الكيمياء البيئية ـ نظري

اعداد: م. د. عمر ادريس صالح

الكيمياء البيئية: هي العلم الذي يدرس العمليات الكيميائية التي تحدث بشكل طبيعي أو نتيجة لنشاط الإنسان في البيئة المحيطة بنا، بما في ذلك الهواء والماء والتربة والكائنات الحية. يهتم هذا العلم بدراسة مصادر الملوثات الكيميائية، وكيفية انتشارها وتأثيرها على البيئة والكائنات الحية، ويسعى إلى تطوير الحلول المنطقية لمعالجة مشاكل التلوث وحماية البيئة.

تعتبر الكيمياء البيئية من أهم التخصصات التي تلعب دورًا كبيرًا في فهم ومعالجة التحديات البيئية المعقدة التي نواجهها اليوم. فهي بمثابة الجسر الذي يربط بين العلوم الكيميائية والعلوم البيئية، حيث تستعين بالكيمياء لفهم العمليات الطبيعية التي تحدث في الهواء والماء والتربة، وتقييم تأثير الأنشطة البشرية على هذه العمليات، فلو كنا على دراية بالمفاهيم والمبادئ والتطبيقات الأساسية لهذا التخصص، سنكون مستعدًين جيدًا للمساهمة في تطوير الحلول المستدامة وإحداث تأثير إيجابي على العالم.

- **اذن الغاية الأساسية من دراسة هذا العلم تتجسد من خلال: فهم طبيعة البيئة المراد دراستها وذلك لغرض حماية البيئة او لتشخيص الملوثات الكيميائية ومعرفة النسب الطبيعية لكل مادة كيميائية ضمن حقل العمل ثم اقتراح حلول منطقية لمعالجة المشكلة مبنية على أسس علمية رصينة قد تكون حلول طبيعية او معالجة كيميائية.**

أهمية الكيمياء البيئية:

1. **تساعد في فهم أسباب وتأثيرات وحلول لأنواع التلوث المختلفة مثل تلوث الهواء والماء والضوضاء والتربة.**
2. **يمكن فهم تأثير المركبات الكيميائية المختلفة على البيئة بسهولة بمساعدة الكيمياء البيئية.**
3. **تساعد في وصف آثار الملوثات الكيميائية على صحة الإنسان.**
4. **فهم تأثير الاستخدام العالمي للطاقة على تغير المناخ.**
5. **تشرح الكيمياء البيئية أيضًا أسباب المشاكل مثل ثقوب الأوزون وحلولها.**
6. **مناقشة الظواهر البيئية الهامة، مثل تأثيرات الاحتباس الحراري.**

(Dr-Omar Idrees Salih) الكيمياء البيئية

7. تهتم الكيمياء البيئية بالمواد العضوية والكيميائية الحيوية التي هي منتجات ثانوية لعملية التمثيل الغذائي البيولوجي، التي تضم المعادن والعناصر الأخرى والمركبات العضوية والمواد التي تحدث بشكل طبيعي.
8. تتعامل الكيمياء البيئية أيضًا مع المركبات الكيميائية المصنعة التي من صنع الإنسان بما في ذلك المبيدات الحشرية والعديد من المركبات الأخرى التي تم إنتاجها وإطلاقها في البيئة.
9. تهتم الكيمياء البيئية بدراسة الغلاف المائي، والرواسب، والغلاف الجوي، والكائنات الحية، والتربة، والمياه الجوفية، والتي تعد الأجزاء البيئية الهامة، وخصائصها وعملياتها الهامة التي تتحكم في كيفية تصرف الملوثات الكيميائية. ودراسة أنواع المعادن وتحللها وتحويل المركبات العضوية، بالإضافة إلى العمليات التي تؤثر على التوافر الحيوي للمعادن والملوثات العضوية.
10. للكيمياء البيئية دور مهم في التقدم الاستدامة وحماية البيئة. فمن خلال توفير فهم عميق للعمليات الكيميائية في البيئة، تساعد في تطوير استراتيجيات للحد من التلوث والحفاظ على الموارد والتخفيف من آثار تغير المناخ.

اهم الموضوعات التي تتطرق لها الكيمياء البيئية:

- التلوث البيئي: تتناول ماهية التلوث البيئي وأسبابه وأشكال التلوث المختلفة بشكل عام.
- تلوث الغلاف الجوي: تناقش أسباب التلوث على مستوى الستراتوسفير والتروبوسفير
- تلوث المياه: تطرق إلى أسباب تلوث المياه ومتطلبات الحصول على مياه صالحة للشرب.
- تلوث التربة: تقدم المزيد من المعلومات حول كيفية تسبب المبيدات الحشرية ومبيدات الفطريات ومبيدات الأعشاب ومبيدات الأعشاب في تلوث التربة.
- النفايات الصناعية: يتناول هذا القسم كيفية تلويث الصناعات للبيئة.
- حلول التلوث البيئي: يناقش هذا القسم طرق الحد من التلوث البيئي وإدارة النفايات
- الكيمياء الخضراء: تتناول كيفية تقليل الاعتماد على المواد الكيميائية والمواد الخطرة.

(Dr-Omar Idrees Salih) الكيمياء البيئية

أهداف الكيمياء البيئية *Aimes of Environmental Chemistry*

بصورة عامة يهدف هذا العلم الى حماية كوكبنا من التلوث وتحسين جودة الحياة، ويمكن حصر أبرز أهداف الكيمياء البيئية بالنقاط التالية:

1. **فهم التفاعلات الكيميائية الطبيعية:**
   - **دراسة العمليات الكيميائية التي تحدث بشكل طبيعي في الهواء والماء والتربة والكائنات الحية.**
   - **فهم دورة المواد الكيميائية في البيئة وكيفية تفاعلها مع بعضها البعض.**
   - **تحديد العوامل التي تؤثر على هذه التفاعلات وكيفية تغيرها بمرور الوقت.**
2. **تحديد وتقييم الملوثات الكيميائية:**
   - **تحديد مصادر الملوثات الكيميائية المختلفة، سواء كانت طبيعية أو من صنع الإنسان.**
   - **قياس تراكيز هذه الملوثات في البيئة وتقييم تأثيرها على الكائنات الحية والنظم البيئية.**
   - **تطوير طرق لتحليل وتحديد المواد الكيميائية الضارة في البيئة.**
3. **دراسة تأثير النشاط البشري على البيئة:**
   - **دراسة تأثير الصناعات والزراعة والنقل وغيرها من الأنشطة البشرية على جودة الهواء والماء والتربة.**
   - **تقييم الآثار الصحية والبيئية طويلة المدى للتلوث.**
   - **تطوير استراتيجيات للحد من التلوث الناتج عن الأنشطة البشرية.**
4. **تطوير طرق لمعالجة التلوث:**
   - **تطوير تقنيات جديدة لتنقية المياه ومعالجة النفايات وتقليل الانبعاثات الضارة.**
   - **دراسة طرق لإعادة تدوير المواد واستخدامها بشكل مستدام.**
   - **تطوير مواد كيميائية صديقة للبيئة بديلة للمواد الضارة.**

(Dr-Omar Idrees Salih) الكيمياء البيئية

5. حماية الصحة العامة:

- دراسة العلاقة بين التلوث والصحة البشرية وتحديد الأمراض المرتبطة بالتلوث.
- تطوير معايير لجودة الهواء والماء والتربة لحماية صحة الإنسان.
- نشر الوعي بأهمية حماية البيئة والصحة العامة.

6. الحفاظ على التنوع البيولوجي:

- دراسة تأثير التلوث على النظم البيئية والتنوع البيولوجي.
- تطوير استراتيجيات لحماية الأنواع المهددة بالانقراض والحفاظ على العوائل الطبيعية.

تطبيقات الكيمياء البيئية *Applications of Environmental Chemistry*

1- تقييم المخاطر البيئية:

- تحديد الملوثات :تحديد نوعية وكمية الملوثات الموجودة في الهواء والماء والتربة.
- تقييم السمية :دراسة تأثير هذه الملوثات على الكائنات الحية والنظم البيئية.
- تقدير المخاطر :تقييم المخاطر المحتملة الناجمة عن التعرض للملوثات.

2- إدارة البيئة:

- وضع السياسات :تطوير سياسات بيئية فعالة للحد من التلوث وحماية البيئة.
- تخطيط الاستخدامات :تخطيط استخدام الأراضي والموارد الطبيعية بطريقة مستدامة.
- متابعة الأثر البيئي :متابعة آثار الأنشطة البشرية على البيئة وتقييم فعاليتها.

3- حماية الموارد المائية:

- معالجة المياه :تطوير تقنيات فعالة لمعالجة المياه العادمة والمياه الصناعية.
- حماية المياه الجوفية :حماية المياه الجوفية من التلوث الناتج عن النشاطات البشرية.
- تقييم جودة المياه :تقييم جودة المياه السطحية والجوفية بشكل دوري.

(Dr-Omar Idrees Salih) الكيمياء البيئية

4- حماية التربة:

- **إصلاح التربة الملوثة :تطوير تقنيات لإصلاح التربة الملوثة بالمواد الكيميائية الثقيلة والمعادن.**
- **إدارة النفايات الصلبة: إدارة النفايات الصلبة بطريقة آمنة تمنع تلوث التربة.**
- **الزراعة المستدامة :تطوير ممارسات زراعية مستدامة تحافظ على خصوبة التربة.**

5- تطوير منتجات صديقة للبيئة:

- **تصميم المنتجات :تصميم منتجات تقلل من إنتاج النفايات وتستخدم مواد خام متجددة.**
- **تطوير مواد بديلة :تطوير مواد بديلة آمنة بيئيًا لتحل محل المواد الضارة.**
- **تحسين العمليات الصناعية :تحسين العمليات الصناعية لتقليل استهلاك الطاقة والمواد الخام والحد من الانبعاثات.**

6- تغير المناخ:

- **دراسة آثار تغير المناخ :دراسة آثار تغير المناخ على البيئة والكائنات الحية.**
- **تطوير حلول للتخفيف والتكيف :تطوير حلول للتخفيف من آثار تغير المناخ والتكيف معه.**

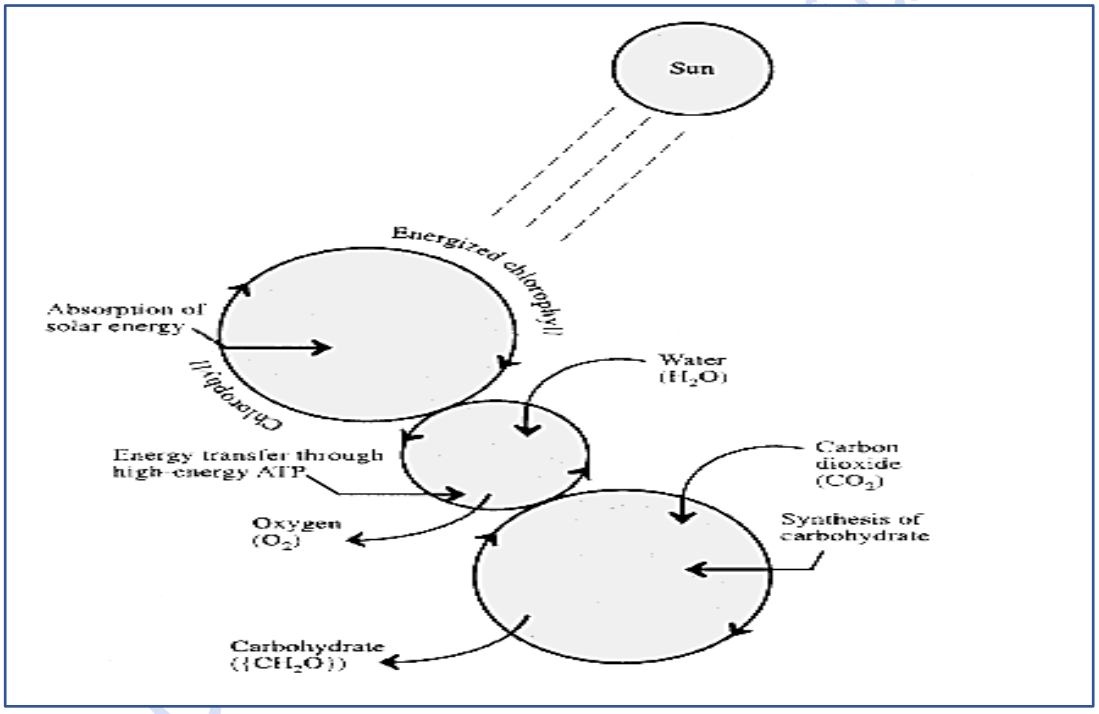
ومن اهم الأمثلة عن تطبيقات الكيمياء البيئية في الحياة اليومية:

- **معالجة المياه الصرف الصحي ومياه الفضلات الصناعية: قبل أن تعود المياه إلى البيئة، يتم معالجتها لإزالة الملوثات منها.**
- **إدارة النفايات الخطرة: يتم التعامل مع النفايات الخطرة بطرق آمنة لمنع تسربها إلى البيئة.**
- **تطوير تقنيات الطاقة المتجددة: يتم تطوير تقنيات جديدة للحصول على الطاقة من مصادر متجددة مثل الشمس والرياح.**
- **تقييم جودة الهواء: يتم قياس جودة الهواء في المدن لتحديد مستوى التلوث واتخاذ الإجراءات اللازمة لتحسينه.**

(Dr.Omar Idrees Salih) الكيمياء البيئية

الدورات الطبيعية Natural Cycles

ان كميه المادة على كوكب الارض ثابته، اما المادة القادمة الى كوكب الارض وعلى سبيل المثال النيازك او الخارجة منه مثل الاقمار الصناعية وغيرها يمكن اهمالها وعليه فالكره الأرضية نظام مغلق ولذا فان المواد الكيميائية الضرورية للحياة يجب ان تدور بصوره مستمرة في المحيط الحيوي (Biosphere). يمثل المنطقة الضيقة التي تقوم فيها الحياة على كوكب الارض وهي محددة ما بين قشره الارض والفضاء المائي والطبقات الدنيا من المحيط الحيوي. وتسمى دورات العناصر في المحيط الحيوي للكره الأرضية بالدورات البايوجيوكيميائية نسبة الى (بايو تعني الحياة جيو نسبة الى الماء والصخور وكيميائية نسبه الى التفاعلات الكيميائية). حيث تكون المواد ودورات المواد بشكل ثابت وتنتقل الطاقة وتتحول بشكل منتظم فيما بينها. وكما مبين في الشكل ادناه.



