث المياه:

هو التغيرات غير المرغوبة في الخصائص الطبيعية للمياه (الفيزيائية والكيميائية والبايولوجية) الناتج عن إضافة أو طرح مادة أو طاقة بفعل الإنسان، ويقاس تلوث المياه بمدى صلاحيتها للإستخدامات البشرية المختلفة المفيدة

ومن ناحية التطبيق العلمي الصديق للبيئة فإن حماية المياه أسهل وأرخص بكثير من معالجتها بعد تلوثها، إستناداً إلى مبدأ "الوقاية خير من العلاج".

مصادر تلوث المياه:

إن أي جزء من أجزاء الدورة الهايدرولوجية يمكن أن يعتبر مصدراً للتلوث، إلا أن نشاطات الإنسان على سطح الأرض هي المصادر الأساسية للتلوث. حيث تتعدد المصادر التي يمكن أن تسبب تلوثاً في المياه والمجاري المائية، وتجعلها غير صالحة للإستخدامات البشرية المختلفة وتسبب أضراراً بالنظم البيئية. وتختلف مصادر الفضلات السائلة بإختلاف أوجه إستخدام المياه، وتتنوع بتنوع النشاط الزراعي والصناعي والتجاري، وإستعمال المياه في المنازل للغسيل والنظافة الشخصية وغيرها من أوجه الإستهلاك.

تتعرض المياه في الطبيعة الى خطر ظهور المركبات الغريبة كالمبيدات، أو زيادة واحد أو أكثر من المكونات الطبيعية كالأملاح عن حدودها الطبيعية، بما يؤدي الى إحداث تأثيرات ضارة على الإنسان أو

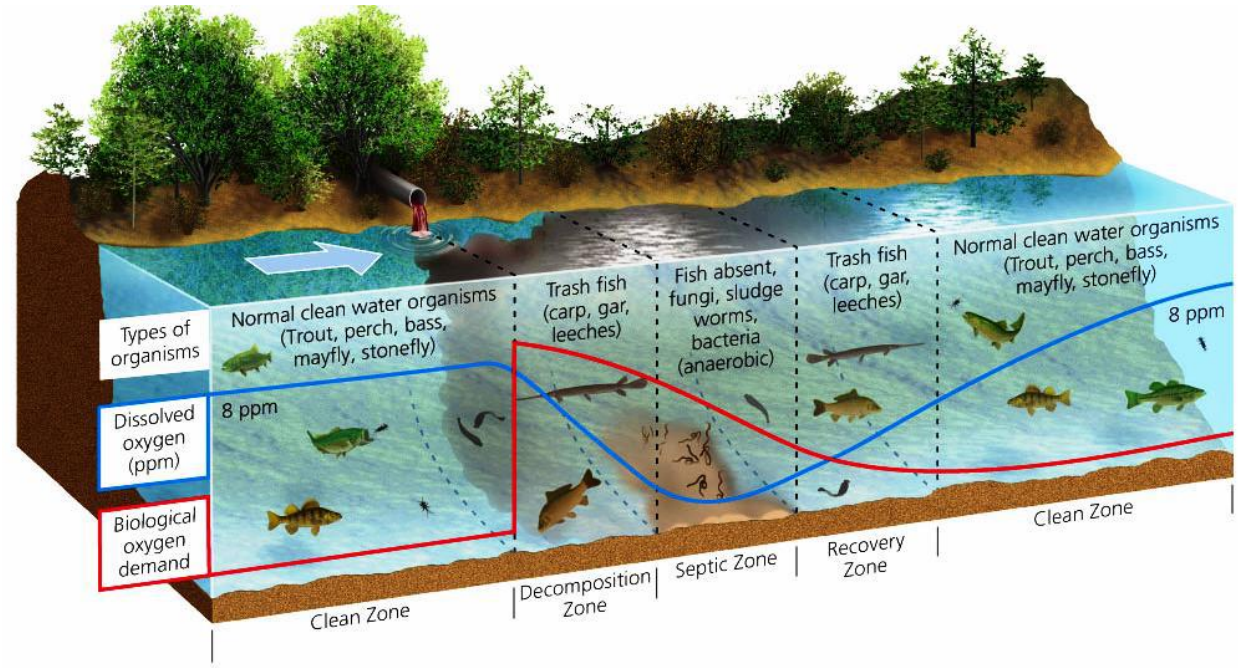
الأحياء المائية، أو تشويه المعالم الطبيعية، هذا التعرض يمكن أن يكون على شكلين مختلفين إحداهما طبيعي والآخر تحت تأثير الإنسان.

- **التلوث الطبيعي المنشأ (Natural Pollution):** ويسمى أحيانا بالتلوث ذو المنشأ الأرضي أو الجيولوجي (Geogenic pollution) ، ويقصد به ظهور أو زيادة المكونات الطبيعية في المياه كالأملاح اللاعضوية بأنواعها والطمى والغرين والغازات الكبريتية الذائبة والحرارة والإشعاع وما إلى ذلك، ولا يكون للإنسان شأناً في زيادتها بل تحدث نتيجة العوامل الطبيعية كالأمطار الغزيرة والسيول وثورات البراكين في قعر البحار، وأغلب هذه الملوثات تكون غير سامة عادةً رغم وجود تأثيرات ضارة مختلفة لها على الأحياء المائية، كما يكون التلوث الناتج ضمن قدرة الطبيعة على أن تتخلص منه في غالب الأحيان، ما عدا المواد المشعة وبعض الملوثات الطبيعية الأخرى.
- **التلوث البشري المنشأ (Anthropogenic Pollution):** وهي التغيرات الحاصلة في المياه بسبب النشاط البشري سواء كان صناعياً أو زراعياً أو ضمن معيشة الإنسان في حياته اليومية العامة.

ويمكن تقسيم مصادر تلوث المياه من حيث تولدها إلى: نقطية وغير نقطية (منتشرة).

- **مصدر نقطي Point Source:** وهي نقاط التصريف للمياه الملوثة بأنواعها المنزلية والصناعية وقنوات الري والبزل وما شاكل ذلك، والتي يمكن تأشيرها على الخارطة بنقطة محددة، مثل أنابيب تصريف المخلفات السائلة كالصرف الصحي والصرف الصناعي.

- **مصدر غير نقطي Non-Point Source:** وهي جميع ما يؤدي إلى ظهور ملوثات غير معلومة المنشأ أو المصدر، مثل سقوط المطر الحامضي والإنسياب السطحي من الأراضي الزراعية.



شكل تخطيطي يوضح تأثير مصادر المياه النقطية الملوثة على التنوع الأحيائي للكائنات وقيم كل من BOD والأوكسجين المذاب

ويمكن تقسيم نوعية المياه في المصادر المائية في العالم إلى خمس فئات رئيسية وهي كما في الجدول التالي، وتحمل الأرقام (1 – 5)، وتتدرج من النوعية الأعلى وفئتها تحمل الرقم (1) وهي مياه الينابيع والعيون الجبلية الناتجة مياهها عن ذوبان الجليد والثلوج وتنتهي بالفئة (5) وهي أردئ النوعيات.

الوصف	الفئة	الإستخدامات والصلاحية
نوعية عالية High quality	1	مياه نقية تستخدم للشرب وبقية الإستخدامات مثل مياه الينابيع الجبيلة
نوعية جيدة Good quality	2	مياه نقية وبدرجة أدنى من الفئة 1 وتستخدم بعد تصفية وتعقيم بسيط
نوعية معتدلة Fair quality	3	مياه حاوية على ملوثات غير سامة تزال بتصفية متقدمة وتستخدم للري وتربية الأسماك
نوعية ضعيفة Poor quality	4	مياه ملوثة بواحد أو أكثر من الملوثات، تعالج وتستخدم لبعض الأغراض الصناعية
نوعية رديئة Bad quality	5	مياه ملوثة بعدة ملوثات خطرة أو سامة

ملوثات المياه الرئيسية:

كما تناولنا سابقاً فإن أي تغير في خواص الماء من شأنها أن تجعله غير صالح للإستخدامات المعروفة أو لمعيشة الكائنات المائية يعد ملوثاً، وتمثل الملوثات التالية الملوثات الرئيسية للمياه:

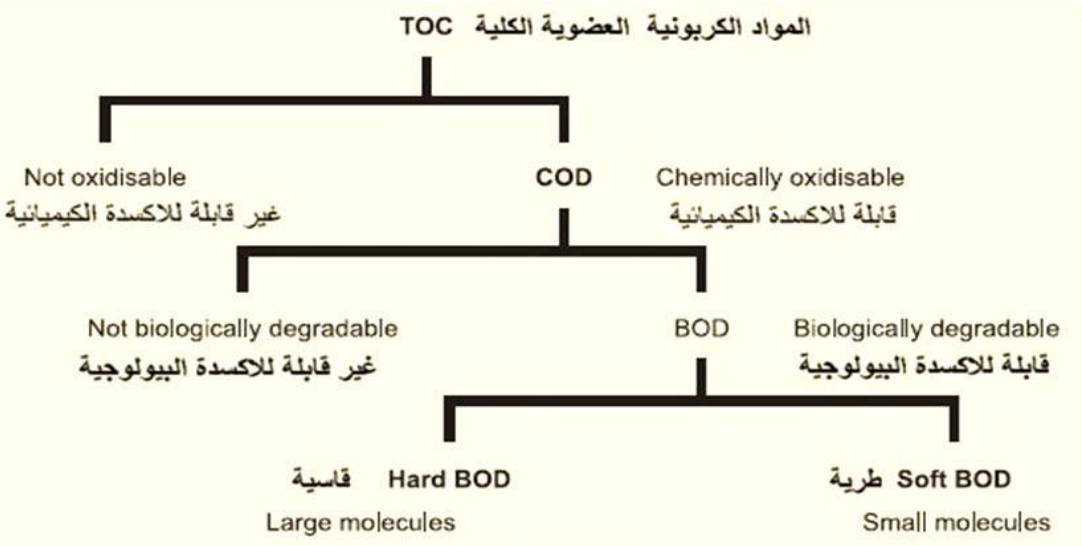
١. مياه الصرف والفضلات الأخرى التي تتطلب الأوكسجين Oxygen Demanding Wastes.
٢. العوامل المعدية Infection agents.
٣. الكيمياويات العضوية المصنعة Synthetic Organic Chemicals.
٤. المغذيات النباتية Plant nutrients.
٥. الكيمياويات غير العضوية والمواد المعدنية Inorganic chemicals and mineral substances.
٦. الترسبات Sediments.
٧. المواد المشعة Radioactive substances.
٨. التلوث الحراري Thermal pollution.

أولاً: مياه الصرف والفضلات الأخرى التي تتطلب الأوكسجين Oxygen Demanding Wastes

وتشمل المركبات العضوية القابلة للتحلل الحيوي Bio-degradation، والتي تتواجد في مياه المجاري المنزلية وبعض المتدفقات الصناعية. وعندما تتحلل هذه المركبات عن طريق البكتيريا خاصةً الهوائية فإن الأوكسجين سوف يزال من المياه وبذلك تتأثر الأحياء المائية التي تعتمد في تنفسها عليه، ومن المعلوم أن هناك أربعة عمليات تؤثر في نسبة الأوكسجين المتوافرة في المياه وهي:

١. الإحتكاك ٢. البناء الضوئي ٣. التنفس ٤. أكسدة الفضلات

حيث تزيد العمليتان الأولى والثانية نسب الأوكسجين، في حين تعمل الثالثة والرابعة على إنقاصه. ويقاس هذا النوع من التلوث عن طريق معرفة كمية الأوكسجين الجزيئي الذائب في الماء واللازم لتحليل المواد العضوية، إن الفحص المعياري لذلك هو إختبار المتطلب الحيوي للأوكسجين Biochemical Oxygen Demand (BOD) ويعبر عما تستهلكه الأحياء المجهرية الهوائية المعيشة (البكتيريا والخمائر) من الأوكسجين اللازم لتنفسها أثناء تحليلها للمواد العضوية. أما المتطلب الكيمياوي للأوكسجين Chemical Oxygen Demand (COD) فهو كمية الأوكسجين اللازمة لأكسدة المواد العضوية القابلة للتحلل أو غير القابلة للتحلل الحيوي، وذلك بإستخدام عوامل مؤكسدة قوية، وتكون قيمة COD أكبر من قيمة BOD لأنها تحتاج إلى كمية أكبر من الأوكسجين للتحلل.



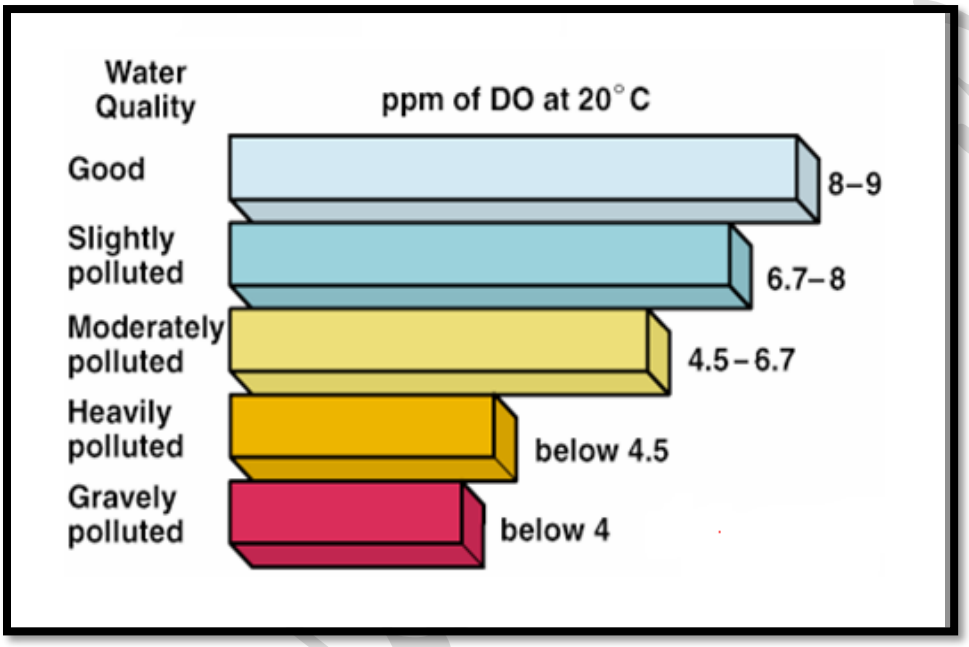
إن للتلوث بالمواد العضوية تأثيرات عديدة على النظام البيئي الذي يتواجد فيه، وأهم التأثيرات التي تحدثها المواد العضوية على الماء هي ما يأتي:

- التأثير على تبادل وإتزان الأوكسجين الذائب في الماء.
- التأثير على الصفات والخواص الكيميائية للمجاري المائية.
- التأثير على نواتج البناء والهدم.
- التأثير على تنوع الأحياء المائية والتأثير على الكائنات الحية المائية.