دورة هيدرولوجية تعمل بالطاقة الشمسية

الدورات البايوجيوكيميائيه في الكيمياء البيئية biogeochemical cycles

هي عمليات طبيعية تحدث فيها انتقال العناصر الكيميائية الأساسية للحياة (مثل الكربون والنيتروجين والأكسجين والفسفور والكبريت) بين المكونات الحيوية (الكائنات الحية) واللاحيوية (الهواء، الماء، التربة) في نظام بيئي مغلق. تلعب هذه الدورات دورًا حاسمًا في الحفاظ على الحياة على الأرض وتوازن النظم البيئية.

س/ لماذا تعتبر الدورات البايوجيوكيميائية مهمة؟

1. **دعم الحياة:**
   - **توفير العناصر الغذائية الأساسية :تزود الكائنات الحية بالعناصر الضرورية لنموها وتكاثرها، مثل الكربون لبناء المركبات العضوية والنيتروجين لبناء البروتينات.**
   - **تنظيم العمليات الحيوية :تلعب دورًا حاسمًا في عمليات مثل التمثيل الضوئي والتنفس الخلوي.**
2. **الحفاظ على التوازن البيئي:**
   - **دورة المواد :تضمن إعادة تدوير العناصر الكيميائية في النظام البيئي، مما يمنع نفاذها.**
   - **تنظيم المناخ :تؤثر على تركيز الغازات الدفيئة في الغلاف الجوي، وبالتالي تلعب دورًا في تنظيم المناخ.**
   - **الحفاظ على التنوع البيولوجي :تساعد في الحفاظ على التنوع البيولوجي من خلال توفير الموارد اللازمة للكائنات الحية.**
3. **فهم التغيرات البيئية:**
   - **تقييم آثار الأنشطة البشرية :تساعد في تقييم تأثير الأنشطة البشرية على البيئة، مثل حرق الوقود الأحفوري وإزالة الغابات.**
   - **تطوير حلول بيئية :تساعد في تطوير استراتيجيات لحماية البيئة والحفاظ على الموارد الطبيعية.**

دورة الاوكسجين *Oxygen Cycle*

هي عملية حركة مستمرة للأوكسجين بين الغلاف الجوي، والمحيط الحيوي (النباتات والحيوانات)، والغلاف الصخري (القشرة الأرضية). تلعب هذه الدورة دورًا حيويًا في الحفاظ على الحياة على كوكبنا.

س/ كيف تعمل دورة الأكسجين؟

1. **التمثيل (البناء) الضوئي :النباتات تستخدم ضوء الشمس، والماء، وثاني أكسيد الكربون لإنتاج الغذاء (الجلوكوز) والأكسجين، يتم إطلاق الأكسجين في الغلاف الجوي، وهو ما نستنشقه وكما موضح بالمعادلة ادناه.**

$$6CO_2\,(g) + 6H_2O(l) + Light \longrightarrow C_6H_{12}O_6(S) + 6O_2\,(g)$$

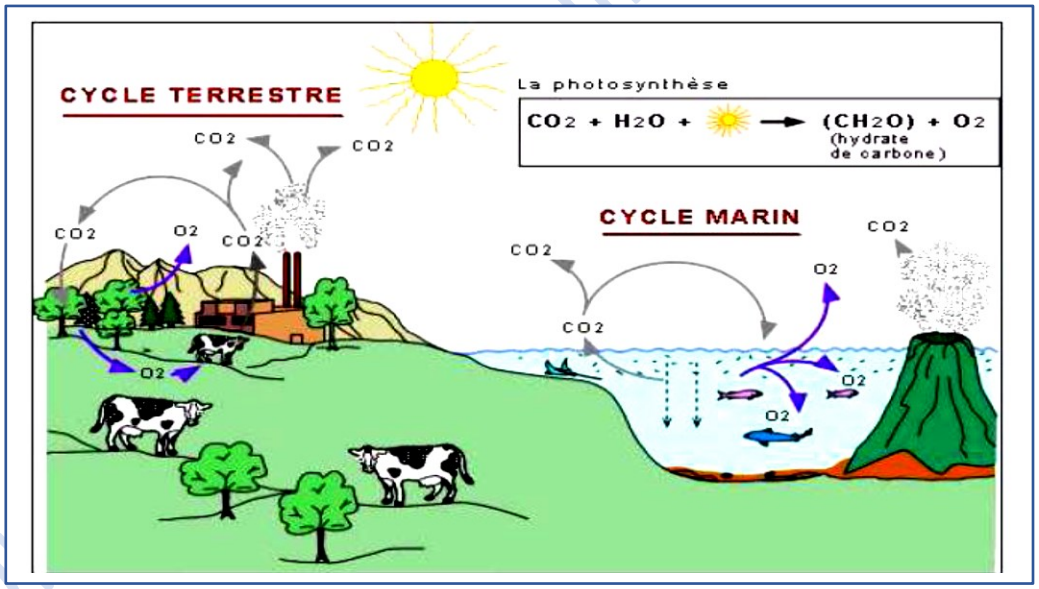
(Dr-Omar Idrees Salih) الكيمياء البيئية

2. التنفس الخلوي :الكائنات الحية (بما في ذلك النباتات والحيوانات) تستخدم الأوكسجين لتحليل الغذاء وإنتاج الطاقة، يتم إطلاق ثاني أكسيد الكربون كمنتج ثانوي للتنفس، والذي يعود إلى الغلاف الجوي ليتم استخدامه مرة أخرى في عملية التمثيل الضوئي.

$$C_6H_{12}O_6\ (S) + 6O_2\ (g) \longrightarrow 6CO_2\ (g) + 6H_2O(l\ ) + Energy$$

3. تحلل المواد العضوية :عندما تموت الكائنات الحية، فإن البكتيريا والفطريات تقوم بتحليل المواد العضوية، مما يؤدي إلى إطلاق بعض الأكسجين.
4. عمليات الحرق بصورة عامة: الحرائق الطبيعية والبشرية تستهلك الأوكسجين وتطلق ثاني أكسيد الكربون.

ان الكميات المنتجة والمستهلكة من الاوكسجين الجوي O_2 تكون في حاله توازن ديناميكي ولولا هذا التوازن لتغير تركيز الاوكسجين في الغلاف الجوي بشكل مستمر وكما موضحة في الشكل ادناه، الاوكسجين يعتبر اهم عنصر مسؤول عن استمرارية الحياة بالإضافة الى الحفاظ على التوازن البيئي الطبيعي لبقية العناصر أيضا هو المسؤول عن تكوين طبقة الأوزون O_3.

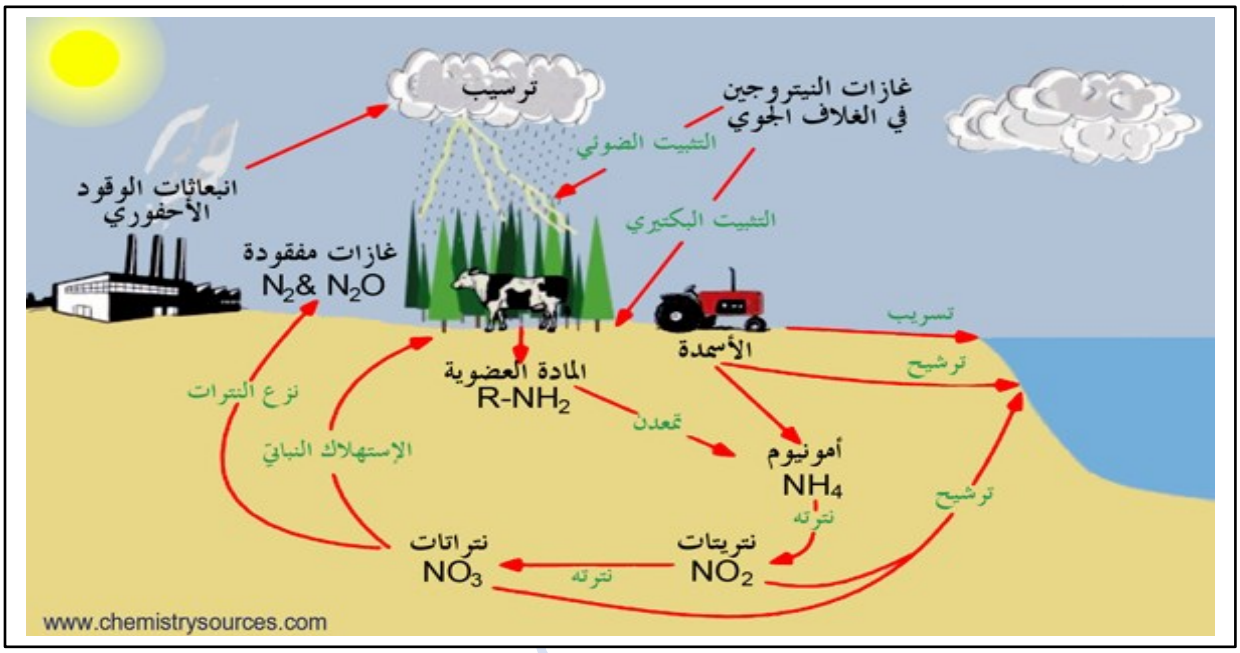


دورة الاوكسجين في الطبيعة

ممكن ان يظهر التأثير السلبي للإنسان على هذه الدورة من خلال:
1- إزالة الغابات. 2- التلوث. 3- حرق الوقود الاحفوري.

دورة النيتروجين — The Nitrogen Cycle

غاز النيتروجين (N_2) هو العنصر الكيميائي الرئيسي في الغلاف الجوي الذي يعتبر المستودع الأكبر للنيتروجين، وكما موضح في الشكل ادناه:



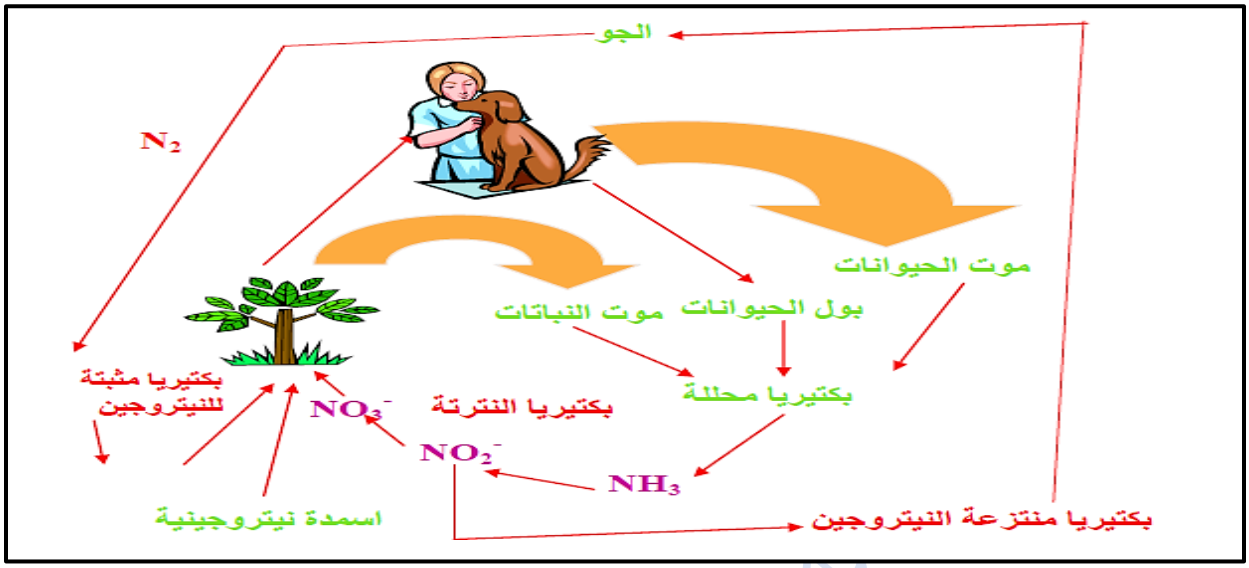
دورة النيتروجين في الطبيعة

يتحول جزء من ثنائي النيتروجين (جزيئة N_2) في التربة وفي المياه الى امونيا (NH_3) واموניום (NH_4^+) ومركبات عديده اخرى مثل: NO, NO_2, N_2O, N_2O_3, N_2O_5 وتعرف هذه العملية بعمليه تثبيت النيتروجين (Nitrogen Fixation). وهي تحصل في غياب الأسمدة الكيميائية، حيث تعتبر المصدر الرئيسي للنيتروجين في الكائنات الحية. وتلعب بكتيريا وطحالب متخصصة دور الوسيط في عمليه التثبيت البيولوجي للنيتروجين. اما على اليابسة غالبا ما تعيش هذه البكتيريا على عقد في جذور البقوليات حيث تستخدم الطاقة من النباتات للقيام بعملها. اما في المياه والبحيرات العذبة فتقوم السيانوبكتيريا (طحالب زرقاء - خضراء اللون) بتثبيت النيتروجين وتساهم في تثبيت النيتروجين عمليات كيميائية معقده تشتمل على تحويل ماده مستقرة جدا (N_2). الى مواد اقل استقرارا او تتطلب اشتراك الدورات الطبيعية للعديد من العناصر ومن ضمنها الكربون والاكسجين والكبريت والفسفور والحديد لتهيئه الظروف الثرموديناميكية الضرورية لذلك. ويمكن تلخيص عمليه تثبيت النيتروجين باستخدام المعادلة الاتية:

$$3CH_2O + 3H_2O + 2N_2 + 4H^+ \rightarrow 3CO_2 + 4NH_4^+$$

Dr Omar Idrees

والشكل ادناه يوضح عملية تثبيت النيتروجين في التربة



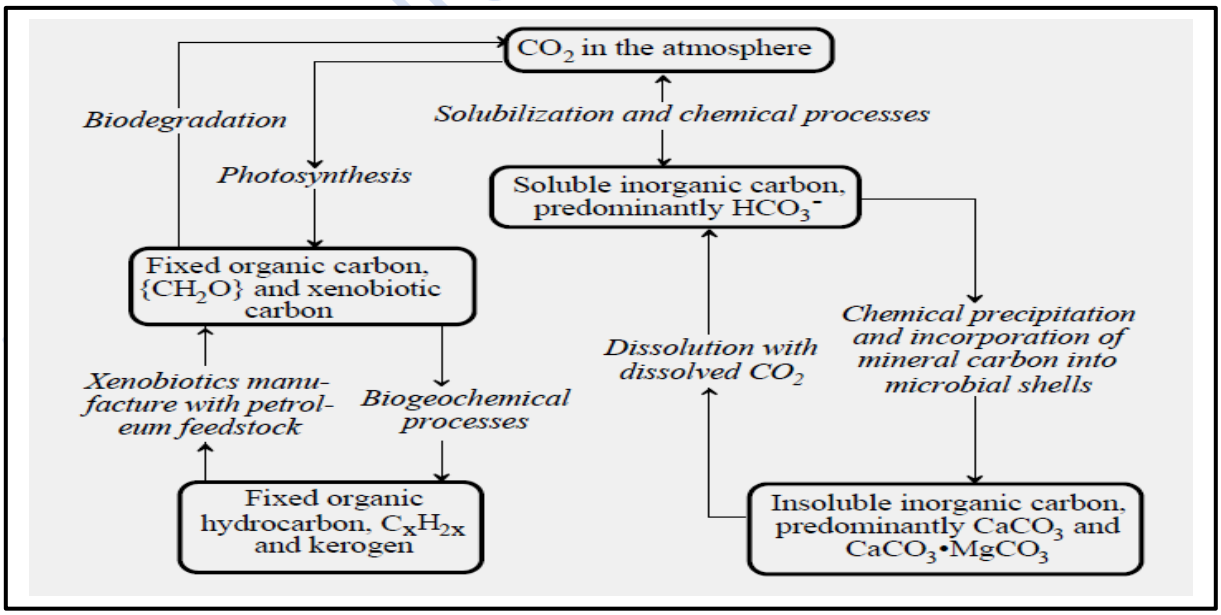
عملية تثبيت النيتروجين في التربة

The Carbon Cycle *دورة الكربون*

احتراق الكربون في الهواء ينتج عنه غاز ثنائي أوكسيد الكربون (CO_2) وإذا حدث احتراق غير كامل ممكن ان ينتج اول أوكسيد الكربون (CO) وكما في المعادلات التالية:

$$C + O_2 \rightarrow CO_2 \qquad 2C + O_2 \rightarrow 2CO$$

والمخطط ادناه يوضح دورة الكربون في الطبيعة:



تتضمن دوره الكربون المبينة في المخطط اعلاه. اربعه مستودعات رئيسيه للكربون هي:

1- ثنائي اكسيد الكربون في الغلاف الجوي (CO_2) .
2- ثنائي اكسيد الكربون الذائب في المحيطات وفي الاوساط المائية الاخرى على شكل HCO_3.
3- المركبات العضوية في الاعضاء الحية او الميتة حديثا (النباتات والحيوانات).
4- كربونات الكالسيوم في حجر الكلس والكربون في المواد العضوية المطمورة مثل السماد العضوي والفحم الحجري وفحم المستنقعات (مواد نباتيه متحجره) والفحم والنفط والغاز الطبيعي.

تمتص العمليات الطبيعية في الغلاف الجوي او تبعث اليه مئات المليارات من الاطمان الكربون على شكل غاز ثاني اكسيد الكربون سنويا وتعتمد دوره الكربون الى حد كبير على:

1- تحويل ثاني اكسيد الكربون الى مركبات كربون عضويه (في الاحياء العضوية) بواسطة عملية البناء الضوئي.
2- إطلاق ثاني اكسيد الكربون اثناء التنفس الى الهواء.
3- تحلل وتعفن الحيوانات والنباتات الميتة.
4- امتصاص وإطلاق ثاني اكسيد الكربون في المحيطات.
5- استخراج المعادن الرسوبيات.

دورة الكبريت The Sulphur Cycle

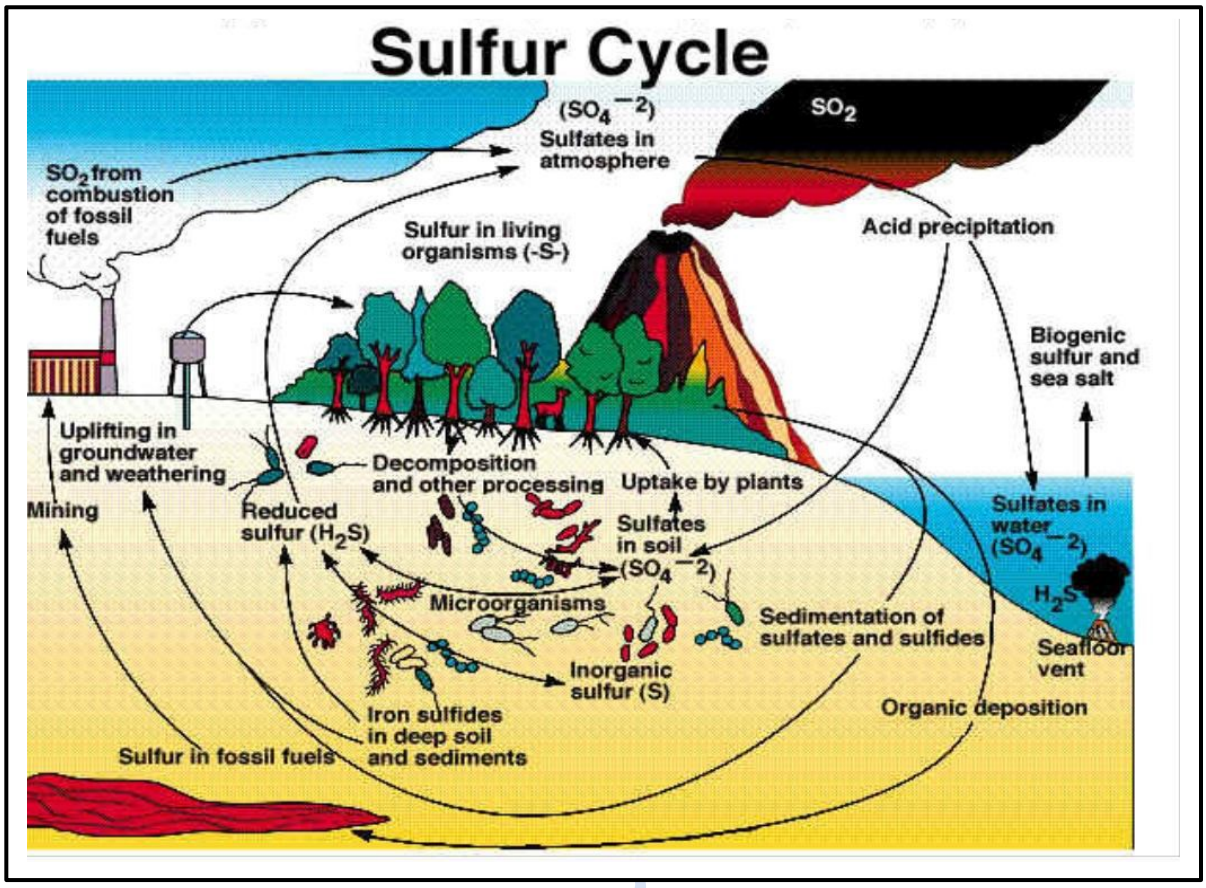
يعد الكبريت من العناصر الأساسية اللازمة للكائنات الحية، وتحتوي التربة أو الكائنات الحية من نبات وحيوان على الكبريت. ويوجد في الطبيعة مصادر متعددة للكبريت أهمها:

- تحلل المواد العضوية في التربة والتي ينتج عنها مركبات الكبريت بالإضافة إلى مركبات أخرى.
- من الصخور المحتوية على الكبريت.
- البراكين والتي تنقل معها غازات الكبريت إلى مسافات بعيدة.
- التلوث الناتج عن أنشطة الإنسان المختلفة كالصناعة والمواصلات والتدفئة حيث تنطلق الملوثات ومن ضمنها الكبريت إلى الغلاف الغازي ويسقط الكبريت مع مياه الأمطار مكونا في بعض الحالات الأمطار الحمضية وتصل كمية الكبريت الساقطة مع مياه الأمطار في بعض المناطق حوالي 60 كغم في السنة على الهكتار الواحد. كما تذهب بعض المركبات الكبريتية مع المياه في مجاري المياه.

حيث يتواجد الكبريت بكميات كبيرة في القشرة الأرضية وكذلك في المحيط المائي، وبكميات قليلة في الغلاف الجوي ويعود سبب ذلك الى العمر القصير نسبيا لمركبات الكبريت في الهواء الذي يقدر ببضعة أيام معدودة.

وكما في المخطط ادناه:

Dr Omar Idrees Saihi الكيمياء البيئية



دورة الكبريت في الطبيعة

في المحيط الارضي فان غاز كبريتيد الهيدروجين (H_2S) يعد اهم مركب كبريتي.

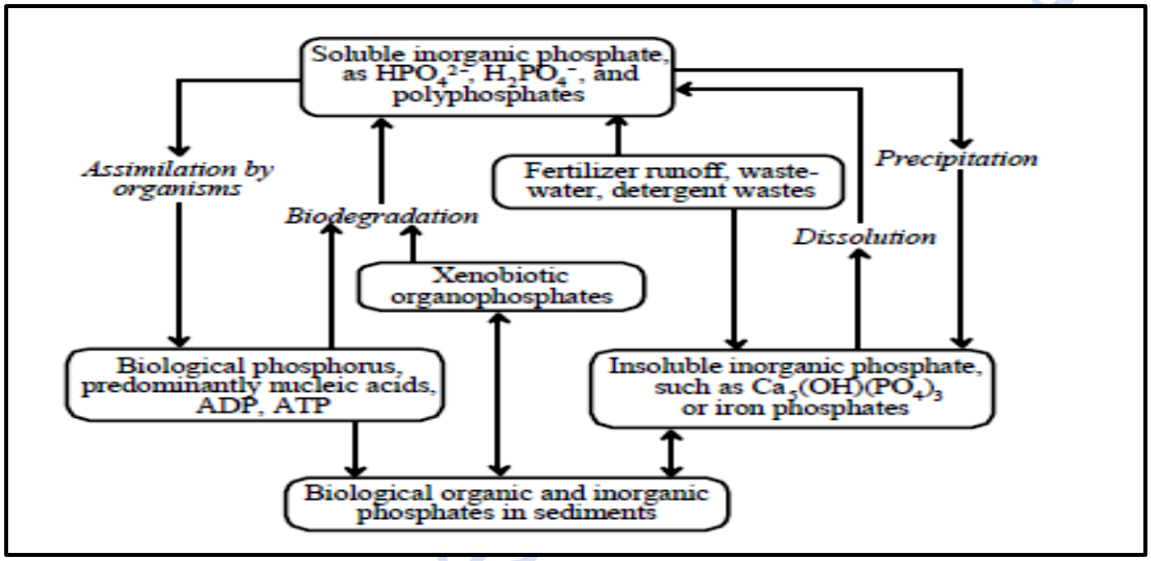
ينتج بايوجينيا (Biogenetic) حيث يتأكسد هذا الغاز الى غاز ثنائي اكسيد الكبريت (SO_2). والذي بدوره ممكن ان يكون الكبريتات (SO_4^{-2}) وكما في المعادلة ادناه:

$$H_2S \rightarrow S \rightarrow SO_2 \rightarrow SO_3 \rightarrow SO_4^{-2}$$

(Dr-Omar Idrees)

دورة الفسفور The Phosphorus Cycle

عنصر الفسفور رمزه الكيميائي (P) يعد عنصرا مهما جدا في المنظومة الحية إذ يدخل في تركيب الأنسجة العصبية والعضلية. سمي بالفسفور نسبة إلى الاسم اليوناني القديم (المادة المحدثة للضوء)، يتحرك الفسفور ضمن الفضاء المائي وقشرة الأرض والكائنات الحية في دورة تسمى بدورة الفسفور وكما موضحة في المخطط ادناه:



دورة الفسفور في الطبيعة

إن حركة الفسفور بين الفضاء الجوي وبقية أجزاء البيئة المحيطة به تكون ضعيفة نسبيا حيث تقتصر على نقل الغبار وسبب ذلك هو قابلية ذوبان هذه المركبات التي تكون ضعيفة نسبيا، لذلك فإن حركة الفسفور الجيوكيميائية بين اليابسة والمحيط المائي تعتبر أساس دورة الفسفور في الطبيعة. إن قابلية الذوبان الضعيفة لمركبات الفسفور اللاعضوية تعني أن الفسفور غير متاح أو لا يتوفر دائما كمغذي إذ أن مثله مثل النيتروجين يجب أن يكون موجودا بشكله اللاعضوي البسيط لكي تتمكن النباتات من استيعابه. إن أيونات الأورثو فوسفات (PO_4^{3-}) وفوسفات الهيدروجين (HPO_4^{2-}) فضلا عن ثنائي هيدروجين الفوسفات ($H_2PO_4^{1-}$) هي الأكثر تواجدا في التربة حيث أن الأورثو فوسفات مركب غير قابل للذوبان نسبيا في الماء وذلك لكبر حجمه بالإضافة إلى شحنته السالبة الثلاثية التي تجعله شديد الانجذاب إلى الكتيونات الموجبة، أما مركبات فوسفات الهيدروجين فإنها تمتلك قابلية ذوبان أفضل وذلك بسبب ضعف شحنتها مقارنة بالأورثو فوسفات.