تزداد كمية الأوكسجين المذاب في الماء كلما إنخفضت درجة الحرارة، وتبلغ هذه الكمية في ماء مشبع بالأوكسجين 9.2 ملغم/ لتر في درجة حرارة 20 مئوي. ولهذه الكمية أهمية كبيرة في تخليص الماء من المواد العضوية، فالكاربون يتحول إلى ثاني أوكسيد الكاربون، والفوسفور يتحول إلى فوسفات، والكبريت إلى كبريتات، والنيتروجين يتحول إلى نترات وأمونيا، وبالعكس عندما تكون الكمية غير كافية من الأوكسجين المذاب فالكاربون يتحول إلى ميثان، والنيتروجين يتحول إلى أمينات ذات رائحة خاصة، والكبريت يتحول إلى كبريتيد الهايدروجين.

عند إنخفاض تركيز الأوكسجين الذائب في المياه وإقترابه من الصفر تبدأ البكتيريا الهوائية (Aerobic bacteria) التي تتنفس الأوكسجين الذائب بالتحوّل إلى الصورة اللاهوائية، وتسمى بهذه الحالة بالبكتيريا اللاهوائية (Anaerobic bacteria) وفيها تستخدم هذه البكتيريا الأوكسجين الموجود في بعض المركبات لتقوم بإكمال عملية أكسدة المواد العضوية.

وعليه كلما زاد تركيز المواد العضوية في المياه كلما إنخفض تركيز الأوكسجين الذائب في المياه. ومن المعروف أن نسبة تحلل المواد العضوية تزداد مع إرتفاع درجة الحرارة، لذلك فإن العلاقة بين الأوكسجين المذاب DO ودرجة حرارة المياه هي علاقة عكسية . ويعتبر تركيز الأوكسجين المذاب في المياه دليلاً على جودة المياه وكما في الشكل الآتي:



بالإضافة إلى طريقة الأوكسجين الذائب في الماء DO، تعد طريقة الأوكسجين الحيوي الممتص (المستهلك) BOD من أشهر الطرق للكشف عن كمية المواد العضوية الملوثة للماء والمستهلكة للأوكسجين من قبل المخلفات البشرية والصناعية التي تصل للمسطحات المائية. إن أكسدة المواد العضوية من قبل البكتيريا يؤدي إلى إستهلاك جزء من الأوكسجين الذائب في المياه إلى الحد الذي قد يؤثر على الحياة في البيئة المائية نفسها، ويبلغ الأوكسجين الحيوي الممتص في المياه الصافية حتى 5 ملغم \ لتر، وتزداد قيمته مع زيادة تركيز المواد العضوية في الماء، وقد يصل لعدة آلاف كما هو الحال في المخلفات الصناعية. أي أنه كلما زادت قيمة الأوكسجين الحيوي الممتص قل تركيز الأوكسجين الذائب في المياه لإستهلاك الكائنات الدقيقة الهوائية له لغرض أكسدة المواد العضوية بايولوجياً. والجدول التالي يبين بعض أنماط تقسيم الأنهار حسب قيمة الأوكسجين الحيوي الممتص والمواد الصلبة العالقة وكمية الأوكسجين الذائب (إذ أن هذه القيم تقيس درجة التلوث).

نمط النهر	الأكسجين الحيوي الممتص BOD mg/l	المواد الصلبة العالقة T.S.S mg/l	الأكسجين الذائب D.O %
نظيف جدا	اقل من ١	اقل من ٤	٩٠
نظيف	٢	١٠	٩٠-٧٥
نظيف نسبيا	٣	١٥	٧٥-٥٠
مشكوك فيه	٥	٢١	اقل من ٥٠
ضعيف	٧,٥	٣٠	اقل من ٤٠
سيئ	١٠	٣٥	-
سيئ جدا	٢٠	٤٠	-

ويلاحظ من الجدول بأنه كلما زادت قيم مؤشرات التلوث العضوي وهي الأوكسجين الحيوي الممتص والمواد العالقة زادت درجة تلوث النهر، بينما يدل الأوكسجين الذائب على نظافة النهر من الملوثات العضوية، فكلما كان مستوى الأوكسجين الذائب مرتفعاً وقريباً من مستوى درجة تشبع النهر بالأوكسجين دل ذلك جودة مياه النهر وخلوها من التلوث العضوي الذي يعد أمثل الملوثات استهلاكاً للأوكسجين الذائب.

ثانياً: العوامل المعدية Infection agents

يعتبر التلوث الحيوي أو البايولوجي من أقدم صور التلوث التي عرفها الإنسان، وينشأ هذا التلوث نتيجةً لوجود كائنات حية مرئية أو غير مرئية نباتية أو حيوانية كالبكتيريا والفطريات وغيرها في الوسط البيئي كالماء أو الهواء أو التربة، فإختلاط الكائنات المسببة للأمراض بالطعام الذي يأكله الإنسان أو الماء الذي يشربه أو الهواء الذي يستنشقه، يؤدي إلى حدوث التلوث البايولوجي، مما يؤدي إلى الإصابة بالأمراض. ويحدث التلوث البايولوجي عند التخلص من مياه المجاري والصرف الصحي قبل معالجتها كيميائياً بإلقائها في موارد المياه العذبة، أو بسبب إنتشار القمامة المنزلية في الشوارع دون مراعاة للقواعد الصحية في جمعها ونقلها والتخلص منها بطريقة علمية، أو بسبب ترك الحيوانات النافقة في العراء أو إلقائها في موارد المياه، وكذلك عند عدم إتباع الطرق الصحية في حفظ الأطعمة وتصنيعها مما يعرضها للتلوث.

تحتوي المياه الطبيعية على العديد من الأحياء المجهرية، وإن إزدياد تلك الأحياء المسببة للأمراض في المياه يؤدي إلى التلوث الميكروبي للمياه، تعتبر المياه الواردة من مياه الصرف الصحي والمستشفيات

ومصانع الدباغة والألبان والمجازر وصناعات الأغذية المختلفة من أهم مصادر المياه الحاوية على البكتيريا الممرضة والأحياء المجهرية وحيدة الخلية والطفيليات المعوية والفايروسات والطحالب، مسببةً الأمراض الخطير للإنسان والحيوان على حدٍ سواء. وهذا التلوث يحصل في الغالب عند إختلاط فضلات الإنسان بالماء بطريقة مباشرة عن طريق تصريف الصرف الصحي مباشرةً إلى المسطحات المائية. ويؤدي وجود الملوثات الحيوية في المياه السطحية بكثافات عالية، إلى الإصابة بالعديد من الأعراض المرضية كما في الجدول التالي الذي يبين أهم أنواع البكتيريا الممرضة في المياه والأعراض المرضية التي تسببها:

اسم البكتيريا في المياه	الأعراض المرضية
Escherichia coli	إسهال وحمى وصداع وتلف الكلية
Salmonella	تشنجات معوية وتقيؤ وإسهال
Typhus	حمى شديدة
Streptococcus	آلام في المعدة وإسهال وحمى وأحياناً القيء
Plesiomonas shigelloides	غثيان وأوجاع في المعدة وإسهال وأحياناً حمى وصداع وتقيؤ
Vibrio	الكوليرا
Aeromonas	إسهال ومخاط دموي

يتطلب تشخيص العوامل الممرضة في الماء أخذ عينات كثيرة وعديدة وإستخدام تقنيات معقدة. والطريقة المعيارية المعتمدة هي تحديد العدد الأكثر إحتمالاً Most Probable Number (MPN) للكائنات المعوية القولونية Coliforms في عينة الماء المراد دراستها، وعلى ذلك فإن وجود هذه البكتيريا في المياه هو دليل على تلوثه ببكتيريا مرضية، وقد أعتمدت أعدادها في أي عينة ماء على الصلاحية للإستخدام البشري، لذا فإن عددها 1 خلية/100 مل يعتبر ماء صالح للشرب، و 200 خلية/100 مل يعتبر ماء صالح للسباحة.

(تكملة ملوثات المياه الرئيسية)

ثالثاً: الكيمياويات العضوية المصنعة Synthetic Organic Chemicals

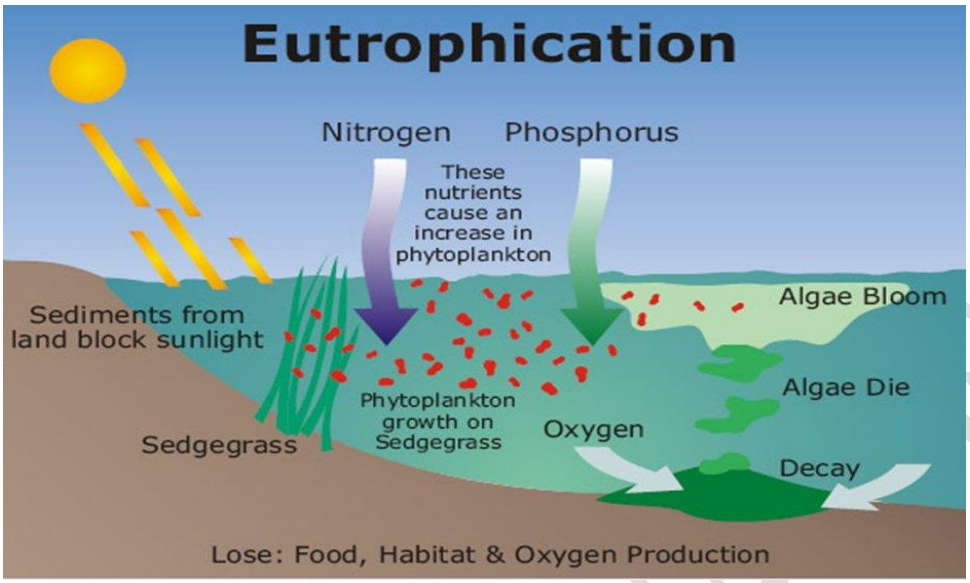
وتشمل المبيدات Pesticides والمنظفات Detergents والكيمياويات الصناعية الأخرى ويعبر عنها بوحدات الجزء بالمليون ppm أو ملغم/ لتر، تحللها بطيء والعديد منها غير قابل للتحلل وقسم منها سام

للسمك بتراكيز واطئة، إن المبيدات بكل أنواعها – سواء كانت مبيدات حشرات Insecticides أو مبيدات أدغال Herbicides أو مبيدات الفطريات Fungicides – فإنها تصل إلى مصادر المياه خلال عمليات الرش، لاسيما على الحقول الزراعية بالطائرات، وخلال تصريف مياه المجاري الصناعية أو المنزلية الحاوية على المبيدات أو مياه محطات المعالجة البيطرية .... إلخ. وتختلف مدة بقاءها في البيئة حيث تتراكم المبيدات في أجسام الحيوانات وقد تنتقل عبر السلسلة الغذائية لتصل إلى جسم الإنسان، فضلاً عن إحتمالية إصابة المبيدات لبعض الأحياء المفيدة غير المقصودة بالمكافحة.

رابعاً: المغذيات النباتية Plant Nutrients

هي العناصر المغذية الأساسية للنباتات Essential elements (أو الأملاح المغذية الأساسية)، والتي تُصرّف من الأراضي الزراعية المخصّبة والمواد المتدفقة من المصانع ومحطات معالجة مياه المجاري. وتقوم هذه العناصر أو المُخَصِّبات بتحفيز نمو العديد من الطحالب والنباتات المائية، ويبرز من بين أهم تلك المغذيات المواد الغنية بالنيتروجين والفوسفور والذي يسبب تجهيزهما وتواجدهما في المياه إلى الحالة التي تسمى بالإثراء الغذائي Eutrophication والتي تحدث طبيعياً أو بتأثير الأنشطة البشرية. ويمكن تعريف هذه الظاهرة بأنها ((زيادة الأملاح المغذية وبصورة خاصة النترات والفوسفات في المسطحات المائية كالأنهار والبحيرات)). وإن مصدر هذه المغذيات بالدرجة الأساس هي المنظفات المتمثلة بمساحيق وسوائل التنظيف بما يتعلق بالفوسفور، والمخلفات الغذائية وخاصةً الألبان ومشتقاتها بالنسبة للنتروجين.

إن زيادة حمل المغذيات Nutrients Loading في المسطحات المائية ينتج عنه ظاهرة الإثراء الغذائي Eutrophication والتي تتمثل بنمو كثيف للطحالب وبالأخص الطحالب الخضراء المزرقة Blue-Green Algae والتي بعد قضاء فترة حياتها تموت وتترسب في القاع وتتحلل مسببةً إنخفاضاً في تركيز الأوكسجين المذاب، إضافةً إلى تغيير الخصائص الطبيعية للمياه كاللون والطعم والرائحة، كما وأن بعض أنواع الطحالب الخضراء المزرقة تعد من الطحالب السامة Toxic Algae. ويبين المخطط التالي كيفية حدوث ظاهرة الإثراء الغذائي.