مصادر الفسفور

بصورة عامة توجد مركبات الفسفور في المياه غير الملوثة بتراكيز ضئيلة نسبيا غير أن الكميات الإضافية من الفسفور ممكن أن تتسرب إلى منظومة المياه من مصادر أخرى منها:

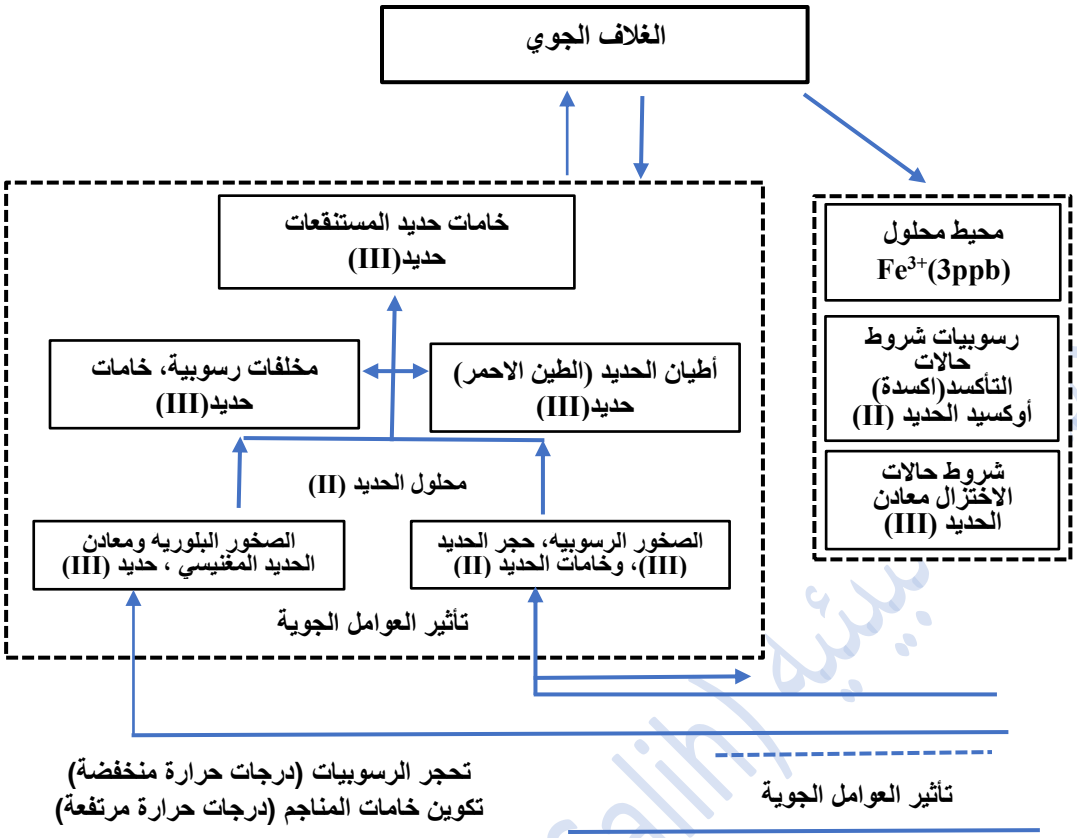
1- تآكل التربة نتيجة لقطع الأشجار والزراعة.
2- المنظفات والمواد التي تستعمل في التنظيف مثل البولي فوسفات.
3- الأسمدة الحيوانية (المياه القادمة من الحقول والمزارع).
4- معالجة المياه.
5- مواد مكافحة الآفات الزراعية (استخدام المبيدات) التي يدخل في تركيبها الفوسفات العضوي.

غالبا ما يؤثر تراكم الفسفور الذائب في الماء على نمو النباتات حيث يحفز النمو السريع للطحالب في البحيرات والمياه الضحلة مما يؤدي إلى حجب كمية الضوء النافذة داخل هذه المسطحات المائية وبالنتيجة يؤدي إلى التقليل من عملية التركيب الضوئي وبالتالي هذا ينعكس على كمية الأوكسجين المنتجة وعندما تموت الطحالب تستهلك عملية التفسخ كميات كبيرة من الأكسجين مما يزيد الوضع سوءا إن هذه العملية يمكن تعريفها بالتغذية المفرطة (الاثراء الغذائي) أي الإشباع المفرط للبحيرات والمياه الضحلة والأنهار بالمواد الغذائية التي تؤدي إلى تعجيل نمو الطحالب والبكتيريا وبالتالي تقليل كمية الأوكسجين الذائب في الماء هذه العملية بدورها تؤدي إلى مشاكل بيئية حدثت وتحدث بصورة مستمرة في مناطق متعددة من العالم مثل الولايات المتحدة الامريكية وإنجلترا وغيرها. وبما أن الطحالب هي جزء من السلسلة الغذائية في المياه فإن وجود كمية من الفوسفات ضروري للاستمرار حياة الأسماك والنباتات والأحياء المائية الأخرى، لذا فإن المطلوب هو التوازن بين المواد المغذية والطحالب والنباتات والأحياء المائية الأخرى حيث أن الزيادة في أي مكون ممكن أن تؤدي إلى خلل في ذلك التوازن لذلك يمكن التخلص من الفوسفات الزائدة من خلال معالجتها في محطات خاصة لمعالجة مياه الصرف الصحي وذلك بإضافة مادة اللايم، الألمنيوم أو مركبات الحديد التي تعمل على ترسيب مركبات الفوسفات قبل وصولها إلى المسطحات المائية الطبيعية.

دورة الحديد The Iron Cycle

الحديد عبارة عن فلز رمزه الكيميائي (Fe) يوجد بكثرة في الطبيعة ويدخل في العديد من الصناعات مثل صناعة السيارات المباني والمصانع وغيرها والمخطط أدناه يوضح دورة الحديد في النظم البيئية والبيولوجية:

(Dr-Omar Idrees Salih) الكيمياء البيئية



دورة الحديد في الطبيعة

تنتقل دقائق الغبار التي تحتوي على الحديد بواسطة الرياح من والى القشرة الأرضية او المحيطات عن طريق الامطار. دورة الحديد بين الأرض والمحيطات غالبا ما تحدث من خلال نقل المواد الصلبة العالقة وذلك بسبب قابلية الذوبان المنخفضة لمركبات الحديد، على اليابسة توجد مركبات الحديد في حالتي تأكسد مهمة هما الحديدوز (II) والحديديك (III).

$$Fe^{26} = [Ar]^{18}\ 4S^2\ 3d^6$$

$$Fe^{+2} = [Ar]^{18}\ 4S^0\ 3d^6$$

$$Fe^{+3} = [Ar]^{18}\ 4S^0\ 3d^5$$

لكي نفهم خواص الحديد وسلوكه ومن ضمنها قابليته على التحرك في قشرة الأرض علينا أن نطلع على الظروف البيئية التي تؤثر في حالة التأكسد لمركبات الحديد، على العموم تكون مركبات الحديدوز أكثر قابلية على الذوبان ولكنها أقل استقرارا من مركبات الحديديك مع أن الاستقرار النسبي يعتمد إلى حد كبير عن الظروف البيئية. حيث أن إي تغير طفيف في تركيز ايونات الهيدروجين أي الأس الهيدروجيني (pH) سوف يؤدي إلى حدوث أما عملية تأكسد واختزال، قد تسبب تأكسد الحديدوز (II) الى الحديديك (III) أو اختزال

Dr Omar Idrees Salih الكيمياء البيئية

الحديديك (III) الى الحديدوز (II) وما ينتج عن ذلك تأثير على قابلية الذوبان وبالتالي على حركة ايونات الحديد بين المحيطات الحيوية.

العناصر والمركبات The Elements and Compounds

العناصر : هي المواد الأساسية التي تتكون منها كل المادة في الكون، ولا يمكن تجزئتها إلى مواد أبسط بواسطة التفاعلات الكيميائية العادية. أمثلة على العناصر: الأكسجين، الكربون، الهيدروجين، النيتروجين، الحديد وغيرها.

المركبات : هي مواد تتكون من اتحاد عنصرين أو أكثر بنسب وزنية ثابتة. ترتبط ذرات العناصر في المركب بروابط كيميائية قوية. أمثلة على المركبات: الماء(H_2O) ، ثاني أكسيد الكربون(CO_2) ، ملح الطعام (NaCl).

- بصورة عامة تقسم العناصر والمركبات حسب أنواعها وتراكيزها الى: صديقة للبيئة أو ملوثة للبيئة.

أهمية العناصر والمركبات في الكيمياء البيئية

- **دورة المواد في الطبيعة :** تلعب العناصر والمركبات دورًا حاسمًا في الدورات البايوجيوكيميائيه، مثل دورة الكربون ودورة النيتروجين وغيرها، والتي تحافظ على استمرارية الحياة على الأرض.
- **تلوث البيئة :** العديد من المشاكل البيئية ناتجة عن وجود مواد كيميائية ضارة في البيئة، مثل المعادن الثقيلة والمبيدات الحشرية.
- **تغير المناخ :** تؤثر الزيادة في تراكيز الغازات الدفيئة، مثل ثاني أكسيد الكربون والميثان، بشكل كبير على تغير المناخ.
- **معالجة المياه :** فهم خواص العناصر والمركبات يساعد في تطوير طرق فعالة لمعالجة المياه الملوثة.

 # العناصر والمركبات الملوثة للبيئية:

زيادة او نقصان في تركيز أي عنصر او مركب عن الحدود المحددة لاي بيئة يعتبر تلوث للبيئة، من أكثر الملوثات خطورة على البيئة هي العناصر الثقيلة والتي ممكن ان تعرف من خلال وزن العنصر او المعدن حيث ان المعدن الذي تزيد كثافته عن خمسة اضعاف كثافة الماء (gm/cm^3) يعتبر معدن ثقيل، ان المعادن الثقيلة تأثيرات سلبيه على البيئة عند الافراط في استعمالها. كما تؤثر على صحة الانسان والحيوان والنبات. حيث تصل مركبات المعادن الثقيلة الى المسطحات المائية. عن طريق المبيدات المحتوية على المعادن الثقيلة وكذلك عن طريق المخلفات الصناعية ومخلفات الوقود الناتجة من المصانع او من وسائل النقل. بالإضافة الى ما يصل الى المسطحات المائية من معادن ثقيلة مصدرها طبيعي وذلك من خلال البراكين. كما ان الصخور

(Dr-Omar Idrees Salih) الكيمياء البيئية

والتربة يحتويان على املاح للمعادن الثقيلة وعند تعرضها للظروف الجوية المختلفة كهطول الامطار. والاعاصير القوية تتحرر ايونات هذه المعادن وبالتالي تؤدي الى تلوث للمسطحات المائية. تختلف العناصر الثقيلة عن غيرها من الملوثات بان معظمها لها صفه تراكمية اذ تتراكم في اجسام الحيوانات المائية مثل الاسماك والطيور المائية وفي اجزاء النباتات المختلفة حيث تصل الى تراكيز عالية عندها تبدأ اثار التسمم بالمعادن الثقيلة في الظهور. وهذا يهدد بقاء تلك الكائنات، كما ان مركبات هذه المعادن تصل الى الانسان عن طريق تناوله للأسماك التي تحتوي خلاياها على تلك المعادن. ان وجود هذه الملوثات في مياه الانهار والبحيرات قد يؤدي الى ظهور حالات تسمم يذهب ضحيتها الكثير من البشر عن طريق مياه الشرب او تناول الاحياء المائية من خلال انتقالها خلال السلسلة الغذائية التي تشتمل على المعادن الثقيلة، التي لها وزن ذري مرتفع نسبيا ومن امثلتها الكادميوم والرصاص والزئبق والمغنيز والنحاس والزرنيخ والزنك والانتيمون والكروم والكوبلت والبليريوم وغيرها، وتعتبر معظم المعادن الثقيلة ومركباتها العضوية و غير العضوية مركبات سامه ولها صفه تراكمية، اي تتراكم في الخلايا ويظهر اثرها عندما يصل تركيزها في جسم الانسان عند حد معين (حد التسمم) وان جميع هذه المعادن تشترك كثيرا في صفاتها الطبيعية الا ان تفاعلاتها الكيميائية مختلفة وينطبق هذا على اثرها على البيئة فبعض هذه المعادن كالزئبق والرصاص والكادميوم وجودها خطير جدا على الصحة العامة بينما معادن اخرى مثل الكروم والحديد والنحاس تقتصر اثارها على اماكن العمل التي يحدث فيها التعرض للتلوث لفترات طويله ولهذا فهي اقل خطرا من المعادن الاخرى المذكورة اعلاه. الرصاص زاد انتشاره في الآونة الأخيرة وأصبح موجودا بكثرة في الماء والهواء والغذاء وان كثيرا من المعادن الثقيلة ضرورية للحياة حتى ولو استخدم بتراكيز قليله، ولكنها ايضا تكون سامه اذا وصلت تركيزها الى مستوى عالي من التراكم في جسم الانسان. بعضها قادر على التدخل في نمو الخلايا والجهاز العصبي وغيرها كثير من التداخلات مع الجسم والبيئة.

وفقا لسميتها قسمت العناصر الثقيلة الى ثلاث أصناف رئيسية وكما موضحة في الجدول ادناه:

تصنيف العناصر حسب سميتها

عناصر غير خطرة (Non-critical Elements)			عناصر سامة نادرة وغير جيدة الاذابة (Toxic Elements but Rare)		عناصر سامة جدا ومتوفرة نسبيا (Very toxic Elements)		
Na	C	F	Ti	Ga	Be	As	Au
K	P	Li	Hf	La	Co	Se	Hg
Mg	Fe	Rb	Zr	Os	Ni	Te	Tl
Ca	S	Sr	W	Rh	Cu	Pb	Pd
H	Cl	Al	Nb	Ir	Zn	Ag	Sb
O	Br	Si	Ta	Ru	Sn	Cd	Bi
N			Re	Ba		Pt	Cr

وعلى أساس وفرتها في جسم الانسان صنفت العناصر الى تصنيف اخر حيث سميت بالعناصر النزرة **(Trace Elements)** والتي تقسم الى ثلاث أصناف:

1- العناصر النزرة الاساسية Essential Trace Elements

هي تلك العناصر التي لايمكن للعديد من الفعاليات الحيوية ان تتم بدونها مثل: الحديد، اليود، النحاس، الزنك، المنغنيز، الكوبلت، المولبدينيوم، السلينيوم، القصدير، الكروم.

2- العناصر النزرة شبه الأساسية Sime- Essential Trace Elements

تمثل النيكل، البروم، الزرنيخ، الفناديوم، الكادميوم، الباريوم، السترونتيوم. سميت بالعناصر شبه الأساسية بسبب انعدامها من الغذاء او الجسم لا يؤثر على الفعاليات الحيوية الأساسية وتناولها بكميات محدودة يساعد في الحفاظ على بعض الانسجة من التغيرات غير الطبيعية.

3- العناصر النزرة غير الأساسية Non-Essential Trace Elements

تتراوح بين 20-30 عنصر معظمها موجود بكميات متباينة في أجزاء الجسم المختلفة ووجودها في هذه الأجزاء ليس له أهمية بايوكيميائية لذلك اعتبرت غير أساسية في كثير من الأحيان مثال عليها الالمنيوم.

(Dr-Omar Idrees Salim) الكيمياء البيئية

المركبات الكيميائية واثارها البيئية

Chemical Compounds and their Environmental Effects

بصورة عامة يمكن تقسيم المركبات الملوثة الى ثلاث أصناف هي:

1- المركبات الملوثة للهواء.
2- المركبات الملوثة للماء.
3- المركبات الملوثة للتربة.

المركبات الملوثة للهوا ء Air Polluting Compounds

يمكن تقسيم ملوثات الهواء الى قسمين: الأول يدعى الملوثات الأولية وهي تلك التي تنفث مباشرة الى الغلاف الجوي مثل الجسيمات الصغيرة وثاني أوكسيد الكبريت واول أوكسيد الكربون وأكاسيد النتروجين والهيدروكربونات. أما القسم الثاني فيدعى الملوثات الثانوية وهي الملوثات الناتجة من التفاعل بين الملوثات الأولية والمركبات الطبيعية الموجودة في الغلاف الجوي مثل الاوزون الذي يتكون نتيجة للتفاعل بين الملوثات الأولية الموجودة بكميات كبيرة في المناطق الحضرية وبين الغازات الطبيعية وضوء الشمس كما سنرى فيما بعد. ويفهم من ذلك ان الملوثات الأولية هي المسئولة عن مشاكل تلوث الهواء تقريبا حيث ينفث في الغلاف الجوي بلايين الأطنان من هذه الملوثات الأولية بسبب الأنشطة الإنسانية وتمثل كمية أول أوكسيد الكربون نصفها تقريبا. ولو كانت هذه الكميات تتوزع بالتساوي عبر الغلاف الجوي لكان تركيزها وبالتالي ضررها ضئيل جدا و لكن المشكلة تكمن في ان هذه الملوثات تنفث وتتركز في المدن الكبرى أي بالقرب من مصادرها كما تم ذكرها.

يمكن تعريف الحد المقبول للملوث tolerance level بأنه أعلى كمية من هذا الملوث يمكن تواجدها في الهواء دون ان تسبب أية أضرار بيئية (هواء نقي) وقد تم إيجاد ما يسمى يعامل التأثير effect factor لكل ملوث حيث اعتبر أول أوكسيد الكربون وهو اقل الملوثات الرئيسية سمية كوحدة ويتم حساب عامل التأثير لأي ملوث عن طريق قسمة الحد المقبول لأول أوكسيد الكربون على الحد المقبول لذلك الملوث وكلما كبر عامل التأثير للملوث كلما زاد تأثيره الضار على البيئة. والجدول ادناه يبين المستويات المقبولة للملوثات في الهواء النقي وعوامل تأثيرها.

(Dr Omar Idrees Salim) الكيمياء البيئية

النسب المقبولة لبعض ملوثات الهواء وعوامل تأثيرها

الملوث	الحد المقبول ($\mu g / m^3$)	عامل التأثير
اول أوكسيد الكربون	5600	1
أكاسيد النتروجين	250	22.4
الهيدروكربونات	45	124.4
أكاسيد الكبريت	365	15.3
الاوزون	60	93.3
الجسيمات	260	21.5

نستنتج مما سبق ان تقييم الأثر البيئي للملوثات و مصادرها لا يبنى فقط على كمياتها في الغلاف الجوي و إنما أيضا اضرارها، فقد يوجد ملوث ما بكميات صغيرة و لكن هذه الكميات قد تكون ضارة وخطرة و العكس صحيح و نفس الشيء ينطبق على مصادر التلوث حيث ان استهلاك الوقود من المصادر الثابتة يأتي ترتيبه الثاني من حيث كمية الملوثات التي ينفثها إلى الغلاف الجوي ولكنه يأتي في المركز الرابع من حيث تأثير هذه الملوثات التي ينفثها على البيئة ، كما ان الهيدروكربونات تأتي في المركز الأول (72%) من بين الملوثات من حيث التأثير الضار على البيئة بينما لا تمثل سواء 13% من حيث كميتها في الغلاف الجوي و على النقيض من ذلك أول أوكسيد الكربون الذي يمثل 2% من حيث تأثيره على البيئة بينما يمثل 54% من كميته في الغلاف الجوي من بين الملوثات المنفوثة في الغلاف الجوي .

المركبات الملوثة للماء *Water Polluting compounds*

يمكن تصنيف ملوثات المياه الى صنفين هما الملوثات القابلة للتحلل: وهي التي يمكن تكسيرها الى مركبات بسيطة اقل خطرا على البيئة وذلك بمعالجتها بالطرق الكيميائية أو الحيوية او الفيزيائية مثل مياه الصرف الصحي والنفط وبعض أنواع المنظفات، والنوع الثاني الملوثات غير القابلة للتحلل أو التي تتحلل ببطأ: شديد كالمبيدات الحشرية والمواد البلاستيكية وهذا النوع اكثر خطرا. بشكل عام تكون هذه المركبات اما بشكل عضوي مثل المركبات النفطية والزيوت والمبيدات والاسمدة او بشكل غير عضوي مثل الغازات اللاعضوية السامة عندما تصل للماء والمعادن الثقيلة بالإضافة الى مركبات الكبريت والفسفور والنيتروجين غير العضوية مثل الكبريتات SO_4^{-2} والفوسفات PO_4^{-3} والنترات NO_3 والنتريت NO_2 وغيرها.

Dr-Omar Idrees Sahib

المركبات الملوثة للتربة Soil Polluting Compounds

تستقبل التربة كميات هائلة من المخلفات والملوثات سنويا فنجد ان معظم كمية ثاني أوكسيد الكبريت المنبعثة من احتراق الوقود الأحفوري تنتهي الى التربة على هيئة كبريتات. كما نلاحظ ان اكاسيد النتروجين تتحول في الغلاف الجوي الى نترات وتنزل مع المطر وتتجمع في التربة. كذلك تمتص التربة أكاسيد النتروجين NO و NO_2 بسهولة حيث تتأكسد هذه الأكاسيد في التربة الى نترات NO_3. ويتحول أول أوكسيد الكربون الى ثاني أوكسيد الكربون أو ربما إلى مواد عضوية وكتل حيوية بواسطة بكتريا وفطريات التربة. وتتواجد جسيمات الرصاص المنبعثة من عوادم السيارات في التربة الواقعة على جوانب الطرق الرئيسية وبجانب مناجم الرصاص. والماء يعد ملوثا إذا أضيف الى التربة بكميات كبيرة حيث يحل محل الهواء ويؤدي نتيجة لذلك الى اختناق جذور النباتات. والسماد المضاف الى التربة لتحسين خصوبتها يعد ملوثا إذا أضيف بكميات غير مناسبة. ويمكن تصنيف الملوثات حسب منشئها الى ملوثات طبيعية وملوثات بشرية كما أشرنا سابقا أو حسب طبيعتها الى ملوثات حيوية وملوثات كيميائية. ونعني بالملوثات الكيميائية المبيدات بأنواعها، والأسمدة الكيميائية إذا لم يحسن استخدامها، والغازات المنبعثة من المصانع والبراكين ووسائل النقل العامة. ومن احتراق الوقود الاحفوري والرصاص والزئبق والعناصر المشعة الناتجة من التفجيرات النووية. وعن استخدام الطاقة الذرية في مختلف المجالات والى اخره من الملوثات الاخرى.

التغيرات الفيزيائية والكيميائية على المحيط الحيوي Physical and Chemical Changes in the Biosphere

تتعرض البيئة لمجموعة واسعة من التغيرات الفيزيائية والكيميائية الناجمة عن الأنشطة البشرية والعمليات الطبيعية، مما يؤثر بشكل كبير على المحيط الحيوي. هذه التغيرات تتراوح من التغيرات في درجة الحرارة والمناخ إلى التلوث الكيميائي والتغيرات في تركيبة التربة والمياه.

التغيرات الفيزيائية:

- **تغير المناخ :**ارتفاع درجة حرارة الأرض، وارتفاع مستوى سطح البحر، وتغيرات في أنماط هطول الأمطار، كلها تغيرات فيزيائية تؤثر على التوزيع الجغرافي للأنواع، ودورة المياه، ودورة العناصر الغذائية.
- **التصحر :**تحويل الأراضي الخصبة إلى أراضٍ قاحلة بسبب الرعي الجائر وإزالة الغابات، مما يؤدي إلى فقدان التنوع البيولوجي وتدهور التربة.

(Dr-Omar Idrees Salih) الكيمياء البيئية

- **تآكل التربة :**تآكل الطبقة السطحية من التربة بسبب العوامل الطبيعية مثل الرياح والمياه، والعوامل البشرية مثل الزراعة غير المستدامة، مما يؤدي إلى فقدان الخصوبة وتدهور جودة المياه.
- **تغير التضاريس :**نتيجة للزلازل والبراكين والعمليات الجيولوجية الأخرى، تحدث تغييرات في التضاريس تؤثر على تدفق المياه وتوزيع الكائنات الحية.

التغيرات الكيميائية:

- **التلوث الكيميائي :**إطلاق المواد الكيميائية الضارة في البيئة، مثل المبيدات الحشرية والمعادن الثقيلة والملوثات العضوية الثابتة، مما يؤدي إلى تلوث المياه والتربة والهواء، وتراكم السموم في الكائنات الحية.
- **التحميض :**زيادة حموضة المحيطات نتيجة لزيادة امتصاص ثاني أكسيد الكربون من الغلاف الجوي، مما يؤثر على الحياة البحرية ويهدد الشعاب المرجانية.
- **تغيرات في تركيبة التربة :**التغيرات في تركيبة التربة نتيجة للإضافة المفرطة للأسمدة والمواد الكيميائية الأخرى، مما يؤدي إلى اختلال التوازن البيئي وتدهور خصوبة التربة.
- **تغيرات في تركيبة المياه :**تغير تركيبة المياه نتيجة لتسرب المواد الكيميائية من الصناعة والزراعة، مما يؤثر على جودة المياه واستخداماتها.

أهم اثار هذه التغيرات على المحيط الحيوي:

1- **فقدان التنوع البيولوجي :**يؤدي تدهور البيئة إلى انقراض العديد من الأنواع وتقليل التنوع البيولوجي.

2- **تغير في سلاسل الغذاء :**يؤثر التلوث وتغير المناخ على سلاسل الغذاء، مما يؤدي إلى اختلال التوازن البيئي.

3- **انتشار الأمراض :**يؤدي التلوث وتدهور البيئة إلى انتشار الأمراض المعدية بين الإنسان والحيوان.

4- **تغير في أنماط الهجرة :**يؤثر تغير المناخ على أنماط هجرة الطيور والحيوانات الأخرى.

5- **تأثير على الزراعة والإنتاج الغذائي :**يؤثر تدهور التربة وتغير المناخ على الإنتاج الزراعي وتوافر الغذاء.

(Dr-Omar Idrees Saihi) الكيمياء البيئية

Basics of the Water Chemistry اساسيات كيمياء الماء

Introduction مقدمة:

الماء سر الحياة لقوله تعالى: (وجعلنا من الماء كل شيء حي) من الآية الكريمة ومن منطلق أهمية الماء في ديمومة الحياه نبدأ بإعطاء مقدمة عن الغلاف المائي الذي يقدر بحوالي 1.4 بليون كيلومتر مكعب من المياه السائلة و المتجمدة التي تكون المحيطات و البحار والبحيرات والأنهار والمياه المتجمدة عند القطبين و المياه الجوفية إضافة الى بخار الماء المتواجد في الغلاف الجوي على هيئة سحب و رذاذ و أمطار نازلة يطلق عليها البيئة المائية (hydrosphere) إلا ان النسبة العظمى منها غير صالحة للاستهلاك بسبب ملوحتها حيث ان نسبة المياه العذبة المذكور لا تتجاوز 3%, و أكثر من ثلثي هذه النسبة للمياه العذبة تتواجد على هيئة مياه متجمدة و مع ذلك فان هذه الكمية من المياه العذبة تكفي لإمداد البشرية باحتياجاتها إلا ان توزيعها مع الأسف لا يتناسب مع الكثافة السكانية حيث يلاحظ نقص في إمدادات المياه مع زيادة في استهلاكها في مناطق مكتظة بالسكان مثل أفريقيا و آسيا بينما نجد زيادة تلك الإمدادات مع قلة استهلاكها في مناطق أقل سكانا مثل أمريكا الشمالية و الجنوبية ولهذا يرى بعض المحللين ان الحروب القادمة ستكون على مصادر المياه العذبة بدلا من مصادر البترول، يمكن القول أن استخدامات المياه تنحصر في ثلاثة مجالات هي الاستعمال المنزلي والصناعي والزراعي، حيث أن الاستخدامات الزراعية تأتي في المرتبة الأولى يليها غالبا الاستخدام الصناعي وفي المرتبة الأخيرة تأتي الاستخدامات المنزلية مثل الشرب والغسيل والطبخ إلى آخره. يمكن تقسيم المياه إلى قسمين رئيسيين هما المياه السطحية وتشمل البحار والمحيطات والبحيرات والأنهار والمياه المتجمدة والتي تغطي حوالي 75% من سطح الأرض وتمثل أكثر من 99% من الحجم الكلي لمياه الكرة الأرضية أما القسم الثاني فهو المياه الجوفية التي تخرج إلى سطح الأرض عن طريق الآبار والعيون والينابيع وتمثل حوالي 0.68 % من الحجم الكلي لمياه الأرض أما مياه الأمطار فهي حلقة الوصل بين هذين القسمين.

Physical Properties of Water الخواص الفيزيائية للماء

الحالة الفيزيائية الطبيعية للماء سائل عديم اللون والطعم والرائحة يغلي عند درجة حرارة (100)°C ويتجمد عند ال (0)°C، يظهر الماء خواصا قطبية حيث يعتبر اكثر المذيبات قطبيتا لذلك فهو مذيب جيد للأملاح الايونية اللاعضوية والمركبات العضوية التي تظهر خواص قطبية، تتغير كثافة الماء مع تغير درجة الحراة لكنة يظهر اعلى كثافة عند درجة (4)°C حيث تصل الى (1) g/L، استعمالات الماء سواء في الصناعة او الزراعة او الاستخدام المنزلي هو ما يحدد نوعية الماء. بالإضافة الى ان الماء هو المركب الوحيد الذي يظهر حالات المادة الثلاثة (السائلة والصلبة والغازية) لذلك فهو يظهر استخدامات واسعة في مختلف مجالات الحياة المختلفة.