ولظاهرة الإثراء الغذائي أخطار وآثار سلبية كثيرة نوجز منها ما يأتي:

١) قلة أنواع الأحياء المائية وتغيير في الأنواع عموماً، الأمر الذي قد يؤدي إلى إختفاء بعض الأنواع المهمة إقتصادياً كبعض أنواع الأسماك.
٢) زيادة في الكتلة الحية للنبات والحيوان.
٣) زيادة في كدرة الماء.
٤) زيادة سرعة الترسيب في البحيرات وبالتالي تعجيل شيخوخة البحيرة.
٥) صعوبة معالجة المياه الصالحة للشرب، حيث أن الماء يكون برائحة وطعم غير مستساغين ويصعب معالجتهما صناعياً.
٦) إنسداد محطات قنوات التصفية، فزيادة الأملاح المغذية لها أثر كبير في زيادة إزدهار الطحالب Algae Blooming في المياه الجارية.
٧) تشجع هذه الظاهرة على حدوث ظاهرة إزالة الأوكسجين Deoxygenation، حيث أن إزدهار الطحالب له أثر عكسي، إذ أن وجود الغطاء الأخضر من الطحالب على سطح الماء يجعل الأوكسجين المنتج يُفقد بشكل مباشر إلى الهواء الجوي، بينما تكون طبقة الماء السفلى معزولة، ولذلك فإن النباتات الموجودة في القاع لا تزدهر وفي النهاية عند موت الطحالب تتحلل أجسامها مما يساعد على إستهلاك الأوكسجين من الماء الذي يرافق أي تحلل للمواد العضوية في الماء.

٨) للظاهرة أضرار صحية هامة، حيث أن النترات الذائبة عندما تبقى في الماء بعد عملية التصفية عادةً ما تكون ذات تأثيرات خطرة على الأطفال وصغار الحيوانات، وذلك لأن هذه النترات تتحول إلى نتريت سام في القناة الهضمية لإحتواء القناة الهضمية عند الصغار على بكتيريا مختلفة، وهذا بدوره يتحد مع هيموكلوبين الدم ويكون مركب سام يدعى بـ Methemoglobin ليس له القدرة على نقل الأوكسجين من الرئتين إلى الأنسجة لذلك سيكون ذا تأثير قاتل على الأطفال وتدعى هذه الحالة بمرض إزرقاق الأطفال Methemoglobinemia .

٩) يحد الإثراء الغذائي من إستخدام البحيرات لأغراض السياحة، وكذلك يؤثر على حركة الملاحة في المسطحات المائية.

وإستناداً إلى محتوى المسطحات المائية (البحيرات) من الأملاح المغذية، فيمكن تقسيمها إلى أربعة أنواع هي:

البحيرات الثرية Eutrophic Lakes	البحيرات الفقيرة Oligotrophic Lakes	البحيرات المتوسطة الثراء Mesotrophic Lakes	البحيرات الناقصة التغذية Dystrophic Lakes
* تحوي نسبة عالية من المواد العضوية. * تفتقر إلى الأوكسجين الكافي وينعدم أحياناً في الطبقات السفلى. * تحتوي كائنات حية مختلفة وبكثافة عالية. * أقل عمقاً من البحيرات الفقيرة.	* تحوي كميات قليلة من المواد العضوية. * تتميز بإحتوائها على الأوكسجين بكميات كافية. * تفتقر لوجود الكائنات الحية الكافية نسبةً لحجمها. * بحيرات عميقة والمنطقة الشاطئية صغيرة.	وتمتاز بكون صفاتها وسط بين البحيرات الفقيرة والبحيرات الثرية.	* تحوي مواد عضوية عالقة ومترسبة في قاعها. * ليست عميقة. * تحوي نسبة عالية من المواد الدوبالية لذلك تكون مياهها ذات لون بني وتميل إلى أن تكون حامضية.

خامساً: الكيمياويات غير العضوية والمواد المعدنية Inorganic chemicals and mineral substances

وتشمل الحوامض والقواعد اللاعضوية والمعادن الثقيلة وغيرها من المواد المتدفقة من تصاريف مياه المناجم والمصانع وغيرها. تكون معظم المياه الحامضية المنصرفة من المناجم آتية من مناجم الفحم، كما أن مياه المناجم ذات الخواص القلوية أقل ضرراً من المياه ذات الخواص الحامضية. كذلك قد تحتوي المياه

الحامضية على مركبات فلزية متنوعة، وعموماً فإن هذه الملوثات سوف تؤدي إلى تغيير الأُس الهايدروجيني للمياه حتماً، مؤثراً في النهاية على النظام البيئي للكائنات الحية.

أما بالنسبة للمعادن الثقيلة Heavy metals فإن سرعة تسربها إلى البيئة تعود إلى وفرتها الطبيعية، حيث تتسرب هذه العناصر إلى البيئة المائية عن طريق المخلفات الصناعية وتؤدي إلى تلويثها، كما أن بعضها يأتي عن طريق المطر من الأجواء والبعض الآخر بوساطة الإنجراف والسيول والتعرية الأرضية. وتتسرب هذه العناصر في أنسجة وأجسام الكائنات الحية من نباتات أو حيوانات وغيرها، فتحدث أضراراً مهلكة، وتتمثل خطورة هذه العناصر بعدم إمكانية تفسخها بوساطة البكتيريا والعمليات الطبيعية الأخرى فضلاً عن ثبوتيتها والتي تمكنها من الإنتشار لمسافات بعيدة عن مواقع نشوئها أو مصادرها، ولعل أخطر ما فيها يعود إلى قابلية بعضها على التراكم الحيوي Bio-accumulation في أنسجة وأعضاء الكائنات الحية.

سادساً: الترسبات Sediments

تشمل حبيبات التربة والحبيبات الرملية والمعدنية التي تنجرف من اليابسة لتترسب في قاع الأنهار والبرك والبحيرات وغيرها. وتعمل هذه الترسبات على إخماد الحياة في القاع فتضر كثيراً حياة الحيوانات القاعية كالمحار والمرجان والقواقع والديدان وغيرها، كما أن هذه الترسبات تعمل على طمر قيعان الموانئ والشواطئ وكذلك تُحجز في الخزانات. إن أهم مصادر الترسبات هي أنشطة الإنسان الحضرية والتعدينية مثل حراثة الأراضي وحفرها لغرض إنشاء الأبنية وشق الطرق وغيرها. وللترسبات آثار سلبية عندما تكون عالقة في المياه فهي تقلل نفاذية الضوء مما يؤثر سلباً في عملية البناء الضوئي للهائمات النباتية في عمود الماء، فضلاً عن كونها تجعل المياه غير صالحة للإستعمالات المنزلية والصناعية.

سابعاً: المواد المشعة Radioactive substances

تصل المواد المشعة إلى المياه قادمة من القشرة الأرضية بصورة مباشرة، حيث توجد منتشرة في البيئة بشكل طبيعي دون تدخل الإنسان، غير أن هناك العديد من المواد المشعة من فعاليات الإنسان كعمليات التعدين لخامات المواد المشعة واستعمالاتها في تصنيع الأسلحة النووية أو في إنتاج الطاقة الكهربائية.

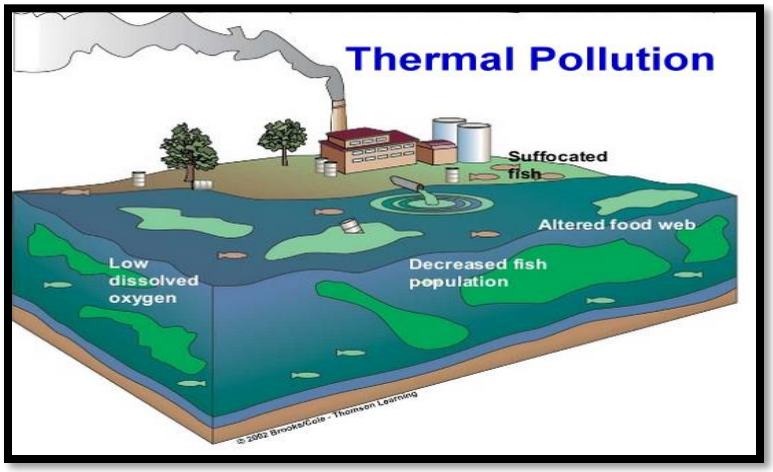
من أهم المواد المشعة وأخطرها على البيئة الثوريوم 320 والراديوم 226 حيث تتسرب هذه العناصر إلى البيئة المائية بفعل الأمطار، وهما يشابهان الكالسيوم في الإمتصاص من قبل العظام، كما أن استخدام المياه في تبريد المفاعلات النووية من أكبر المصادر في تلويث المياه بالمواد المشعة في المناطق ذات العلاقة.

ثامناً: التلوث الحراري Thermal Pollution

" وهو حالة تسلم الحرارة الزائدة في المسطحات المائية من مصادر مختلفة وهذا سوف يؤدي إلى خفض كمية الأوكسجين المذاب في المسطح المائي مما يؤثر على مختلف أشكال الحياة في المياه" .

وتأتي مصادر الحرارة الزائدة من خلال إستخدام المياه في أنظمة التبريد لمحطات توليد الطاقة الكهربائية والمفاعلات النووية ومعامل الحديد والصلب ومعامل تكرير النفط وغيرها من الصناعات التي تطرح في مصادر المياه القريبة كميات هائلة من المياه الساخنة التي ترفع من درجة حرارة تلك المصادر المائية، كذلك مما يساعد على رفع درجة حرارة المسطحات المائية هو إزالة الخضرة من ضفاف الأنهار وإضافة رواسب من التعرية حيث تمتص دقائق الراسب الطاقة الضوئية وتحولها إلى حرارة. ومن تأثيرات التلوث الحراري ما يأتي:

١. إزدياد معدل التبخر للكائن الحي.
٢. زيادة معدلات التفاعل في الكائنات الحية.
٣. تبدل الخصائص الفيزياوية للماء مما يؤثر في كثافة وتركيز الأوكسجين الأمر الذي يؤدي إلى منع الإنقلابات أو تأخر الإنقلاب خاصةً في البحيرات الصغيرة مما يؤثر على إزدهار الطحالب ونضوب الأوكسجين في قعر البحيرة.
٤. تزداد سرعة سباحة الأسماك مع إزدياد درجة الحرارة ثم تبدأ بالتباطؤ.
٥. يزداد إستهلاك الأوكسجين وتزداد ضربات القلب.
٦. تتناقص مقاومة المرض مع إزدياد درجة الحرارة ويزداد معدل الفعالية الجرثومية للبكتيريا.
٧. يشكل إزدياد درجة الحرارة حاجزاً مؤثراً أمام هجرة وتكاثر الأسماك.



ظاهرة إل نينو (El Nino):

يُشير مصطلح النينو في علم المحيطات وعلم المناخ إلى تلك الظاهرة الغريبة التي تتميز بحدوث ظروف محيطية دافئة بشكل غير إعتيادي على طول الساحل الغربي الإستوائي لأمريكا الجنوبية، والتي تتصف بانتقال كتل هائلة من المياه الحارة في المحيط الاستوائي من الشرق إلى الغرب، وهي تحدث كل بضع سنوات، وينتج عن هذه الظاهرة آثاراً ضارة تلحق بصيد الأسماك، والزراعة، والطقس المحلي للمنطقة الممتدة من الإكوادور إلى تشيلي، بالإضافة إلى العديد من التغيرات المناخية البعيدة المدى في منطقة المحيط الهادئ الاستوائية، وأحياناً في آسيا وأمريكا الشمالية.

سبب حدوث ظاهرة النينو:

تحدث ظاهرة النينو بسبب التفاعلات الشديد والقوية بين المحيط والغلاف الجوي، حيث ينتج تغييرات كبيرة تستمر لعدة أشهر في النظام المناخي، ويُستخدم مصطلح "النينو" حالياً لوصف إرتفاع درجة حرارة سطح البحر الذي يحدث كل بضع سنوات، ويتركز عادةً في المنطقة الإستوائية الشرقية الوسطى للمحيط الهادئ، وهو يختلف عن ظاهرة "النينا"، والتي يتعرض فيها سطح البحر لدرجات حرارة أبرد من المعتاد في المحيط الهادي الإستوائي، وتتعاقب موجات النينو والنانا في دورة غير منتظمة على مدى سنين، ويُطلق عليها التذبذب الجنوبي للنينو، وهو مصطلح يُشير لتغيرات الضغط الجوي بين شرق وغرب المحيط الهادئ الإستوائي الذي يصاحب موجات النينو والنينا في المحيط.

الآثار الشائعة لظاهرة النينو:

يوجد العديد من الآثار العالمية المصاحبة لظاهرة النينو، وذلك لأن المياه الدافئة في وسط وشرق المحيط الهادئ الإستوائي تؤثر على الطقس العالمي بشكل كبير، وتشير التقديرات إلى أن ظاهرة النينو التي حدثت في عامي 1982 و 1983 قد ألحقت أضراراً تقُدّر بأكثر من 10 مليارات دولار، الناتجة عن التغييرات في الطقس في جميع أنحاء العالم، تتسبب ظاهرة النينو أيضاً في إرتفاع معدل الهطولات عن المتوسط في المنطقة الجنوبية من الولايات المتحدة، والممتدة من كاليفورنيا إلى ساحل المحيط الأطلسي، ويقل معدل صيد الأسماك في أمريكا الجنوبية عن المعتاد، وتؤثر ظاهرة النينو على الهطول في مناطق أخرى، كإندونيسيا وشمال شرق أمريكا الجنوبية، حيث تصبح فيها البيئة أكثر جفافاً من المعتاد، وتصبح درجات الحرارة في أستراليا وجنوب شرق آسيا أعلى من المتوسط، وقد يؤثر الجفاف الناجم عن ظاهرة النينو على كل من جنوب أفريقيا، وجنوب شرق آسيا، وأستراليا، وجزر المحيط الهادئ.

تلوث المياه العذبة السطحية

تشمل المياه العذبة السطحية (الأنهار والبحيرات)، وهي تتعرض للتلوث بشكل كبير ومباشر مقارنةً مع محاور المياه الأخرى، وذلك بسبب قرب الإنسان ونشاطاته منها.