(Dr Omar Idres Salih) الكيمياء البيئية

الخواص الكيميائية للماء *Chemical Properties of Water*

تحتوي المياه الطبيعية على العديد من المواد الذائبة أو العالقة و من أهم مكونات المياه الذائبة بعض الكاتيونات مثل الكالسيوم والمغنيسيوم والصوديوم والبوتاسيوم، و بعض الأنيونات مثل الكربونات و البيكربونات والكبريتات و الكلوريدات و النترات، بالإضافة إلى هذه الأيونات التي تتواجد في المياه بكميات ملحوظة تحتوي المياه على كميات ذائبة ضئيلة من عناصر أخرى ذات أهمية في تفسير التاريخ الجيولوجي للمياه كما ان لها تأثيرا بالغا على صحة الإنسان والحيوان و النبات مثل البورون المهم للزراعة والفلوريد المهم لصحة الإنسان و الزئبق و الرصاص و الكادميوم والزنك واليورانيوم والزرنيخ والمنغنيز و السيليكون ..... الخ. ويوجد الحديد والألومنيوم في المياه غالبا على هيئة أكاسيد أو هيدروكسيدات عالقة. عند سقوط الأمطار العالية الحمضية على اليابسة تنساب على هيئة أودية وانهار حيث يتخلل جزء منها الطبقات الصخرية ليكون المياه الجوفية والباقي ينساب الى المياه السطحية، و أثناء هذه الرحلة يتم إذابة العديد من المواد المكونة للطبقات الصخرية بواسطة ما يعرف بالتعرية الكيميائية و التي تتضمن العديد من التفاعلات بين الماء و المواد الذائبة فيه من جهة و بين مكونات الطبقات الصخرية مثل تفاعلات الأكسدة و الاختزال و الترسيب و التبادل الايوني و التعقيد (تكوين معقدات) و لذلك يعتمد نوع و كمية محتوى المياه على التركيب الكيميائي للطبقات الصخرية التي تمر فوقها أو خلالها هذه المياه . فمثلا عند مرور المياه خلال بعض المبادلات الأيونية الطبيعية مثل الطين أو الزيوليتات يحدث تبادل للأيونات بين المياه وتلك المبادلات مما يؤدي الى تغير التركيب الكيميائي لتلك المياه.

ويعتمد التركيب الكيميائي للمياه اما على الخواص الفيزيائية مثل الحرارة والضغط والحموضة اوعلى موقعها حيث ان تغيير في هذه الخواص أو الموقع الجغرافي سيؤدي الى تغير في التركيب الكيميائي للمياه فمثلا تترسب كربونات الكالسيوم من المياه الطبيعية عند فوهات الينابيع الحارة نتيجة لتطاير غاز ثاني اوكسيد الكربون من تلك المياه الحارة. كما نلاحظ ان أيونات الحديد الثنائي الذائبة في المياه الجوفية تترسب على هيئة هيدروكسيد حديد ثلاثي عند خروج تلك المياه الى السطح وملامستها الهواء الجوي الذي يؤكسد الحديد الثنائي الى ثلاثي.

العمليات الحيوية لبعض أنواع البكتيريا المتواجدة في المياه قد تؤدي الى تغيير التركيب الكيميائي لتلك المياه، فمثلا ينتج عن تحلل المواد العضوية بواسطة البكتيريا غاز ثاني أوكسيد الكربون كما ان أنواعا معينة من البكتيريا قادرة على أكسدة الحديد الثنائي الى ثلاثي وأكسدة الامونيا والنتروجين وبعض المركبات النيتروجينية الأخرى الى نتريت أو نترات وأكسدة الكبريتيد الى كبريت أو كبريتات تبعا للظروف السائدة. كما ان هناك أنواع أخرى من البكتيريا تملك المقدرة على اختزال النترات الى نتريت أو نتروجين أو امونيا واختزال الكبريتات الى كبريتيد.

(Dr-Omar Nees Salih) الكيمياء البيئية

الماء يسلك سلوك قاعدي ضعيف مع المواد الحامضية وسلوك حامضي ضعيف مع المواد القاعدية لذلك فهو يميل الى اظهار رقم هيدروجيني pH متعادل تقريبا.

The Water Cycle in Nature *دورة الماء في الطبيعة*

عملية ديناميكية تصف حركة الماء المستمرة بين سطح الأرض والغلاف الجوي وانتقاله من حالة لأخرى، إذ تبدأ دورة الماء بالتبخر ولان الغلاف الجوي لا يمكنه حمل كمية الماء المتبخرة من البحار والمحيطات جميعها فإن الماء المتبخر ينتقل من المكان الأكثر رطوبة وحرارة إلى مكان أقل منه، ويعد الهطول والتبخر والتجمد والذوبان والتكاثف جزءا من دورة المياه الهيدرولوجية على كوكب الأرض، إذ تنتقل من الغيوم إلى اليابسة والمحيطات ثم تعود إلى الغيوم مرة أخرى. وترتبط دورة المياه هذه ارتباطا وثيقا بتبادل الطاقة بين الغلاف الجوي والمحيطات واليابسة. وتمر دورة الماء في الطبيعة بالمراحل التالية:

1 ـ التبخر: هذه العملية يتحول الماء السائل لبخار، وهي إحدى العمليات الرئيسية في الدورة، إذ تنتقل المياه من سطح الارض إلى الغلاف الجوي عن طريق التيارات الهوائية المتصاعدة التي تنقل الماء المتبخر بفعل حرارة أشعة الشمس الساقطة على مصادر الماء المختلفة، ويحدث هذا النقل عندما تصل بعض جزيئات الماء إلى الطاقة الحركية الكافية لتفككها من سـطح الماء، وتؤثر العديد من العوامل الرئيسـية على التبخر وهي درجة الحرارة والرطوبة وسرعة الرياح والإشعاع الشمسي. ويعد المصدر الرئيسي لبخار الماء هو المحيطات والبحار، لكن التبخر يحدث أيضا في التربة والثلوج والجليد، ويعد بخار الماء الشكل الرئيسي للرطوبة الجوية إذ يعد مهما للغاية في تكوين مصدر الرطوبة للندى والصقيع، والضباب، والسحب، والهطول.

2ـ التكاثف: هي المرحلة التي يتحول الماء فيها من الحالة البخارية إلى الحالة السائلة، وهي من أهم مراحل دورة الماء. وفيه تتشكل السحب التي هي البخار المتصاعد الذي يتعرض لدرجة حرارة باردة في طبقات الغلاف الجوي، ويتحول لسحب.

3 ـ الهطول: وهو المرحلة النهائية لدورة الماء، وفيها يسقط الماء من السحب على شكل أمطار وثلوج أو برد.

(Dr-Omar Idrees Salim) الكيمياء البيئية

دورة الماء في الطبيعة

ويتم تقسيم المياه الى عدة أصناف من المحاليل المائية:

1- محاليل مياه الامطار:

عندما يدخل الماء إلى الغلاف الجوي على هيئة بخار يكون نقيا ثم تبدأ الغازات الجوية (الأكسجين والنيتروجين وثاني أوكسيد الكربون والأمونيا وكذلك الجسيمات) تذوب فيه وبذلك يتحول إلى محلول وهذا يعني أن مياه الأمطار ليست نقية حيث تحتوي على أملاح ذائبة ومواد عضوية وبكتيريا وإن مصدر هذه المواد بصورة عامة هي المحيطات والتربة بما فيها من أسمدة ومخصبات ومبيدات والملوثات الجوية وخاصة تلك الناتجة عن احتراق الوقود المتحجر حيث لوحظ أن التركيب الكيميائي للأمطار الساقطة على المحيطات والشواطئ يشبه تركيب مياه البحر او المحيط الذي يحتوي على بعض الأملاح مثل كلوريد الصوديوم، أما تركيب مياه الأمطار في المناطق الصناعية فهو يحتوي على كميات كبيرة من الكبريتات والنترات وثاني أوكسيد الكربون الناتجة من احتراق الفحم والنفط. وبصورة عامة تعتمد تراكيز وأنواع المواد الذائبة في مياه الأمطار على مدى عمق تلوث الهواء الجوي في منطقة الهطول.

(Dr-Omar Idrees Salih)

2- محاليل مياه البحار والمحيطات:

عوامل عديدة تلعب دورا مهما في تحديد التركيب الكيميائي لماء البحر او المحيط، حيث ان الأنهار تحمل معها المواد الذائبة والعالقة إلى البحر. والرياح تقوم بدورها بنقل الغبار والجسيمات العالقة أيضا في الهواء إلى البحر كذلك يتسرب جزء من المياه الجوفية بما تحمله من مواد ذائبة وعالقة في الطبقات السفلة إلى البحر وتقوم الكائنات الحية المتواجدة في الجزء العلوي من المحيط بتحويل المواد الذائبة إلى مواد صلبة تستقر في قاع المحيط وكذلك تقوم تيارات الرياح بمزج مياه المحيط وتساعد في جعل التركيب الكيميائي للبحر أو المحيط قريب من التجانس، ويمكن حصر المواد الأساسية التي تشترك في تركيب محاليل مياه البحار المحيطات بالمواد التالية:

أ- المواد غير العضوية الذائبة في مياه البحر أو المحيط:

تتفاوت تراكيز هذه المواد من منطقة إلى أخرى إلا أن هذا التفاوت لا يتعدى نسبة ال 3% ومن أهم أيونات العناصر المكونة لمحاليل مياه البحار والمحيطات هي أيونات (الكلوريد، المغنيسيوم، الكالسيوم، الكربون غير العضوي، السلكيات، البورون، الفلوريد، الصوديوم، أيونات الكبريتات، البوتاسيوم، البروم، السترونتيوم وغيرها حيث تمثل هذه المعادن ما يقارب نسبة 99.5% من المواد الذائبة في مياه البحار والمحيطات أما الجزء المتبقي من هذه النسبة فهو يتمثل بمركبات الفسفور غير العضوي ومركبات النيتروجين غير العضوية وبعض المعادن الأخرى قليلة الأهمية من الناحية الحيوية.

ب- المواد العضوية الذائبة في مياه البحر أو المحيط:

يتراوح تركيز الكربون العضوي الذائب في مياه البحر بين micromoles carbon/kg water 100-500 على عدة هيئات مثل الكربوهيدرات والحوامض الأمينية وهذا التركيز يختلف باختلاف العمق. ويعتمد تواجد بعض العناصر المهمة في تغذية الكائنات الحية مثل الحديد والنحاس و الزنك على تفاعلات الكربون العضوي الذائب.

3- محاليل مياه الأنهار والبحيرات العذبة:

على الرغم من أننا نعتبر الماء العذب مركباً نقياً بصيغته الكيميائية H_2O، إلا أن مياه الأنهار والبحيرات العذبة تحتوي على العديد من المواد المذابة والمعلقة التي تجعلها مزيجاً معقداً.

- الأملاح المعدنية :مثل الكالسيوم والمغنيسيوم والصوديوم والبوتاسيوم والكلوريد. تذوب هذه الأملاح في الماء وتؤثر على طعمه وتوصليه الكهرباء فيه.

(Dr-Omar Idrees Salih) الكيمياء البيئية

- الغازات المذابة :مثل الأكسجين وثاني أكسيد الكربون والنيتروجين. تلعب هذه الغازات دوراً حيوياً في الحياة المائية.
- المواد العضوية :تشمل بقايا النباتات والحيوانات ومواد عضوية أخرى. تساهم هذه المواد في تغذية الكائنات الحية الدقيقة في الماء.

4- محاليل المياه الجوفية:

المياه الجوفية هي عنصر مكمل لدورة الماء التي تبدأ بسقوط الامطار على اليابسة حيث ينساب جزء منها بشكل مباشر الى البحيرات والبحار من خلال الأنهار والجزء الاخر يتسرب عبر طبقات الأرض مكونا المياه الجوفية التي تشكل حوالي 97% من مجموع المياه العذبة في الأرض. كما ان للمياه الجوفية مصدران آخران غير الأمطار هما مياه بحار انحبست أثناء تكوين الصخور (مياه حفرية) ومياه ناتجة عن عمليات تحول الصخور الرسوبية إلى صخور نارية. والمياه الجوفية تكون غنية بالعديد من العناصر مثل الكالسيوم والكبريت والبوتاسيوم والفوسفور والمغنيسيوم كما تحتوي على كميات قليلة من عناصر الزنك والبروم والمنجنيز والنحاس وهناك العناصر التي توجد بكميات ضئيلة مثل الليثيوم والفضة والزئبق، وتظهر المياه الجوفية الى سطح الأرض على هيئة آبار وعيون وينابيع. ومن الآبار ما هو عادي ومنها ما هو ارتوازي يندفع منها الماء تلقائيا عندما يصل الحفر الى منطقة التشبع. ويقصد بالعيون والينابيع الأماكن التي تتدفق منها المياه الى سطح الأرض دون جهد إنساني. واغلب المواد الشائعة في مياه العيون والينابيع الكبريت وبعض الأيونات مثل الكربونات والكبريتات، والكالسيوم والصوديوم والمغنيسيوم. كما قد تحتوي تلك المياه بالإضافة الى الأملاح على كميات ملحوظة من الغازات مثل غاز كبريتيد الهيدروجين والتي قد تكون سببا في تدفقها فوق سطح الأرض وهذا ما يسمى المياه المعدنية.

5- محاليل مياه الجليد:

الجليد نقي نسبيا حيث لا يحتوي الا على عدد محدود من الايونات الغريبة والجسيمات الصلبة والغازات التي حبست بداخله اثناء تكونه. ولذلك العلماء يدرسون التغيرات في تركيب الجليد من اجل تفسير تاريخ بيئة الأرض السطحية ومدى تأثير النشاط البشري على تلك البيئة. فمثلا زيادة تركيز الرصاص في طبقات الجليد المتكونة حديثا عند القطبين الجنوبي والشمالي مقارنة بالطبقات القديمة يشير الى التلوث الناجم عن استخدام الرصاص الموجود في كازولين السيارات، كذلك زيادة تركيز ثاني أوكسيد الكربون والميثان خلال القرن الماضي في الجليد يعتبر دليل آخر على دور النشاط البشري في تلوث

Dr. Omar Idrees Salim الكيمياء البيئية

البيئة فقد زاد تركيز ثاني أوكسيد الكربون بمقدار 25 % والميثان بمقدار 167 % في خليط الغازات المحبوسة في طبقات الجليد الحديثة (كفقاعات هواء) عما كانا عليه قبل 200 عام.

الملوثات الكيميائية للماء *Chemical Contaminants of Water*

اهم ملوثات الماء وتقسم الى:

أ ـ الملوثات الكيميائية غير العضوية

يوجد 83 عنصرا مستقرا وعدد قليل من العناصر المشعة موجودة على سطح الأرض. ويمكن تصنيف هذه العناصر الى مجموعة أولى هي مجموعة العناصر الأساسية المهمة وتشمل الكالسيوم والفوسفور والمغنيسيوم وأربعة عشر عنصرا ضئيلا هي الحديد واليود والنحاس والزنك والمنغنيز والكوبالت والمولبدينيوم والسيلينيوم والكروم والنيكل والقصدير والسيليكون والفلور والفناديوم والمجموعة الثانية هي مجموعة العناصر السامة وتشمل حوالي 15 عنصرا مثل الزرنيخ الذي يعتبر أحد مكونات مبيدات الحشرات والزئبق، والتي تستخدم مركباته شديدة السمية في صناعة البويات والدهانات و الورق والمعدات الكهربائية كما يتواجد الزئبق ومركباته في الفحم والنفط، والرصاص وعنصر الكادميوم الذي من المحتمل ان يكون مصدره في المياه هو الأنابيب والأواني البلاستيكية والبريليوم ومجموعة ثالثة تشمل العناصر المشعة مثل اليورانيوم والثوريوم والمجموعة الرابعة هي مجموعة العناصر غير المهمة ، وتجدر الإشارة إلى ان العناصر الهامة تعتبر سامة عند تناولها بكميات كبيرة وقد يكون الفرق بين ان يكون العنصر هاما و نافعا و بين ان يكون ساما ضارا صغير جدا و ربما يصاب المرء بالدهشة عندما يرى عنصرا مصنفا ضمن المواد السامة نافعا و مهما و لكن هذه حقيقة .