إن أي جزء من أجزاء الدورة الهيدرولوجية يمكن أن يعتبر مصدر للملوثات أذا كان هناك تغير غير مرغوب في الخصائص الطبيعية للمياه، إلا أن نشاطات الإنسان على سطح الأرض تعتبر المصادر الجوهرية للتلوث.

وتتوقف نسبة تلوث مياه المسطح المائي على عدة عوامل، من أبرزها:

١) كمية مياه الصرف الصحي المطروحة.
٢) سرعة جريان تيار الماء في المجرى المائي.
٣) كمية الأوكسجين الذائب في الماء.
٤) قابلية بعض أنواع الأحياء المجهرية كالبكتيريا على تحليل الملوثات.
٥) كمية الملوثات المطروحة.

مصادر تلوث المياه:

ويمكن أن تضم مصادر تلوث المياه ثلاث محاور هي:

I. **المصادر الزراعية:**

وتتمثل المصادر الزراعية للتلوث بثلاثة عناصر أساسية هي:

١) **المبيدات Pesticides:** والتي تم التطرق إليها بالتفصيل في المحاضرة السابعة، حيث تجد هذه المبيدات طريقها إلى المياه السطحية عند إنجرافها من الترب والأراضي الزراعية المجاورة لتطرح في المياه السطحية بصورة مباشرة مسببةً تلوثها، إذ تحوي هذه المبيدات على مركبات كيمياوية معقدة غير قابلة للتفكك الطبيعي إلا بشروط خاصة وبفترات زمنية متباينة تبعاً لنوع الأحياء المائية وقدرتها على تخزينها في أجسامها. حيث أن للكائنات الحية الحيوانية والنباتية القدرة على تخزين وتركيز هذه المركبات داخل أنسجتها، وعند تناولها من قبل الإنسان تسبب له أمراضاً خطيرة، فمثلاً مركبات الدايوكسين المستخدمة في مكافحة الأعشاب عند دخولها جسم الإنسان وبتراكيز عالية فإنها تعمل على الإضرار بالجملة العصبية وحالات من الشلل وتقرحات جلدية، وفي الحالات المتقدمة قد تؤدي إلى الموت.

٢) **الأسمدة:** بنوعيها الطبيعية الناتجة من فضلات الحيوانات أو المصنعة التي تحتوي على الفوسفور والنتروجين، حيث تتلوث المياه السطحية بهذه الأسمدة عند إستخدامها بشكل مفرط وغير مدروس علمياً وتكوين ظاهرة الإثراء الغذائي، مما يسبب تدهور جودة المياه كما ذكرنا في المحاضرة السابقة، حيث تحتوي مياه الصرف الزراعي على كميات عالية من مركبات النيتروجين والفوسفور والبوتاسيوم الزائدة عن حاجة النبات، وهذه تأخذ طريقها إلى المصارف الأساسية كمجاري الأنهار والبحيرات فتعمل على تردي نوعية المياه وتشجع على نمو الطحالب والأشنات خاصةً في مياه البحيرات الراكدة وكذلك في الأنهار بطيئة الجريان بسبب إقامة المنشآت المائية والسدود التي تعمل على ترسيب مادة الطمي خلف السد وتقلل من سرعة جريان الماء كما هو الحال في حوضي دجلة والفرات ونهر النيل في مصر مما يسبب إنتشار ونمو النباتات الوبائية مثل زهرة النيل ونبات الشمبلان، ولهذه النباتات الوبائية تأثيرات ضارة على السكان والبيئة أهمها:

- تعمل على زيادة معدل التبخر من المجرى والمسطحات المائية لنحو ثمانية أضعاف المعدل الطبيعي.
- قابليتها على التكاثر السريع يؤدي إلى تشكيل طبقة عازلة فوق سطح الماء وتعيق الكثير من العمليات البايوضوئية بين الهواء والماء.
- تعمل على سد مجاري الشبكات المائية وقنوات الري الفرعية فتعيق جريان الماء نحو الأراضي الزراعية، كما تعمل على إعاقة الملاحة النهرية.
- تعمل على قتل أنواع عديدة من الطحالب والأسماك نتيجة حجبها لضوء الشمس.
- تسبب تردي في نوعية المياه نتيجة إنخفاض نسب الأوكسجين المذاب.

٣) مخلفات الإنتاج الحيواني.

II. المصادر الصناعية:

وتشمل مختلف المواد الكيمياوية العضوية واللاعضوية والمعدنية المصنعة والتي تجد طريقها إلى المياه السطحية مسببةً تلوثها، كما أشرنا إليه في محاضرات سابقة.

III. المصادر المدنية (الصرف الصحي Sanitation):

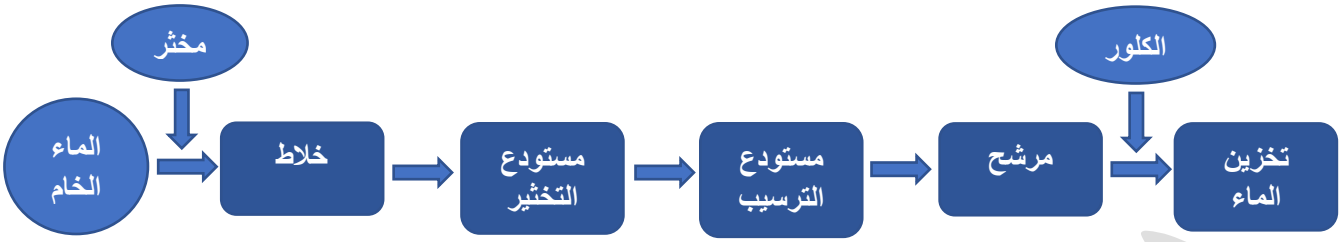
يعتبر الصرف الصحي أحد أخطر المشاكل البيئية التي تهدد الصحة العامة في معظم دول العالم الثالث، وذلك بسبب عدم وجود الشبكات ومشاريع المعالجة بصورة كافية وعلمية. فنرى أن الكثير من المدن تستخدم أسلوب خزن مياه الصرف الصحي بخزانات أرضية مدفونة تسمى بالـ Septic Tanks أو قد تلجأ تلك المدن إلى طرحها مباشرةً إلى المسطحات المائية كالأنهار والبحيرات.

وبصورة عامة تحتوي مياه الصرف الصحي على كميات من المواد الصلبة على هيئة مواد غروية وعالقة، وكذلك بصورة ذائبة، وتتمثل مكونات الصرف الصحي بالدرجة الأساس بما يأتي:

١. الأحياء المجهرية الممرضة.
٢. الكاربوهيدرات، وتشمل السكريات الأُحادية والثنائية والنشا والسيليلوز.
٣. أحماض عضوية، مثل حامض الفورميك وحامض البروبونيك وغيرها.
٤. أملاح أحماض عضوية، مثل أوكزالات الكالسيوم.
٥. الدهون والشحوم.
٦. المركبات العضوية النتروجينية مثل البروتينات.
٧. الأصباغ.
٨. الأملاح المعدنية.

أساسيات معالجة المياه:

تصمم مشاريع معالجة المياه لغرض رفع الماء الخام إلى مستوى ماء الشرب. وقد يشمل المشروع النموذجي الخطوات المتعاقبة الآتية: الخلط Mixing، التخثر Coagulation، الترسيب Settling، الترشيح Filtration، وأخيراً الكلورة Chlorination. وأساس الفكرة هي تخثير الجزيئات العالقة التي تسبب التعكير وسوء المذاق والرائحة واللون، والتي يمكن إزالتها بالترسيب والترشيح.



تخطيط إنسيابي لمحطة معالجة المياه

ففي الخلاط يمكن إضافة مادة مخثرة مثل الشب Alum إلى الماء الخام ويخلط بسرعة. وتساعد المادة المخثرة الجزيئات الغروية على الإلتصاق ببعضها عند تلامسها، مكونةً بذلك نواةً للتلبد Floc-nucleus وفي هذه المرحلة يعتبر الحصول على إنتشار سريع ومتجانس للمخثر مهم لضمان حصول تفاعل كامل.

معالجة مياه الصرف الصحي Sanitation or Sewage water treatment:

تتضمن معالجة مياه الصرف الصحي ثلاث عمليات أساسية هي: عمليات فيزيائية وعمليات كيميائية وعمليات بايولوجية. وتتم هذه العمليات الأساسية ضمن مراحل مختلفة حسب مقدار جودة المياه المراد معالجتها، وتشمل هذه المراحل ما يأتي:

١. المعاملة التمهيدية Preliminary Treatment
٢. المعاملة الأولية Primary Treatment
٣. المعاملة الثانوية Secondary Treatment
٤. المعاملة الثالثية Tertiary Treatment
٥. المعاملة المتقدمة Advanced Treatment

وسنذكر طبيعة عمل ووظيفة كل من هذه المراحل بالتفصيل وكما يأتي:

أولاً: المعاملة التمهيدية Preliminary Treatment:

وهي عملية فصل أو إزالة الأجسام الكبيرة كالقناني وقطع الأخشاب وغيرها، حيث يمرر الماء خلال شبكة من القضبان المعدنية تقوم بحجز هذه الأجسام وتنقلها عبر حزام ناقل إلى مستودع خاص لمعالجتها لاحقاً.

ثانياً: المعاملة الأولية Primary Treatment:

وتسمى أيضاً بالمعاملة الإبتدائية، وتهدف بشكل عام إلى التخلص من المواد الصلبة العالقة Suspended Solids (SS) السهلة الترسيب، من خلال نوعين من الأحواض:

١- أحواض التعويم: وتستخدم لإزالة المواد الطافية مثل الزيوت والشحوم، تجنباً لإعاقة مراحل المعالجة التالية.

٢- أحواض الترسيب: وتستخدم لغرض إزالة المواد الصلبة الناعمة القابلة للترسيب بشكل كامل والتي تشكل المواد اللاعضوية نسبةً منها، والتي تعتبر عبئاً على مرحلة المعالجة البايولوجية اللاحقة.

إن كفاءة عملية المعاملة الأولية في إزالة الملوثات ليست عالية جداً، وخلال هذه المرحلة يمكن تخفيض ما نسبته 35% من قيمة BOD_5 و 30% من COD وإزالة حوالي 60% من المواد الصلبة العالقة، ولا شيء من المعادن المذابة.

ثالثاً: المعاملة الثانوية Secondary Treatment:

تتضمن المعاملة الثانوية إستعمال طرق حياتية، خصوصاً المرشحات الوشيلة - (التي هي عبارة عن قيعان معمولة من الحجر المسحوق الذي يستعمل لترشيح ماء الفضلات وتكوين الـ Biological Slimes) - والحمأة المنشطة، التي تقارب عمليات الإنحلال الطبيعي. وتعد المعاملة الثانوية من أهم مراحل معالجة مياه الصرف الصحي، وتتضمن عمليات بايولوجية لغرض أكسدة المواد العضوية وتحويلها إلى مركبات بسيطة يمكن فصلها عن المياه. وفي بعض الأحيان تشمل منشآت المعاملة الثانوية استخدام عملية الكلّورة لإتمام عملية الأكسدة الكيمياوية والتطهير.

تتم مرحلة المعاملة البايولوجية في وحدتين رئيسيتين هما:

١- **أحواض التهوية:** في هذه الأحواض يتم ضخ الأوكسجين بوساطة مضخات متخصصة لغرض تحفيز البكتيريا وزيادة فعاليتها على أكسدة المواد العضوية، حيث أن الفضلات العضوية العالقة

والذائبة المهواة والممزوجة جيداً تخضع للإمتزاز والتلبيد والأكسدة والإنحلال الحياتي ولفترات محددة قبل تمريرها إلى أحواض الترسيب.

٢- **أحواض الترسيب الثانوية:** وتستخدم لغرض ترسيب ماتبقى من المواد الصلبة العالقة. وفيها تستقر الحمأة الغنية بالأحياء المجهرية النامية، حيث يستعمل قسم من الحمأة لمعالجة الوجبة القادمة من الفضلات، وتقدم الحمأة المنشطة Activated Sludgeفائدتين هما:

- ترويق الماء بإمتزاز معظم المواد الصلبة الغروية والعالقة على سطوح دقائق الحمأة.
- تؤكسد المادة العضوية.

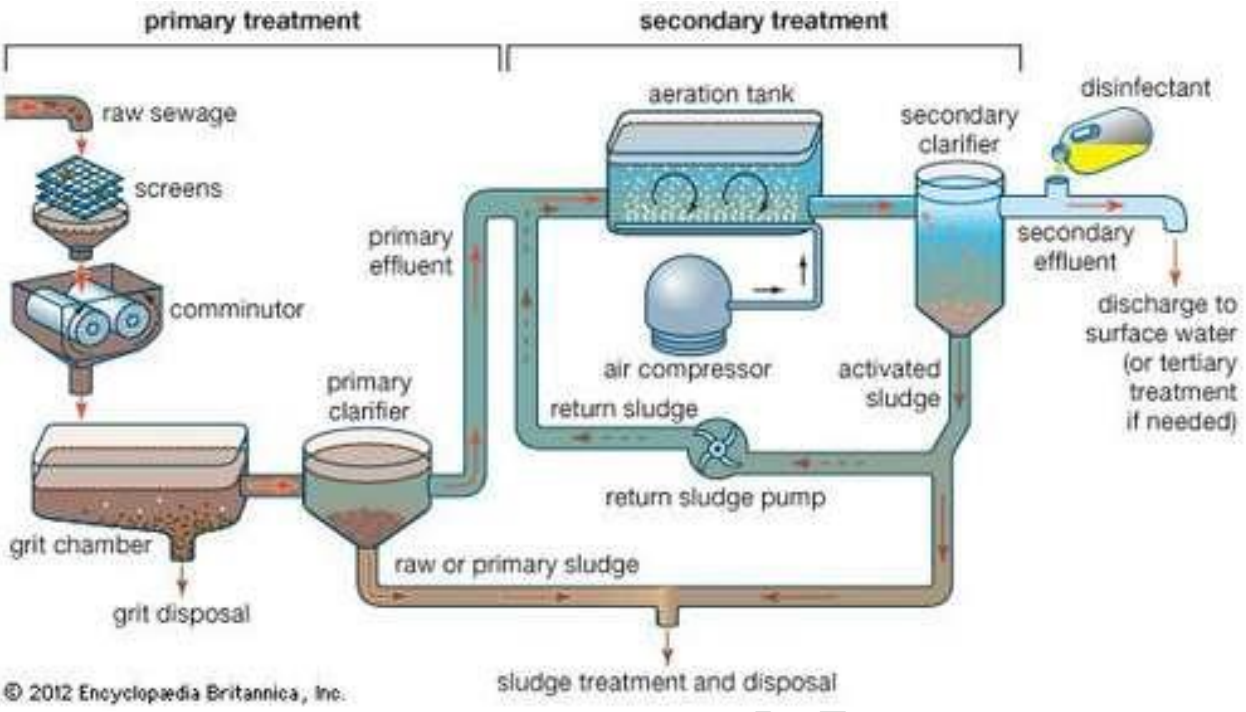
وإعتماداً على سرعة تحليل المواد والمركبات العضوية، هناك عدة أنواع من المعاملة الثانوية نخص منها:

- **عمليات عالية المعدل:** منها عـملية الحمأة المــنشطة Activated Sludge Process وعملية الترشيح التنقيطي Trickling Filter وعملية التلامس الحيوي الدوار Rotating Biological Contactors.
- **عمليات منخفضة المعدل:** ومنها تقنية البرك ذات التهوية Aerated Ponds وبرك الإستقرار Stabilizing Ponds لغرض ترسيب ما تبقى من المواد الصلبة العالقة.

ومن خلال عملية المعاملة الثانوية يمكن خفض قيمة الـ BOD_5 إلى حوالي 90% وقيمة COD إلى 80% وإزالة ما يقارب 90% من المواد الصلبة العالقة و 5% من المعادن الذائبة.

رابعاً: المعاملة الثالثية Tertiary Treatment:

وهي المرحلة التي تتضمن تفعيل المعالجات الكيمياوية لغرض التعقيم والتطهير، كحقن محلول الكلور إلى حوض خاص معد لهذا الغرض، إذ تتراوح جرعة الكلور ما بين 5 – 10 مللغم للتر الواحد ولمدة لا تقل عن خمسة عشر دقيقة.



خامساً: المعاملة المتقدمة Advanced Treatment:

تستخدم هذه المعاملة عندما يراد للمياه المعالجة أن تكون بدرجة عالية من النقاوة، وهي تتضمن عمليات ليست بالتقليدية لإزالة الملوثات التي لم تعالج بالمعاملات السابقة، ومن هذه الملوثات التراكيز العالية للفوسفور والنتروجين والمواد العضوية صعبة التحلل إضافةً إلى المواد السامة، وتتضمن هذه العمليات مايأتي:

١. **التخثر الكيمياوي والترشيح Chemical Coagulation and Filtration:** تستعمل هاتان العمليتان معاً في تنقية الماء، ويمكن أيضاً أن تستعمل كطريقة لمعاملة مياه الفضلات. وهو عبارة عن إضافة مواد كيميائية مثل مركبات الحديد والألمنيوم والبوليمرات التي تساعد الجسيمات العالقة على إلتصاقها مع بعضها البعض كي تترسب بأحواض خاصة تسمى بأحواض التلبيد. ويمكن أن تنجز خطوة الترشيح التالية للتخثر عن طريق الرمل أو التراب الدايتومي أو مواد مرشحة مختلفة.

٢. **إمتزاز الكاربون Carbon Adsorption:** ويستخدم فيها الكاربون المنشط ، الذي هو شكل مسامي من الكاربون، ذو قابلية أمتزاز عالية، مع مساحة سطحية كبيرة جداً، ويكون على شكل مسحوق يستعمل لإزالة وإمتزاز الطعوم والروائح من الماء.

٣. **الأكسدة الكيمياوية Chemical Oxidation:** وتكون بإستعمال مؤكسدات قوية مثل الأوزون O_3 وبيروكسيد الهيدروجين H_2O_2 ، أو الجذر الحر للهيدروكسيل OH.

٤. **التبادل الآيوني Ion Exchange:** ويتم بوساطة هذه العملية إزالة المواد غير العضوية المتبقية، بإستخدام مواد طبيعية مثل الزيولايت أو مواد صنعية مثل راتنجات التبادل الآيوني.

٥. **التناضح أو التنافذ العكسي Reverse Osmosis:** هي عملية فصل الأملاح بوساطة ضخ الماء تحت ضغط عالي جداً من خلال غشاء رقيق يسمح بمرور جزيئات الماء فقط ويمنع مرور جزيئات الأملاح.

٦. **الإنتزاع بالهواء Air Stripping:** وفيها تزال الأمونيا NH_3 من الماء بوساطة الإنتزاع الهوائي، حيث يتم رفع الرقم الهيدروجيني للماء وتُطرد الأمونيا من المحلول بالتحريك القوي بوساطة الهواء.

تلوث مياه الأنهار River Water Pollution

على الرغم من أن كمية هذه المياه قليلة جداً بالمقارنة مع مياه البحار والمحيطات، إلا أنها مهمة جداً من ناحية إعتماد الإنسان عليها كمصدر أساسي لإستعمالاته في الشرب والاستعمالات الاخرى في السكن والزراعة والصناعة وغيرها، كما أن هذه المياه هي مياه عذبة أو قليلة الملوحة نسبياً.

أدت تشريعات المياه منذ عام 1970 إلى زيادة كبيرة في عدد محطات معالجة مياه الصرف في جميع دول العالم، ونتيجةً لذلك فقد تحسنت نوعية المياه في كندا واليابان ومعظم دول أوروبا. إلا أن الحال يختلف في بعض دول العالم لاسيما الدول النامية، فموت الأسماك على نطاق واسع وتلوث مياه الشرب والإصابة بالأمراض الخطرة الناتجة من الماء، لازال يحدث حتى الآن. وتعتبر البحيرات والخزانات أكثر عرضة للتلوث من الأنهار والمجاري المائية بسبب عدم الخلط المستمر لمياهها والنسبة المتدنية من الأوكسجين.

مصادر تلوث مياه الأنهار:

١. مياه المجاري.
٢. مخلفات الحيوانات.
٣. المخلفات الصناعية.
٤. الإثراء الغذائي.

٥. مخلفات المدن.
٦. عمليات التعرية.
٧. نشاطات المناجم.
٨. تسرب النفط.

ومن الجدير بالذكر بأنه تزداد جودة المياه عند منبع النهر وتقل عند مصبه، وذلك بسبب زيادة ذوبان الرواسب والملوثات التي تجد طريقها إلى النهر أثناء جريانه.

وكل هذه الملوثات تؤثر سلباً على نوعية مياه النهر من خلال إستهلاكها للأوكسجين الذائب في المياه، حيث يؤخذ ذلك كدلالة للتعبير عن مدى جودة المياه. فكلما زادت كمية الأوكسجين الذائبة في الماء كلما زادت جودة هذه المياه. علماً أن الطلب الكيموحيوي للأوكسجين BOD يمكن إستعماله دليلاً من أدلة التلوث للمياه، حيث يعتبر النهر نظيفاً عندما لاتزيد كمية الطلب الكيموحيوي للأوكسجين عن 4 جزء بالمليون وهذا ما يطبق في مياه الأنهار، وتشير الأرقام التالية عن حالة النهر من قيم هذه الكمية:

تصنيف الأنهار	قيم BOD ملغرام/ لتر
نظيف جداً	1
نظيف	2
نظيف إلى حدٍ ما	3
مشكوك في نظافته	5
رديء	10

أن الأصناف العديدة والأنواع المختلفة من الملوثات تصل إلى النهر بطريقة أو بأخرى وتتسبب في تلوثه، كما تم التطرق إليه في محاضرات سابقة، ولكن من أهم هذه الملوثات هي المواد الكيمياوية العضوية لأنها تؤثر على مجمل مياه النهر بما تحتويه من كائنات حية. فمن آثار التلوث بالمواد العضوية المهمة أن كمية الأوكسجين المستهلك في عملية تكسير وتحليل هذه المواد أكثر بكثير من إنتاجه، مما يعني الوصول إلى ظروف قليلة أو معدومة الأوكسجين، وبذلك سوف يقل مستوى الأوكسجين عند زيادة المواد العضوية الأمر الذي يؤدي إلى تحديد نمو الأسماك وأغلب الأحياء المائية الأخرى.

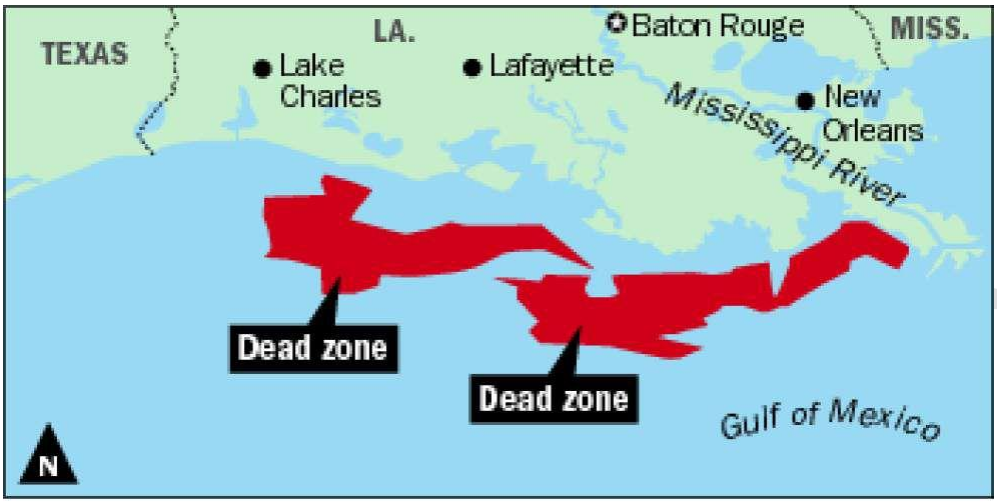
وعند تحلل المواد العضوية بوساطة البكتيريا والفطريات، وكذلك بعد موت هذه الأحياء، فسوف تتجمع في المسطح المائي كميات من المواد غير العضوية التي تعتبر مواد مغذية للنباتات وسوف تساعدها في النمو والنشاط وبدورها سوف تطرح الأوكسجين كأحد النواتج الرئيسية من خلال عملية التركيب الضوئي مما يزيد مرة أخرى من مستوى الأوكسجين المذاب لذلك المسطح المائي، وهذا مايطلق عليه مصطلح التنقية الذاتية للمسطح المائي Self-Purification. وتعتبر أسماك السلمون والتراوت دليلاً جيداً على وجود التلوث من عدمه، فعند تواجدها يستدل بأن تلك المياه غير ملوثة وصالحة لأغلب الأغراض.

أهم مظاهر تلوث الأنهار:

١- المنطقة الميتة Dead Zone:

هي المنطقة التي توجد عند مصبات الأنهار والتي تتميز بخلوها التام من الحياة البحرية بسبب تلوث المياه (إذ تنعدم هذه الحالة عندما تكون المياه نظيفة)، حيث تؤدي مياه الأنهار المحملة بالمخصبات إلى زيادة تركيز النيتروجين والفوسفور في المجاري المائية، وتسبب إنتعاش الطحالب وتكاثرها، والذي يأتي على حساب الأوكسجين فيؤدي إلى نضوبه وحجب ضوء الشمس عن المياه. وتؤدي تلك العوامل إلى موت الأسماك ونباتات الأعماق والمخلوقات البحرية والشعاب المرجانية وتسمم بعض أنواع الأسماك.

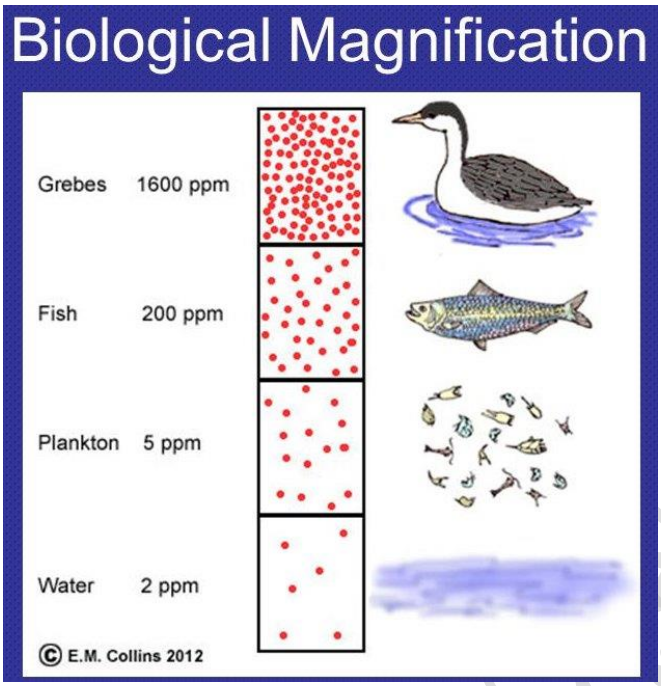
أحد الأمثلة المأساوية لتأثير زيادة المخصبات هو المنطقة الميتة عند مصب نهر الميسسبي في خليج المكسيك، حيث تغطي تلك المنطقة سبعة آلاف ميل مربع وتتميز بخلوها التام من الحياة البحرية.



المنطقة الميتة في خليج المكسيك

٢- التكبير البايولوجي Biological Magnification:

ويعني زيادة تركيز العناصر والمواد عبر السلسلة الغذائية لمركبات ضارة مثل الـ PCBs، حيث تسبب هذه المركبات عند ذوبانها في الماء تدميراً في خلايا الكبد والكلى، كما تسبب عيوب خلقية وتغيرات هرمونية وأورام.