كما تشمل الملوثات الكيميائية غير العضوية بعض الأنيونات مثل الفوسفات الناتجة عن التحلل الحيوي للكائنات المحتوية على الفوسفور أو المنظفات المحتوية على الفوسفات، وكذلك النترات والكبريتات والسيانيد. ويعتبر الأخير مادة سامة ويتواجد في المياه على هيئة HCN المتطاير والسام أيضا ويستعمل السيانيد على نطاق واسع تنظيف المعادن وفي الطلاء الكهربائي وفي صناعة التعدين. والكبريتيد الذي يعتبر إحدى نواتج التحلل الحيوي اللاهوائي للمواد العضوية المحتوية على الكبريت كما ينتج عند اختزال الكبريتات بواسطة البكتريا المختزلة. ويتواجد الكبريتيد وكبريتيد الهيدروجين السام في مياه صرف الصناعات الكيميائية مثل صناعة الورق والمنسوجات وغيرها ويؤدي الى ترسيب العديد من العناصر الهامة. وعادة تنخفض تراكيز الفلزات الثقيلة في المياه السطحية غير الملوثة وكذلك في مياه الأمطار إلا في المناطق الملوثة جدا ويستثنى من ذلك الرصاص الذي يتواجد بكميات معتبرة في مياه الامطار بسبب عوادم السيارات، والجدول ادناه (للاطلاع) يوضح مصادر وتأثيرات اهم العناصر التي تتواجد في المياه بكميات ضئيلة (Trace Elements).

(Dr-Omar Idrees Salih) الكيمياء البيئية

العنصر	المصدر	التأثير	*الحد الأعلى المسموح به لمياه الشرب (mg/l)
الزرنيخ	المبيدات و مخلفات التعدين و الصناعات الكيميائية	سام و قد يكون مسرطن	0.05
الكادميوم	مخلفات التعدين و الطلاء بالمعادن و أنابيب المياه	راجع الفصل الخامس	0.01
البيريليوم	الفحم و محطات الطاقة النووية و صناعة الفضاء	سام و يحتما ان يكون مسرطن	--
البورون	الفحم و صناعة المنظفات	سام لبعض النباتات	1.0
النحاس	الطلاء و الصرف الصحي و الصناعي و التعدين	ليس سام للحيوانات و لكنه سام للنباتات و الطحالب	1.0
الكروم	طلاء المعادن	عنصر هام و ربما يكون مسرطن على هيئة Cr(VI)	0.05
الفلوريد	عمليات تنقية المياه و الصخور و الصناعة	عند 1 mg/l يمنع التسوس و عند 5 mg/l يتلف الأسنان و العظام	0.8 – 1.7 حسب درجة الحرارة
اليوديد	المخلفات الصناعية	يمنع تضخم الغدة الدرقية	--
الحديد	تآكل الأدوات المعدنية و مخلفات صناعة التعدين	هام للتغذية ليس ساما لكنه يتلف بعض المواد مثل الملابس	0.05
الرصاص	العوادم و التعدين و الفحم و السباكة و الصناعة	راجع الفصل الخامس	0.05
المنجنيز	الصناعة و خاصة التعدين	ليس ساما للحيوانات و لكنه	0.05

		سام للنبات و يتلف المواد مثل الملابس	
الزئبق	التعدين و الفحم و المبيدات و الصناعة	سام جدا	--
المولبيدينيوم	الصرف الصناعي	قد يكون سام للحيوانات و هام للنباتات	--
السيلينيوم	مصادر طبيعية و الفحم و الكبريت	هام في التراكيز القليلة و سام في العالية و يسبب أمراض للحيوانات و قد يكون مسرطن	0.01
الفضة	الطلاء الكهربائي و التعدين و صناعة الأفلام	يلون الجلد و العيون و الأغشية المخاطية	0.05
الزنك	الصرف الصناعي و الطلاء المعدني و السباكة	هام لعمل بعض الأنزيمات و يساعد على إلتام الجروح و سام للنبات في التراكيز العالية	5.0

ب ـ الملوثات الكيميائية العضوية

تحتوي المياه الطبيعية على العديد من الملوثات العضوية المختلفة ومصادر هذه المواد عادة التربة والنباتات وبقايا الحيوانات المطمورة في قيعان هذه المياه ومياه الصرف الصحي والنفايات الصناعية السائلة التي تسرب إلى هذه المياه. ومن أهم هذه الملوثات العضوية الأسمدة والمبيدات والتي ناقشناها في الفصل الثالث وكذلك الفينولات التي تأتي من النفايات الصناعية أو من غسيل الشوارع والمنظفات والزيوت النفطية والتي تعتبر من اهم الملوثات العضوية للماء وخصوصا مياه البحار والمحيطات حيث ان البترول الخام عبارة عن خليط من الهيدروكربونات ذات الأوزان الجزيئية المتباينة وعند تسريبه إلى المياه الطبيعية يتبخر منه حوالي 25% بما في ذلك بعض المركبات العطرية المتطايرة مثل الزايلين والبنزين والتولوين وتعرف هذه المواد العطرية بأنها الأكثر سمية من بين الهيدروكربونات ، أما ما يتبقى من البترول المتسرب فتجرفه التيارات المائية على هيئة كرات قطرانية تتعرض للأكسدة الضوئية والتحلل البكتيري، وتنتقل الزيوت البترولية إلى مياه المحيطات والبحار بعدة طرق مثل الشرب من حقول الزيت وخاصة تلك المتواجدة تحت سطح الماء وكذلك إلقاء الزيوت في المحيطات و البحار من الأرض إما مباشرة من أنابيب النفايات التي ترسلها مصافي البترول ومصانع البتروكيميائيات أو بشكل غير مباشر عن طريق مياه الصرف الصحي التي تحمل زيوت السيارات بالإضافة إلى كميات البترول التي تلقيها ناقلات النفط العملاقة في المياه الطبيعية عمدا عند غسل مستودعاتها أو عند تفريغ مياه حفظ توازنها أو بغير عمد كالحوادث البحرية التي تسمع عنها في الأخبار من حين لآخر.

ج ـ الملوثات الغازية

تشمل الغازات الذائبة في المياه مثل ثاني أوكسيد الكربون والأوكسجين والنتروجين والأمونيا وكبريتيد الهيدروجين والميثان وأكاسيد النتروجين وثاني أوكسيد الكبريت، وغالبا ما يتناسب تركيز هذه الغازات في المياه الطبيعية عكسيا مع درجة الحرارة وطرديا مع الضغط الجوي ويعتمد أيضا على التركيب الكيميائي الكلي لتلك المياه، وكما في الجدول ادناه الذي يوضح نسبة ذوبانية الاوكسجين في الماء مع تغير درجات الحرارة بثبوت الضغط.

تغير ذوبانية الأوكسجين عند ضغط 760 mm بتغير درجة الحرارة

درجة الحرارة (م°)	الذوبانية (O_2 ppm)
10	11.28
15	10.07
20	9.08
25	8.26
30	7.57
35	6.98
40	6.47

Omar Idrees Salih Alsaadi

- كلما زادت نسبة الاوكسجين الذائب (D.O.) تحسنت نوعية المياه؟

1- تزدهر الحياة المائية.

2- تحسن عملية التحلل الهوائي للمواد العضوية.

أضرار الملوثات المائية *Water Pollution Damages*

ليس هناك ما يعادل الماء أهمية لدى الإنسان وكافة المخلوقات ومع ذلك قد يكون محطة نقل للأمراض المعدية. ولهذا فان صحة المجتمع تعتمد بشكل كبير بعد الله سبحانه وتعالى على مدى نقاوة المياه التي يستعملها ويعزى انتشار الكثير من الأوبئة إلى نوعية هذه المياه، وبعض الأمراض ربما يعزى انتشارها إلى عدم احتواء المياه على بعض المواد الضرورية للإنسان أو تكون متوفرة لكن بكميات غير كافية، ولقد أصبحت دراسات وأبحاث الأضرار الناجمة عن التلوث البيئي على كل من الإنسان وأشكال الحياة الأخرى وعلى الاقتصاد تشغل حيزا ملحوظا في وقتنا الحاضر ويرجع ذلك إلى عدة أسباب منها النمو الصناعي السريع والتوسع العمراني الهائل الناتج عن زيادة الكثافة السكانية.

لقد اصطلح على إطلاق ثلاث مسميات للماء لتصف نوعيته هي " نقي وصحي " و " صحي " و " ملوث وضار بالصحة ", فالمسمى " نقي وصحي " هو ماء خال من الشوائب والملوثات وغير ضار بالصحة أما المسمى " صحي " فهو ماء غير ضار بالصحة على الرغم من انه غير نقي ويحتوي على بعض الشوائب أي ان محتواه الكيميائي والحيوي غير ضار بالصحة وأخيرا المسمى " ملوث وضار بالصحة " يعني ان الماء غير نقي ويحتوي على ملوثات ضارة بالصحة. يتضح مما سبق ان الذي يحدد نقاوة المياه هو محتواها فيما إذا كانت تحتوي على مواد أم لا، أما صحية المياه فتتحدد عن طريق نوعية هذا المحتوى فيما إذا كان ضارا بالصحة أم لا، ونظرا لعدم وجود مياه نقية في الطبيعة لذا يمكن تجاوز اعتبار ان الماء نقي إذا كان محتواه غير ضار بالصحة وكان مقبولا ذوقيا من حيث الطعم واللون والرائحة.

(Dr-Omar Idress Salih) الكيمياء البيئية

تصنيف مقاييس ملوثات الماء Water Pollutant Classification Scales

1- درجة الحرارة واللون.

2- الكدرة.

3- الدالة الحامضية (الرقم الهيدروجيني) pH.

4- التوصيلية الكهربائية.

5- المواد الصلبة الكلية العالقة TSS.

6- المواد الصلبة الكلية الذائبة TDS.

7- العسرة الكلية للماء TH.

8- نسبة الاوكسجين الذائب في الماء D.O.

9- المتطلب البايوكيمياوي للاوكسجين BOD_5.

10- المتطلب الكيمياوي للاوكسجين COD.

11- تقدير المواد العضوية.

12- تقدير الدهون والشحوم.

13- تقدير الفينولات.

14- تقدير نسبة ايون الكلورايد Cl^-.

15- تقدير نسبة الكبريتات SO_4^{-2}.

16- تقدير نسبة الفوسفات PO_4^-.

17- تقدير نسبة النتريت NO_3.

18- تقدير نسبة الكالسيوم والمغنيسيوم في الماء.

19- قياس الكلور المتبقي.

20- قياس الالمنيوم.

(Dr-Omar Idrees Salih) الكيمياء البيئية

درجة الحرارة واللون : Temperature and Color

لما كانت درجة الحرارة تؤثر بشكل فعال في ذوبان المواد والغازات في الماء وبخاصة ذوبان الأوكسجين وثاني اوكسيد الكاربون ، كما أنها من العوامل المهمة في تحديد نشاط وفعالية الأحياء المائية والبكتريا ومن العوامل المهمة في تحديد بعض خواص الماء مثل الكثافة واللزوجة فعليه يعد فحص درجة الحرارة للعينات من الفحوصات المهمة والمقيمة لطبيعة الماء . تمتاز المياه النقية بأن لا لون لها وان تلون هذه المياه في بعض الحالات يعود إلى وجود بعض المواد العضوية،مثل: النباتات،و العوالق المائية، أو وجود بعض أيونات العناصر، مثل: الحديد، والكروم، والمنغنيز ، أو وجود صبغات عضوية، او وجود مياه صناعية مصروفة لمجرى النهر ، أن شدة اللون تعتمد على تركيز هذه المواد ويمكن القول بأن المياه تكون ذات لون حقيقي عند ذوبان المواد الملوثة، أو ذات لون ظاهري عند وجود المواد العالقة .ولقد حددت المواصفة العراقية رقم 417 لعام 1974 لون مياه الشرب بعشر وحدات (10.0) حداً أقصى مسموح به ،أما منظمة الصحة العالمية فقد حددتها بـ (15.0) وحدة حدا أقصى يمكن للعين أن تميز وتعد درجة حرارة البيئة المائية عاملا مهما في التوازن القائم ضمنها ، و التغيير المفاجئ في درجة الحرارة يعود إلى طرح مخلفات صناعية منها الكيميائية و البترولية و الثقيلة .

(2-8-4) الدالة الحامضية (الرقم الهيدروجيني) : pH

لقياس مستوى الحموضة،وصفيا يتم استخدام مقياس الحموضة (الرقم الهيدوروجيني) pH والذي يتدرج من1إلى 14. والمواد التي تصل فيها درجة الحموضة من 1 على 6 تسمى مواد حامضية، في حين أن المواد التي تصل فيها درجة الحموضة من 8 إلى 14 فتعتبر مواد قلوية، في حين أن المواد التي تصل فيها درجة الحموضة إلى 7 تعتبر مواد محايدة.