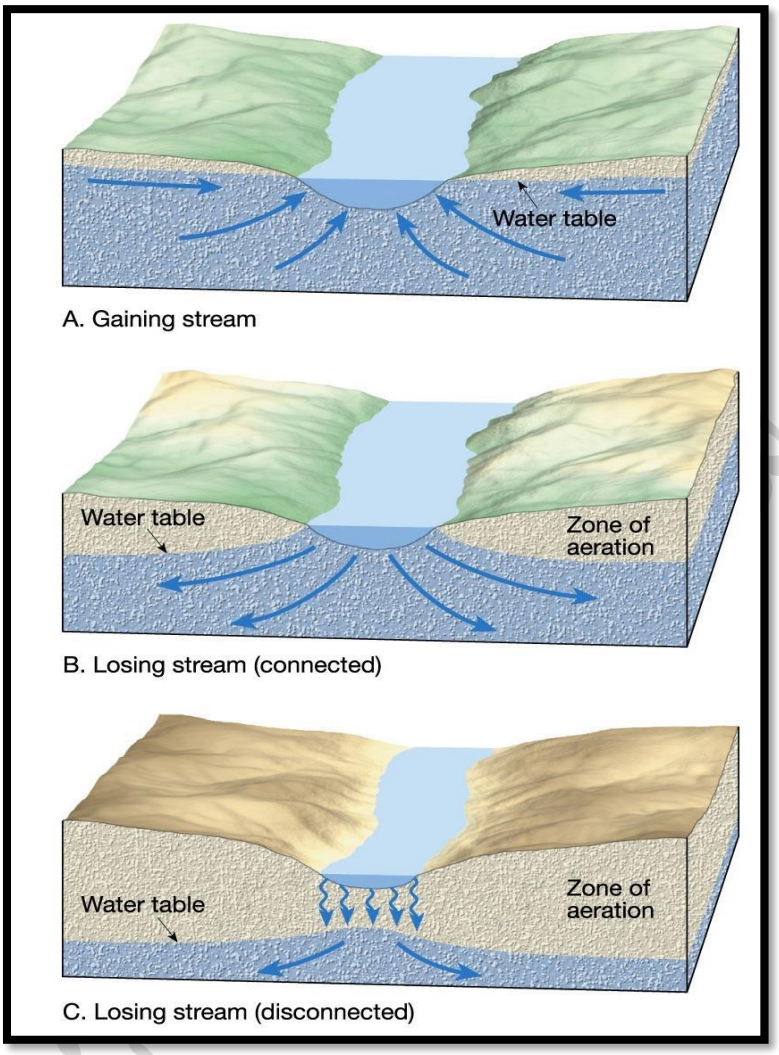


العلاقة بين الأنهار والمياه الجوفية:

من المعروف أن بعض الأنهار تعتبر مصدراً لتغذية ورفد تجمعات المياه الجوفية والعكس صحيح، وعلى هذا الأساس فإن الملوثات الموجودة في مياه النهر قد تصل إلى المياه الجوفية وبالعكس، وهذا مايعرف بحركة الملوثات بين الأنهار والمياه الجوفية. ولذلك يوجد نوعين من الأنهار:

الأول: النهر المكتسب Gaining Stream: هو النهر أو المجرى المائي الذي يتغذى أو يستمد مياهه من المياه الجوفية.

الثاني: النهر المعطاء Losing Stream: هو النهر أو المجرى المائي الذي يُغذي المياه الجوفية، وقد يكون متصلاً مع المياه الجوفية أو مفصولاً عن مستوى المياه الجوفية بمنطقة التهوية Zone of Aeration.



الإجراءات المطلوب إتخاذها للحد من تلوث الأنهار و المسطحات المائية:

١. إصدار تشريعات قانونية عاجلة لمنع إلقاء الملوثات والأوساخ في مجاري الأنهار، وضرورة تشديد الرقابة على سكان المدن والأرياف التي تقع على مجاري الأنهار مباشرة.

٢. توفير الحاويات اللازمة لجمع النفايات وعدم رميها في مجاري الأنهار التي أصبحت تطفو على سطحها بشكل مستعمرات من أكياس النايلون والعلب الفارغة وغيرها.

٣. رصد الأموال اللازمة للنهوض بواقع البنى التحتية من شبكات مياه الصرف المنزلي ومحطات معالجة مياه الصرف والإستفادة منها في الري وسقي الحدائق والمنتزهات العامة وغسل الشوارع كإجراءات لتوفير المياه.

٤. تشديد الرقابة الصارمة على محطات تنقية مياه الشرب للتأكد من صلاحيتها للشرب وعدم تعريض حياة الناس لخطر الإصابة بالأمراض الخطرة.
٥. إلزام أصحاب المصانع والمستشفيات ذات المخلفات المضرة بالصحة على ضرورة إقتناء محطات معالجة أولية تقلل من خطورة مخلفاتها قبل التخلص منها في شبكة المصارف العامة.
٦. رفع مستوى وعي المواطن بأهمية الحفاظ على البيئة المائية من خلال إعداد برامج توعية صحية وتبيان خطورة التلوث المائي على الصحة والبيئة معاً.

تلوث المياه الجوفية Ground Water Pollution

كان للإزدهار السريع للصناعة في العالم أثر كبير في خلق مشاكل تلوث المياه وذلك لإزدياد أحجام المياه المتخلفة عن هذه الصناعات، فتصبح بذلك كل من المياه السطحية والمياه الجوفية عرضةً للتلوث بالمواد المختلفة التي تضيفها هذه المخلفات إلى المياه إذا ما وصلت إليها، فتغير من صفاتها الطبيعية والكيمياوية والبايولوجية.

ويعتبر موضوع تلوث المياه الجوفية مسألة يجب أن يوجه لها إهتمام خاص، نظراً لأن هذه المصادر تستعمل كثيراً في جميع الأغراض الرئيسية كالمنزلية والصناعية والزراعية، وخاصةً في المناطق الصحراوية والأرياف، علماً بأنه من الصعوبة إزالة التلوث في هذه المياه.

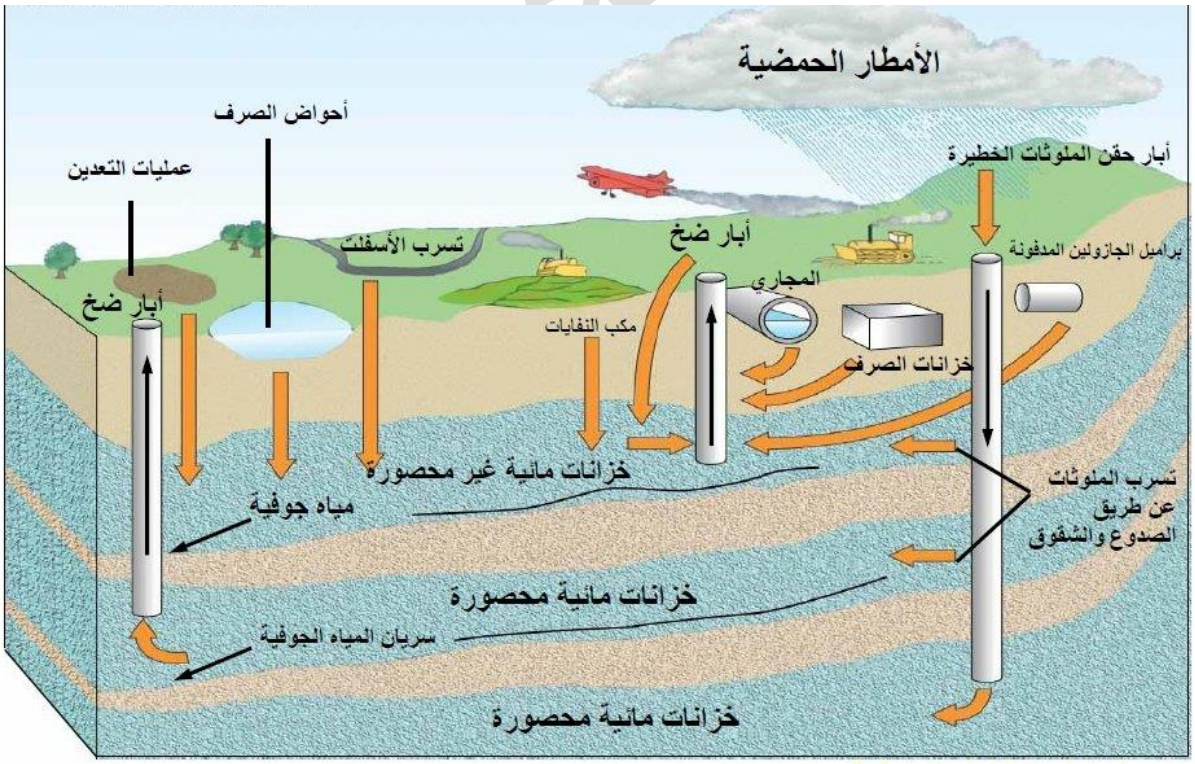
إن مشكلة تلوث المياه الجوفية من المشاكل الهامة التي تحتاج إلى عناية خاصة، وذلك لأن إكتشاف هذا التلوث غالباً ما يأتي متأخراً وبعد أن تكون أحجام كبيرة من المياه قد تلوثت بالفعل، وكذلك فإن المياه الجوفية هي مصدر غير مرئي رغم أنها مصدراً مهماً للشرب والري، ولإن معظم الخزانات الطبيعية للمياه الجوفية تتحرك ببطئ وتتجدد ببطئ فإن تلوثها قد يمتد لفترات زمنية طويلة جداً.

ومن العوامل الهامة التي تؤثر على إعاقة أو منع تلوث المياه الجوفية هو إدمصاص Adsorption المواد الملوثة على حبيبات التربة أثناء تسربها في طبقات الأراضي المختلفة، خصوصاً إذا ما عرفنا بأن من أغلب المواد الكيمياوية التي تتسرب إلى المياه الجوفية هي مركبات الكلوروفينول وثنائي الكلوروفينول، والتي وجدت تراكيز محددة منها في معظم عينات المياه الجوفية. إذ وجد بأن بعض مكونات التربة يمكنها إحتجاز كميات قليلة من هذه المركبات الفينولية بوساطة الإدمصاص، وبذلك فإنه لايمكن الإعتماد عليها في التخلص من جميع هذه الملوثات، وتبقى تشكل خطراً في تلوث المياه الجوفية. ونظراً للصعوبة الشديدة في

تنقية المياه الجوفية، فإن منع تلوثها من البداية يمثل أفضل السبل لحمايتها. ومن ناحية أخرى فإن أفضل الوسائل المتبعة لتنقية المياه الجوفية هو ضخها إلى سطح الأرض ومعالجتها ثم حقنها مرة أخرى في الخزان المائي الطبيعي Aquifer الذي سُحبت منه، مع العلم بإن هذه العملية لها تبعات مالية كبيرة جداً.

وقد تتلوث المياه الجوفية من أحواض الصرف، وعمليات التعدين، ومواقع دفن براميل الملوثات الخطيرة، ومياه المجاري، ومكبات النفايات. حيث توجد المياه الجوفية تحت سطح الأرض في خزانات مائية والتي تعرف على أنها الطبقات الأرضية التي تخزن وتنقل المياه الجوفية بكميات إقتصادية، وتنقسم خزانات المياه الجوفية إلى :

١) **خزانات مائية محصورة:** وهي الطبقات المائية الطبيعية المحصورة بين طبقتين غير منفذتين وليس لها إتصال مباشر بالغلاف الجوي.
٢) **خزانات مائية غير محصورة:** وهي الطبقات المائية الطبيعية الموجودة بين طبقة منفذة وأخرى غير منفذة ولها إتصال مباشر بالغلاف الجوي.



طرق الوقاية من تلوث المياه الجوفية:

١- التحكم في المصدر الذي يسبب تلوث المياه الجوفية سواء كان تسرب نفطي أو نفايات أو خزان صرف صحي.
٢- مراقبة الخزانات المائية الطبيعية الموجودة بالقرب من النفايات أو خزانات التخزين الأرضية.
٣- تركيب نظم مراقبة التسرب لكل خزان أرضي يتم تخزين سوائل خطرة بداخله.
٤- المنع أو الرقابة الصارمة للتخلص من النفايات الخطرة عبر آبار الحقن العميق (التي تكون مستوياتها أعمق من مستوى المياه الجوفية)، أو في مقابر النفايات المتخصصة.
٥- تخزين السوائل الخطرة في خزانات فوق الأرض مع أخذ الإحتياطات اللازمة لمنع تسربها.

التلوث النفطي Petroleum Pollution

هو إطلاق عناصر أو مركبات أو مخاليط غازية أو سائلة أو صلبة مصدرها النفط إلى عناصر البيئة، التي هي الهواء والماء والتربة، مما يسبب تلوثها.

يتسرب البترول ويجد طريقه إلى المسطحات المائية المختلفة من مصادر محددة أو غير محددة، إذ أن أكبر مصدر للتلوث النفطي أو البترولي يحدث عبر التسرب من خطوط الأنابيب ومن مياه الجريان السطحي، حيث يكون 61% تلوث بحري ونهري وجريان سطحي، و 30% تسرب من الناقلات، و 5% حوادث تسرب أثناء نقل البترول الخام عبر الطرق الأرضية.

الآثار البيئية والإقتصادية للتلوث النفطي:

١- **آثاره الإقتصادية:** للتسرب النفطي آثار إقتصادية كبيرة من توقف للإنتاج، وتأثير على الثروة السمكية، والتكاليف الباهظة للمكافحة وتنظيف الشواطئ المتضررة.

٢- **آثاره السامة:** يعتبر النفط ومشتقاته ذو خطورة سمّية عالية نظراً لإنبعاث الغازات عند التبخر أو تحلل جزيئات النفط المنسكب، وكذلك لإحتواء النفط وخصوصاً النفط الخام على غازات سامة أخرى مثل كبريتيد الهيدروجين H_2S وغيره.

٣- **آثاره على الصناعة:** للنفط المتسرب آثاره على المصانع ومصافي النفط لخطورة الحرائق أو الإنفجارات الضخمة التي تؤثر بصورة مباشرة على البيئة، وكذلك التأثير الأكبر من خلال تهديد محطات تحلية المياه، وذلك لإمكانية إختلاط مياه الشرب بالمواد الهايدروكاربونية السامة، مما يتسبب في إيقاف تشغيل تلك المحطات ولفترات زمنية قد تكون طويلة.

٤- **آثاره على الحياة البحرية:** يؤثر النفط ويضر بالأحياء البحرية مما يسبب تسممها أو نفوقها، ويكون الضرر عند تسرب النفط إما آني أو طويل الأمد، فالضرر الآني يكون تأثيره على الحيوانات البحرية كالطيور والنباتات على سطح الماء أو الحيوانات القريبة من سطح الماء مثل عجول البحر. أما بالنسبة للضرر طويل الأمد فيكون عند تحلل النفط وتأثيره على السلسلة الغذائية لهذه الأحياء البحرية.

مصادر التلوث النفطي:

أ- مصادر طبيعية: وهي التسربات من باطن الأرض Natural Oil Seeps.

ب- مصادر صناعية: وتشمل:

- ناقلات النفط (الحوادث، التسربات، التفريغ، التحميل والتعبئة).
- أعمال التنقيب عن البترول.
- المصانع.

حوادث ناقلات النفط:

في 18 آذار عام 1967 وعند حوالي الساعة التاسعة صباحاً، توري كانيون Torrey Canyon واحدة من أكبر عشرة سفن في العالم محملة بحمل كامل من نفط الكويت (95000) طن، تقطع الماء بسرعة 16 عقدة، جنحت على ذروة صخرة من الصخور المرجانية مع إرتطام تسبب في تمزق ستة أحواض لخزن النفط من أصل 18 حوض. لقد ركز هذا الحادث إهتمام العالم إلى مشاكل تلوث حديثة، إن حجم السفن الأكبر المطلوبة يجعلها صعبة الإستعمال جداً لثقلها وكبر حجمها، فالناقلات الحديثة من 400000 طن تقريباً، تتطلب مسافة من 5 أميال لتقف عندما تبحر بسرعة كاملة، وبالمقابل سوف لا تناور بسرعة عند سرع منخفضة أو قنوات ضيقة (أكبر الحوادث تحصل في مناطق إبحار محددة مثل مدخل الميناء).

تؤمن مياه الموازنة عملية التوازن والثبات للسفن، وإن تفريغ هذه المياه يؤدي إلى إنتشار البقع الزيتية في مكان التفريغ لإختلاطه مع بقايا النفط الموجودة في الخزانات المملوءة، كذلك قدر أن حوالي 100000 طن من النفط الخام تنطلق إلى البحر سنوياً بوساطة شقوق بعيدة عن الشاطئ كتلك التي قرب كاليفورنيا California، أما تأثيرات التلوث النفطي فيؤدي إلى قتل الطيور البحرية، حيث ينفذ النفط إلى الريش ويزيح الهواء المحبوس بين الريش والذي يوفر عزلاً وطفواً للكائن، فتصبح الطيور أبرد وتكون عرضة للأمراض مع صعوبة في الطيران، قُتل أكثر من 100000 طير في حادثة السفينة توري كانيون في حين عاشت 100 فقط من بين 5700 طير أُمسكت ونُظفت طبياً. مثال آخر، في سفحة واحدة من نفط الديزل من الناقلة Tampa-comara في آذار 1957 عند مصب صغير في المكسيك قتل بالكامل جميع الموجودات من نباتات وحيوانات، كذلك يمكن الإشارة إلى بعض الهايدروكاربونات المسرطنة مثل Benzopyrene 3,4 حيث يتركز هذا المركب في الصدفيات. ومن الجدير بالذكر أن 90% من مجموع الهايدروكاربونات في المحيط هي من ناقلات النفط ومصافي ومنشآت كيمياوية ونفطية وآبار بعيدة عن الساحل وطرح زيوت التشحيم المستهلكة والهايدروكاربونات المحمولة بالهواء والمغسولة عن طريق الأمطار.

أنواع النفط:

تختلف أنواع النفط حسب خصائصها الكيميائية والفيزيائية من حيث اللزوجة، والتطاير، والخطورة السمية وغيرها، ومن أهم أنواع النفط هي:

١) النفط الخفيف جداً Very Light Oil
٢) النفط الخفيف Light Oil
٣) النفط المتوسط Medium Oil (وهو يشكل أغلب أنواع النفط الخام)
٤) النفط الثقيل Heavy Oil

مكافحة التلوث النفطي:

يتم التخلّص من المنطقة الملوثة بالطرق الآتية:

١ ـ إستخدام الحواجز الطافية لتسييج البقعة النفطية للحيلولة دون إنتشار النفط.

٢ ـ إستعمال المواد الماصّة التي تعرقل حركة البقعة النفطية جزئياً مثل الصوف الزجاجي.

٣ ـ إستعمال طريقة الشفط بوساطة أجهزة خاصة تسحب البقع النفطية مثل المكانس الكهربائية، وبذلك يمكن فصل النفط عن الماء.

٤ ـ إستعمال أجهزة تقوم بقشط طبقة النفط السميكة الطافية فوق سطح المياه ويتم تجميع النفط المقشوط وسحبه باستخدام المضخّات.

٥ ـ ويمكن مكافحة التلوث النفطي بوساطة البكتيريا، وقد وجد بعض العلماء أن عدداً من الأحياء المجهرية الدقيقة لها القابلية على تحليل المواد النفطية وفي الوقت نفسه تستطيع تحويل البُقع النفطية إلى قطرات دقيقة جداً في الماء.

ومن الأفضل في بعض حالات التسرب النفطي (عمل لا شيء)، وترك الزيت يتحلل طبيعياً بوساطة حركة الأمواج أو بوساطة عمليات المد والجزر. و تُتبَع هذه الطريقة بعد دراسة آثار الزيت المنسكب، والمنطقة المتواجد فيها، ومدى جدوى عمليات المكافحة، ويتم على ضوء ذلك التقرير من قبل الجهة المختصة متمثلة بمصلحة الأرصاد وحماية البيئة عن كيفية المكافحة أو ترك الزيت ليتحلل طبيعياً.

الخصائص والعمليات التي تتعرض لها البقعة النفطية أثناء سيرها في البيئة:

١. الإنتشار Spreading
٢. الإنجراف Drifting
٣. التبخر Evaporation
٤. التفكك أو التحلل الطبيعي Natural Dispersion
٥. مستحلب خليط الماء والنفط Water in oil emulsification
٦. الذوبان Dissolution
٧. الأكسدة Oxidation
٨. الترسيب Sedimentation
٩. التحلل البكتيري الحيوي Biodegradation

أولويات عمليات مكافحة التلوث النفطي:

- المحافظة على الأرواح.
- حماية البيئة.
- حماية الموارد الاقتصادية والحيوية.

العوامل المؤثرة في عمليات المكافحة:

- نوعية و كمية الزيت المنسكب.
- الأحوال الجوية.
- مكان الإنسكاب أو التسرب.
- المتطلبات التنظيمية.
- عدد العاملين في فريق المكافحة.

الردم المقصود:

هو عبارة عن عمليات دفن النفايات والمخلفات الخطرة داخل القشرة الأرضية، وينتج عنه آثاراً سلبية على البيئة في حالة سوء إدارة هذه المرافق، ومن أمثلة فعاليات الردم البعيدة عن السواحل:

✓ فضلات كيمياوية من مصانع مبيدات تُشحن بمعدل 1400 طن كل شهر عام 1968 إلى نقطة من 100 ميل إلى خليج المكسيك، شُحنت غالبية هذه الفضلات الخطرة بحاويات، هذه الحاويات أضرت بالطاقم العامل عليها لأنها كانت تنكسر إما بقصد أو بوساطة ضغط الماء بعد غطسها، وفي كل الأحوال كانت الفضلات الخطرة على تماس وإتصال مباشر مع مياه المحيط ولو بعد فترة من الزمن.

✓ وجد في إحدى الحالات أن هايدروكاربونات مكلورة صناعية كانت موجودة وبتراكيز عالية في مياه خليج المكسيك، وقد تسببت هذه المركبات بـ:

- قتل جميع الأسماك والعوالق النباتية والحيوانية في منطقة الطرح.
- أوقفت تنفس كائنات سطحية دقيقة جداً.
- تركزت في السلسلة الغذائية على مستوى بعيد.

- ✓ في ألمانيا الغربية، يُطرح شهرياً 40 طن من هايدروكاربونات مكلورة إلى الأطلسي، و 375 طن من حامض الكبريتيك، و 750 طن من كبريتات الحديدوز، إضافةً إلى شحنات من بقايا زرنيخية.

- ✓ في هولندا، يُطرح حوالي 1700 طن من فضلات معادن (ألمنيوم، حديد، سيانيد...إلخ)، و 1500 طن من حامض النتريك وحوامض شحمية. وكذلك هو الحال في إنكلترا التي تطرح مليون طن من بقايا رماد منشآت طاقة ومليوني طن من فضلات المناجم.

التأثيرات البيئية للردم المقصود:

١- ردم حاويات فضلة ومعدات تخلى عنها الجيش ونفايات خردة أعاقت الصيد في عدد من مناطق العالم خصوصاً بحر الشمال والبلطيق.

٢- أُغلِقت مناطق صيد جيدة بسبب ردم فضلات عسكرية مثل المتفجرات ومركبات سيانيد.

٣- إستعادت شبكة صيد ثمان حاويات في يوم واحد نصفها كانت تسرب هايدروكاربونات مهلجنة.

٤- في دراسة عن الردم نُشرت عام 1970 لفضلات كري وحمأة صرف أشارت إلى:

أ. إنتشرت حمأة الصرف من أماكن الردم إلى أكثر من 14 ميل.

ب. فضلات الكري الأثقل فوق مساحة أصغر لسبعة أميال.

ت. غابت أحياء القاع الأطول من ١ ملم مقارنةً بالمناطق غير المعرضة.

ث. ديدان بحرية مقاومة للتلوث لم تتمكن من البقاء.

ج. إمتلكت الأسماك غلاصم سود.

ح. معادن ثقيلة حُملت من مناطق الطرح لغاية 25 ميل.
خ. البكتيريا المعوية في منطقة الطرح تجاوزت الحدود المسموح بها.
د. نادراً ما تم إكتشاف صدفيات في مناطق الطرح الملوثة، إذ وجدت إما مريضة أو ميتة.
ذ. قلة تركيز الأوكسجين في منطقة الطرح.

المعالجة والحد من تلوث المياه

هنالك طرائق عديدة لتنقية المياه وتخليصها من المواد الملوثة، وتعتمد هذه الطرائق على نوعية المياه المراد تنقيتها وطبيعة الملوثات التي تحتويها هذه المياه.

معالجة الفضلات المتطلبة للأوكسجين:

وعادةً ما ترفع هذه الفضلات قيمة BOD وينصب التركيز في معالجتها في منع وتقليل تدفق هذه الفضلات المتطلبة للأوكسجين والمغذيات إلى مصادر المياه الطبيعية.

معالجة العوامل المسببة للأمراض:

إن من الضروري التوصل إلى المعايير البكتيرية والفايروسية لجودة ونوعية مياه الشرب أو الإستحمام، ولا يتعدى الأمر هنا غير وسيلة إستخدام عملية إضافة الكلور إلى المياه قبل إستخدامها. غير أنه من المعلوم عدم جدوى هذه المعالجة بالنسبة لمياه المجاري، حيث أن بقاء جزء من الكلور الحر في المياه لحد 4.3 % كافٍ لقتل السمك وتعطيل دورة التحلل البايولوجي المسؤولة عن التنظيف الذاتي للمياه.

وعليه فإن مياه المجاري تعالج بمعاملة أولية Primary Treatment وتعتمد على وسائل فصل الكتلة الصلبة أولاً بوساطة شباك التصفية وإستخدام الحصى والتلبيد والترسيب، أما المعاملة الثانوية Secondary Treatment فتشمل الأكسدة البايولوجية للمواد العضوية بوجود الكائنات الحية الدقيقة (حمأة الصرف)، أما

المعاملة الثالثية Tertiary Treatment فقد تستعمل للحصول على نوعية جيدة جداً من المياه، حيث يتطلب الأمر إزاحة أكثر للمتطلب البايوكيميائي للأوكسجين مع تخليص المياه من البكتيريا والمواد السامة الضارة، وتستخدم المعاملة الأولية فقط في حالة التوجه إلى رمي المياه في البحر، بينما تكون المعالجة الثانوية ضرورية للتوجه نحو إلقاء المياه مجدداً في المصادر المائية (سقي لأغراض الزراعة)، أما المعاملة الثالثة فيراد منها إعادة إستخدام المياه في الشرب مجدداً.

معالجة المبيدات:

يجري العمل على تحضير بدائل للمبيدات على أن تكون قابلة للتحلل البايولوجي مع التأكيد على التقليل من إستخدامها واللجوء إلى طرق المكافحة البايولوجية للآفات والأمراض، كما أن هنالك طرق مبتكرة أخرى تعتمد على إستعمال الجاذبات الكيمياوية للأحياء الضارة حيث تُجمع وتُقتل، أو بوساطة السيطرة الجينية التي تنتج ذكوراً عقيمة فضلاً عن عمليات السيطرة الهرمونية أو غيرها من البدائل التي يعوّل عليها في مجال بدائل المبيدات الكيمياوية.

معالجة المواد العضوية التركيبية:

تم التوصل إلى إنتاج بعض المركبات البديلة للفوسفات ومنها الملح الصوديومي لمادة النايترولي ثلاثي حامض الخليك NTA (Sodium Salt for Nitroli Tri-acetic acid) وذلك لرخص ثمنه وسهولة تحضيرة وقابليته للتحلل البكتيري، وما تزال الأبحاث جارية للحصول على بدائل أخرى وذلك بعد أن أظهرت إستخدامات الـ NTA مشاكل في عدم تحلله بالبكتيريا اللاهوائية.

معالجة المعادن الثقيلة:

وتعتمد على إزالة المعادن الثقيلة بترسيبها كيمياوياً عن طريق تحويلها إلى مركبات غير سامة أو حصرها في مواقع معينة لتقليل تأثيرها وإنتشارها وأضرارها، كذلك هناك ما يعرف بالمعالجة الحيوية Bioremediation حيث يمكن إزالة المعادن الثقيلة بوساطة الطحالب أو بعض النباتات المائية، حيث يعد

هذا الأسلوب من الطرق الحديثة وأفضلها في معالجة الملوثات والتخلص منها. وتعرف على أنها إستخدام الأحياء الدقيقة المجهرية لإزالة الملوثات، وقد تكون هذه الأحياء الدقيقة طحالب أو بكتيريا أو فايروسات، وتعتمد على تجمع Accumulation المعادن الثقيلة في أجسام الطحالب كونها تمثل القاعدة الأساسية للسلسلة الغذائية في الأنظمة البيئية. وتعتمد كمية المعادن الثقيلة المزالة على الأنواع الطحلبية المستخدمة للإزالة ودرجة تحملها والتي تحدد بالكمية التي تستطيع إزالتها من هذه العناصر.

ومن أمثلة الطحالب الخضر التي استخدمت لهذا الغرض هو طحلب *Chlorella* sp.، كذلك فإن بعض الطحالب البحرية قادرة على إدمصاص المعادن الثقيلة وقد تكون هنالك بعض الإختلافات لهذه الطحالب متمثلة بالقدرة على إدمصاص معادن معينة أكثر من الأنواع الأخرى.

معالجة مياه المخلفات الصناعية:

وتحتاج إلى طرق تنقية أعقد تبدأ من وسائل التخثير والترسيب لغرض إزالة المواد المذابة والعالقة والمستحلبة ثم عمليات التعويم، ولجعل المواد تطفو على سطح الماء، كما تضاف القواعد لرفع الأس الهايدروجيني للفضلات الحامضية. وقد يستخدم التقطير لفصل المواد العضوية والمذيبات، وقد تبرز الحاجة إلى طرق الأكسدة وإجراء عمليات المبادلات الآيونية والإمتزاز على الكاربون المنشط Activated Carbon لإزالة المواد شديدة السمية.

معالجة الإثراء الغذائي:

إذا كان السبب في الإثراء المياه الثقيلة فتتم بإبعادها عن المسطحات المائية قدر الإمكان. وإذا كان السبب الأسمدة الكيمياوية فيمكن إستخدام بعض الطرق الزراعية الكفيلة بالتخلص من تأثيرها والعمل على وصول الأسمدة إلى المياه الطبيعية بحدود دنيا، في حين لوكان السبب في الإثراء المنظفات فيمكن إستبدال المواد المستخدمة وتحسين نوعية المنظفات، وبشكل عام فإن إبعاد كل النفايات والمواد التي تحوي المنظفات سواء من المصانع أو المناطق السكنية عن المسطحات المائية أفضل الحلول.

معالجة الإرتفاع أو الإنخفاض في قيم الأس الهايدروجيني pH:

١. تقليل التلوث بأكاسيد الكبريت والنيتروجين في الهواء.
٢. تقليل تلوث المياه بالنفايات والمياه الثقيلة.
٣. ضخ المياه المستخدمة من مناطق التعدين إلى منخفضات قريبة من مناطق التعدين وتضاف إليها بعض المواد المرخصة لمعالجتها.
٤. مراقبة نوعية الأنابيب المستخدمة في نقل المياه للمنازل وفحص المياه دورياً للتأكد من عدم وجود تأثير للمواد الداخلة في تصنيع أو تنظيف الأنابيب على نوعية المياه الموزعة منها، وقد يفضل أحياناً إستخدام الأنابيب البلاستيكية القوية بدلاً من الأنابيب المعدنية.

معالجة التلوث الحراري:

١. ضخ المياه الحارة من المصانع إلى مناطق منخفضة إلى أن تتبخر حرارتها وتصل للحد الطبيعي ويعاد ضخه للمسطح المائي القريب منها.
٢. إستخدام أبراج حرارية والتي هي تصاميم هندسية تنشأ في المعامل حيث يضخ الماء داخل هذه الأبراج ويمرر عليها تيار من الهواء البارد.

معالجة المياه الملوثة بالنفط:

١. إستخدام المتفجرات والنابالم لحرق النفط.

٢. محاولة تشتيت النفط بوساطة المنظفات.
٣. الإحاطة بحواجز ميكانيكية إلى أن يتم إزالتها، أو جمع النفط بطرق ميكانيكية أو إستعمال القش لإمتصاصها.

المحددات والمعايير القياسية للمياه Criteria & Standards

إن معرفة العاملين في مجال البيئة بهذه الأنظمة واللوائح والمواصفات ذات أهمية حيوية لأسباب عديدة منها أن المعايير والمواصفات الخاصة بمياه الشرب تؤثر بشكل كبير على إختيار مصادر المياه الخام وإنتخاب مراحل المعالجة في المشروع إضافةً لتأثيرها على محددات التصاميم لكل مرحلة وكلفة المعالجة، كما إن إطلاع الفني المختص ومعرفته بالتطورات والتعديلات الحاصلة على المواصفات يلزمه أخذ ذلك بعين الإعتبار عند تصميم وحدات المشروع بحيث يجعلها قابلة للإمتثال والتطويع لهذه التطورات وبذلك يكون مستهلك الماء واثقاً ومطمئناً من السلامة النوعية للماء، وتكون هيئة إدارة مشروع الماء مطمئنة على الصحة العامة.

إن معظم بلدان العالم لها مؤسساتها الرسمية وغير الرسمية وجمعيات علمية، تختص بأمور البيئة المائية وحمايتها من خطر التلوث، وتعمل هذه الهيئات بالتعاون مع البلدان المجاورة في هيئات إقليمية أو هيئات دولية.

وقد أولت الحكومة العراقية إهتماماً في هذا المجال، ففي عام 1967 شرعت نظام صيانة الأنهار والمياه العمومية من التلوث، ثم أُلحق النظام ببعض التعديلات عام 1973. وفي سنة 1986 أصدرت الحكومة العراقية مسودة تعديل المواصفة العراقية رقم 417 والتي تشير إلى محددات مياه الشرب. كما تم إصدار قانون حماية وتحسين البيئة رقم 76 لسنة 1986 والذي يهدف إلى حماية وتحسين البيئة ومنع تلوثها ووضع السياسة العامة وإعداد الخطط اللازمة لذلك.

كما أصدرت الجهات الحكومية المختصة في العراق مجموعة من المحددات والمواصفات العامة للمياه المعدّة للشرب أو الزراعة أو غيرها من الأغراض المختلفة، كان أهمها محددات نظام صيانة الأنهار والمياه العمومية من التلوث، والمواصفة العراقية لمياه الشرب، ومن الجدير بالذكر أن هذه المحددات والمواصفات والمعلومات المختلفة هي عرضة للتغيير والتعديل حسب المعلومات العلمية التي يجري تحديثها سنوياً.

وسنتناول هنا عدد من المحددات والمواصفات العراقية والعالمية الخاصة بالإستخدامات المختلفة للمياه تحدد صلاحية إستخدامها وتمنع تلوثها.

جدول يبين محددات نظام صيانة الأنهار والمياه العمومية من التلوث لسنة 1967 والتعديلات الملحقة به

د. سفيان محمد شرتوح

الخاصية	جزء أ- مصادر المياه				جزء ب- المياه المتخلفة			
	(أ- ١)	(أ- ٢)	(أ- ٣)	(أ- ٤)	(ب- ١)	(ب- ٢)	(ب- ٣)	(ب- ٤)
اللون	طبيعي	طبيعي	طبيعي	طبيعي	—	—		
الحرارة	—	—	—	—	اقل من ٣٥ مْ	اقل من ٤٥مْ		
المواد العالقة	—	—	—	—	٦٠	٧٥٠		
pH	٦,٥ – ٨,٥	٦,٥ – ٨,٥	٦,٥ – ٨,٥	—	٦ – ٩,٥	٦ – ٩,٥		
Do	اكثر من ٥	اكثر من ٥	اكثر من ٥	—	—	—		
BOD5	اقل من ٥	اقل من ٣	اقل من ٣	—	اقل من ٤٠	اقل من ١٠٠٠		
COD	—	—	—	—	اقل من ١٠٠	—		
السيانيد CN	٠,٠٢	٠,٠٢	٠,٠٢	٠,٠٢	٠,٠٥	٠,٠٥		
الفلور F	٠,٠٢ أو	اكثر حسب	ماهو موجود	في المصدر	٥,٠	٠,٥		
الكلور الحر Cl	قليل	قليل	قليل	قليل	قليل	١٠٠		
الفينول	٠,٠٠٥	٠,٠٠٥	٠,٠٠٥	٠,٠٠٥	٠,٠١ – ٠,٠٥	٥ – ١٠		
النترات	١٥	١٥	١٥	٥٠	٥٠	—		
الفوسفات	٠,٤	٠,٤	٠,١	٠,٤	٣	—		
مبيد DDT	Nill	صفر – Nill	صفر	صفر	صفر	—		
الرصاص	٠,٠٥	٠,٠٥	٠,٠٥	٠,٥	٠,١	٠,١		
الزرنيخ	٠,٠٥	٠,٠٥	٠,٠٥	٠,٠٥	٠,٠٥	٠,٠٥		
النحاس	٠,٠٥	٠,٠٥	٠,٠٥	٠,١	٠,٢	٠,١		
النيكل	٠,١	٠,١	٠,١	٠,١	٠,٢	٠,١		
السلينيوم	٠,٠١	٠,٠١	٠,٠١	٠,٠١	٠,٠٥	—		
الزئبق	٠,٠٠١	٠,٠٠١	٠,٠٠١	٠,٠٠١	٠,٠٠٥	٠,٠٠١		
الكاديوم	٠,٠٠٥	٠,٠٠٥	٠,٠٠٥	٠,٠٠٥	٠,٠١	٠,١		
الخارصين	٠,٥	٠,٥	٠,٥	١,٠	٢,٠٠	٠,١		
الكروم	٠,٠٥	٠,٠٥	٠,٠٥	٠,٠٥	٠,١	٠,١		
الالمنيوم	٠,١	٠,١	٠,٥	—	٥,٠٠	٢٠		
الباريوم	١,٠٠	١,٠٠	١,٠٠	١,٠٠	٤	٠,١		
البورون	١,٠٠	١,٠٠	١,٠٠	١,٠٠	١,٠٠	١,٠٠		
الكوبلت	٠,٠٥	٠,٠٥	٠,٠٥	٠,٠٥	٠,٥	٠,٥		

• التراكيز محسوبة بوحدة ملغرام/ لتر عدا ما مذكور ازائها.

جدول يوضح الخصائص الطبيعية لمياه الشرب وفق المواصفة العراقية لسنة 1986

الخاصية	الحد المسموح به
اللون	10 وحدات بمقياس الكوبلت البلاتيني
الكدرة	أقل من 10 وحدات NTU
الطعم	مقبول
الرائحة	مقبولة
pH	8.5 – 6.5

جدول يوضح النسب المسموح بها للمواد السامة وفق المواصفة العراقية لمياه الشرب لسنة 1986

المادة	الحد الأقصى ملغم/ لتر
الرصاص Pb	0.05
الزرنيخ As	0.05
السيانيد CN	0.05
السيلينيوم Se	0.01
الكادميوم Cd	0.005
الباريوم Ba	1
الكروم السداسي التكافؤ Cr	0.05

جدول يوضح النسب المسموح بها للمواد الكيمياوية التي لها تأثير خاص على الصحة وفق المواصفة العراقية لمياه الشرب لسنة 1986

المادة	الحد الأقصى ملغم/ لتر
الفلور F	1
النترات NO_3	20

جدول يوضح النسب المسموح بها للمبيدات وفق المواصفة العراقية لمياه الشرب لسنة 1986

المبيد	الحد الأقصى (مايكروغرام/ لتر)
ألدرين / داي ألدرين	0.03
كلوريدين	0.3
2- داي ألدرين	100
DDT	1
لايندين	3
الفوسفور العضوي الكلي	10

جدول يوضح النسب المسموح بها للأحياء المجهرية وفق المواصفة العراقية لمياه الشرب لسنة 1986

الفحص	الحد الأعلى المسموح به
MPN لبكتيريا Coliform	5 خلية / 100 مللتر
MPN لبكتيريا القولون البرازية	أقل من 1 خلية / 100 مللتر
العدد الكلي للبكتيريا TPC	50 خلية / مللتر

جدول يوضح تصنيف ماء الري بالنسبة لمحتواه من الأملاح الكلية الذائبة وقيمة التوصيل الكهربائي حسب تصنيف مختبر الملوحة الأمريكي

صنف الماء	التوصيل الكهربائي (مايكروسمنز/سم) عند ٢٥°م	كمية الأملاح الذائبة الكلية (ملغم/ لتر)	مدى ملائمة الماء
C1 قليل الملوحة	250 – 100	صفر – 160	الماء ملائم لأغلب النباتات ولمعظم الترب مع إحتمال قليل جداً انشوء ملوحة التربة.
C2 متوسط الملوحة	750 – 250	480 – 160	الماء ملائم للنباتات جيدة التحمل للأملاح في حالة وجود غسل متوسط للتربة.
C3 عالي الملوحة	2250 – 750	1440 – 480	الماء ملائم للنباتات المقاومة للملوحة وعلى ترب جيدة البزل مع ضرورة وجود نظام بزل وغسل جيد للتربة.
C4 عالي الملوحة جداً	5000 – 2250	3200 – 1440	الماء ملائم للنباتات المتحملة جداً للملوحة على تربة نفاذة جيدة البزل مع وجود غسل شديد للأملاح.