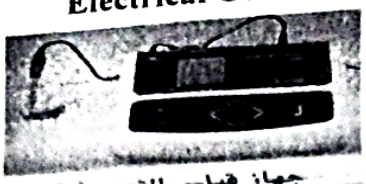
1 حامضيAcid 6 7 8 قاعديAlkaline 14

لكمياً وبدقة اكثر يستعمل جهاز قياس الرقم الهيدوروجيني pH

جهاز قياس الرقم الهيدروجيني

تعد قيمة الرقم الهيدوروجيني pH إحدى الخصائص للمياه والتي تؤثر بشكل كبير في تركيز العناصر الفلزية فيه، اذ يسبب التغير الحاصل في الرقم الهيدروجيني تاثيراً في انتقالية بعض العناصر اذ ان معظم العناصر الفلزية تكون عالية الاذابة في المحاليل الحامضية وبزيادة قيم pH تترسب على شكل اوكسيدات او هيدروكسيدات ومن تلك العناصر القلوية اذ تترسب عندما تكون قيم pH أعلى من المعدل الطبيعي .هنالك عوامل متعددة تؤثر في قيمة pH للمياه من اهمها درجة الحرارة، ووجود البيكاربونات، والكالسيوم، والنباتات، اذ ان عملية التركيب الضوئي تعمل على تقليل كمية ثاني اوكسيد الكاربون ومن ثمّ زيادة الرقم الهيدروجيني . وللرقم الهيدروجيني اهمية في التاثير في النشاط البكتيري وهوايضا مؤشر مهم لمعرفة اتجاه التفاعل في المحلول والذي يحدد اتجاه التأكسد أو الاختزال .إن هناك عدة عوامل تدخل في عملية زيادة أو خفض قيمة pH منها الملوثات الطبيعية والتي تشمل المواد المذابة للتربة نتيجة السيول والأمطار المنجرفة إلى حوض النهر إضافة لمخلفات الصرف الصحي والمخلفات الصناعية والزراعية المصرفة للمياه لذا عرفت هذه الدالة على إنها مهمة في تحديد اتجاه التفاعل، لقد حددت منظمة الصحة العالمية WHO قيم الرقم الهيدروجيني لمياه الشرب بين 6.5-8.5 حدودا مرغوب فيها .

التوصيلية الكهربائية: Electrical Conductivity



جهاز قياس التوصيلية

تحتوي المياه الطبيعية على تراكيز خفيفة من الأملاح المعدنية المتشردة و بالتالي فجميعها تشارك في التوصيلية الكهربائية ، و تنتج التوصيلية العالية عن ارتفاع نسبة الملوحة بسبب الملوثات المعدنية . وتعرف بانها قابلية المياه على نقل التيار الكهربائي، وتعتمد قيمة التوصيل الكهربائي على تركيز الأيونات الموجودة في المياه، وهي قابلية 1.0 سم من الماء على توصيل التيار الكهربائي عند 25.0 °م و تمثل مقلوب المقاومة النوعية للماء وتقاس بوحدات مايكروسيمنس .سم$^{-1}$ وملي سيمنس .سم$^{-1}$. حددت المواصفة الأوربية EEC لعام 1976 قيم التوصيلية للمياه السطحية المستخدمة لإنتاج مياه الشرب بـ 1000.0 مايكروسيمنس .سم$^{-1}$ حدا أقصى مسموح به .

(4-8-4) مجموع المواد الصلبة العالقة: Total Suspended Solids (T.S.S)

وهي المواد الصلبة المتبقية على ورقة الترشيح بعد إمرار أنموذج المياه من خلالها وتشمل الطين، والرمل، والغرين، والمواد الأخرى الطافية على سطح الماء وأن ارتفاع قيمة T.S.S دليل على تلوث المياه بمياه الصرف الصحي، ويكون تأثير المواد العالقة الصلبة في مياه الشرب ومياه النهر، بأنها تقلل من درجة استساغة الماء للشرب وتقلل من فعالية الكلور في تعقيم المياه وتعد نسبة 30 غم /لتر من المواد العالقة طبيعية و جيدة في المياه السطحية ،بينما إذا تجاوزت70 غم/لتر فإن الماء يصبح ملوثا .

(4-8-5) مجموع المواد الصلبة الذائبة : Total Dissolved Solids T.D.S

عرفت المواد الصلبة الذائبة بأنها مجموع الأيونات السالبة والموجبة، وبعض العناصر الثانوية و النادرة، ولا تشمل المواد العالقة أو الغروية أو الغازات الذائبة في المحلول .أن المواد الذائبة الكلية في المياه الطبيعية تكون أما بهيئة مركبات عضوية بتراكيز قليلة وأغلبها ناتج من نشاط الإنسان والفعاليات الصناعية، وتشمل الفينولات الكلورية، والمبيدات الحشرية وغيرها من المواد التي على الرغم من تراكيزها القليلة إلا أنها ذات تأثير صحي مباشر على الإنسان إذا استهلكت لمدد طويلة. كما وأن لها تأثيراً في الحياة المائية في مياه الأنهار، أو أن المواد الذائبة مركبات غير عضوية تتمثل في أملاح الكاربونات، والبيكاربونات، والكبريتات، والنترات، والكلورايدات، وأملاح الصوديوم، والكالسيوم، والبوتاسيوم، والمغنيسيوم، وغيرها، وتؤثر هذه الأملاح الذائبة في العديد من معايير نوعية المياه، مثل القاعدية، والعسرة الكلية، والطعم، وتأثير الماء في تآكل المعادن والأنابيب. أن معدل نسبة المواد الذائبة الكلية في الماء اللاأيوني تقريباً مساوية للصفر (ملغم.لتر$^{-1}$) وبالنسبة لمياه الشرب يجب أن لا تزيد عن 500.0 ملغم.لتر$^{-1}$ وصنفت منظمة الصحة العالمية WHO مياه الشرب حسب تركيز T.D.S الى خمسة أنواع وكما موضح في الجدول(4-4).

الجدول(4-4) تصنيف منظمة الصحة العالمية .WHO لمياه الشرب حسب تركيز T.D.S

تصنيف المياه	تركيز T.D.S (ملغم.لتر$^{-1}$)
مياه ممتازة	اقل من 300.0
مياه جيدة	600.0-300.0
مياه مقبولة	900.0-600.0
مياه صافية	1200.0-900.0
مياه غير مقبولة	اكثر من 1200.0

تصنف المياه وفق نسبة الملوحة إلى خمسة أقسام هي :

1- المياه الصالحة للشرب (مياه عذبة) وتكون نسبة الملح فيها أقل من 1000جزء من الملح في مليون جزء من الماء وزناً .

2- مياه قليلة الملوحة وتكون نسبة الملح فيها 1000- 3000 جزء من الملح في مليون جزء من الماء وزناً

3- مياه متوسطة الملوحة وتكون نسبة الملح فيها 3000- 10000 جزء من الملح في مليون جزء من الماء وزناً .

4- مياه مالحة وتكون نسبة الملح فيها .10000-35000 جزء من الملح في مليون جزء من الماء وزناً .

5- مياه مالحة جداً وتكون نسبة الملح فيها أكثر من 35000جزء من لملح في مليون جزء من الماء .

(4-8-6) المتطلب الكيميائي الحيوي للأوكسجين: BOD_5 (Biochemical Oxygen Demand)

وهو متطلب (احتياج) الأوكسجين الحيوي، أي اللازم للتثبيت البيولوجي. تستعمل البكتريا الأوكسجين لتحلل المواد العضوية، وكلما زادت شدة التلوث كلما احتاجت البكتريا إلى كمية أكبر من الأوكسجين لتحليلها. وبوساطة اختبار BOD_5 تقاس شدة التلوث بقياس كمية الأوكسجين المستهلك من قبل البكتريا(الكائنات الحية الدقيقة o/m) لتثبيت (أكسدة) الملوثات خلال/5/ أيام وبدرجة حرارة 20 ^{0}م، ويعبر عنها بالملغم / لتر(mg / l).

يمكن تلخيص أهدافه بما يلي :

.تحديد كمية المواد العضوية المنحلة و القابلة للتحلل ومعرفة قدرة الوسط على القيام بعملية التنقية الذاتية مع تحديد درجة التلوث العضوي

دور غاز الأوكسجين المذاب -قد يكون الاضمحلال البايولوجي Biodegradation هوائيا او غيرهوائي الطبيعة. بمعني انه يمكن أن يجري بوجود او عدم وجود غاز الاوكسجين الجزيئي كعامل مؤكسد. كلا هذين النمطين من العمليات ضروري في الطبيعة، ويجب ان يؤخذا بعين الاعتبار في عمليات تقويم مقدار الاضمحلال البايولوجي للمواد الكيميائية.تتضمن عملية التأكسد الهوائي اندماج احدي ذرتي جزيئة الاوكسجين مع الوسيط العضوي المغذي للاحياء الدقيقة، وباتحاد ذرة الأوكسجين الثانية مع الهيدروجين يتكون الماء. تشمل التحولات البايولوجية غير الهوائية عمليات التخمر والتركيب الضوئي البكتيري والتنفس غير الهوائي حيث تستهلك غازات أخرى غيرغاز الأوكسجين.

(4-8-7) المتطلب الكيميائي للأوكسجين: COD (Chemical Oxygen Demand)

يوجد نوع آخر من الملوثات العضوية لا تتأثر بفعل البكتريا و هي غير قابلة للتحلل ، يمكن إذا تقديرها باستعمال مؤكسدات قوية و في شروط معينة وهو متطلب (احتياج) الأوكسجين الكيميائي ، ويقيس كمية الأوكسجين اللازمة لأكسدة المواد العضوية القابلة للأكسدة كيميائياً الموجودة في مياه الصرف ويعبر عنها بملغم / لتر. يتضمن الاختبار كامل المواد العضوية التي يمكن أكسدتها، وبذلك تكون قيمة BOD أصغر من قيمة COD.

(4-8-8) أيون الكلورايد : Cl^- (Chloride Ion)

يوجد أيون الكلورايد في جميع المياه الطبيعية وبتراكيز مختلفة، اذ يصل تركيزه في مياه المحيطات إلى أكثر من 2000.0 ملغم /لتر أما في مياه الأنهار والبحيرات فان تركيزه يتراوح بين (20.0 -80.0)ملغم/ لتر واعتُمد فحص ايون الكلورايد مؤشرا للكشف عن حالة التلوث في المياه الجوفية الناتجة من تسرب مياه المخلفات إليها وكذلك للكشف عن تلوث مياه الأنهار في حالة عدم وجود مصدر آخر للأيون بمياه المخلفات المعالجة و غير المعالجة.حدد نظام صيانة الأنهار والمواصفة العراقية تركيز الكلورايد في مياه الشرب بـ 200.0 ملغم.لتر$^{-1}$ أعلى حد مسموح به . أما المواصفة الأمريكية فقد حددت تركيز أيون الكلورايد كما موضح في الجدول (4-5).

الجدول (4-5). يوضح تصنيف المياه وفق تركيز الكلورايد حسب المواصفة الأمريكية .

تصنيف المياه	تركيز Cl ملغم.لتر$^{-1}$
مصدر ممتاز	أقل من50.0
مصدر جيد	250.0-50.0
مصدر غير جيد	600.0-250.0
مصدر رديء جداً	أكثر من 600.0

(4-8-9) العُسرة الكلية : T.H (Total Hardness)

الماء العسر هو الماء الذي يحتوي على أملاح الكالسيوم، والمغنيسيوم والصوديوم، وهو لا يُعتبر صالحاً للشرب عندما تصل نسبة الأملاح المُسبّبة للعسرة الى 200 -300 ppm ، ويوجد نوعان من العُسرة:

العسرة المؤقتة : وهي ناتجة عن وجود أملاح بيكربونات الكالسيوم والمغنيسيوم.

العسرة الدائمة : وهي ناتجة عن وجود أملاح كبريتات وكلوريدات ونترات الكالسيوم، المغنيسيوم والصوديوم. ونسبة الكالسيوم والمغنيسيوم العاليتين يضران بالجهاز العصبي.في حالة شرب هذه المياه فترة طويلة فإن ذلك يؤدي إلى اضطرابات في الجهاز البولي،والى تكون حصى في الكلى. ويؤثر كبريتات المغنيسيوم على الجهاز الهضمي، أما وجود أملاح الصوديوم بكميات كبيرة في الماء فيؤدي إلى ارتفاع ضغط الدم. وتعرف بأنها قياس لمحتوى تركيز ايوني الكالسيوم والمغنيسيوم في الماء ويعبر عنها كمكافئ لكاربونات الكالسيوم وتقاس بوحدات ملغم.لتر$^{-1}$ ويمكن حساب التركيز باستعمال المعادلة الآتية.

$$T.H\ (mg\ .\ L^{-1}) = 2.5\ Ca^{+2}\ (mg\ .\ L^{-1}) + 4.1 Mg^{+2} (mg\ .\ L^{-1})$$

وتعد أيونات الكالسيوم، المغنيسوم، الصوديوم، السنترونتيوم، والمنغنيز، من مسببات العسرة في المياه السطحية، أما ايونات الكالسيوم والمغنيسيوم فيعدان المسبب الرئيس لعسرة المياه الجوفيـــة وحسب تصنيف منظمة الصحة العالمية للمياه وفق العسرة لكلية وكما هو في الجدول (4-6).

الجدول (4-6).تصنيف منظمة الصحة العالمية للمياه وفق العسرة الكلية

تصنيف المياه	تركيز $CaCO_3$ ملغم.لتر$^{-1}$
مياه يسرة Soft water	60.0-0.0
مياه معتدلة العسرة Medium Hard water	120.0-60.0 ,
مياه عسرة Hard water	160.0-120.0
مياه عسرة جداً Very hard water	أعلى من 160.0

لقد حددت المواصفة العراقية الجدول (4-7)ومنظمة الصحة العالمية WHO تركيز أيون الكالسيوم في مياه الشرب 200.0 ملغم.لتر$^{-1}$ أقصى حد مسموح به .

الجدول (4-7) المواصفة العراقية المرقمة 417 لسنة 1984
الخاصة بمتطلبات الماء الصالح للشرب والاستعمال المنزلي

ت	خصائص طبيعية		الحد المسموح به
.1	اللون		10 وحدات (بمقياس الكوبلت البلاتيني)
.2	العكارة		أقل من 10 وحدات (NTU)
.3	الطعم		مقبول
.4	الرائحة		مقبول
.5	الرقم الهيدروجيني P^H		8.5 – 6.5
ت	المركبات العضوية		الحد الأقصى (ملغم / لتر)
.1	الدهون والشحوم		0.3
.2	مستخلص كاربون / كلوروفورم		0.03
.3	المركبات الفينولية		0.002
.4	المنظفات Alkyl Benzene Sulphonates		0.3
ت	العناصر والمركبات اللاعضوية		الحد الأقصى (ملغم / لتر)
.1	الحديد	Fe	0.5
.2	الرصاص	Pb	0.05
.3	السيانايد	CN	0.05
.4	السيلينيوم	Se	0.01
.5	الكروم السداسي	Cr	0.05
.6	الكادميوم	Cd	0.01
.7	الباريوم	Ba	1.0
.8	الزئبق	Hg	0.001
.9	الزرنيخ	Ar	0.05
.10	المنغنيز	M n	0.1
.11	الفلور	F	1.0
.12	النحاس	Cu	0.5
.13	الخارصين	Zn	1.0
.14	الالمنيوم	Al	0.2
.15	الصوديوم	Na	200
.16	النترات	NO_3	45
.17	النتريت	NO_2	0.1
.18	الامونيا	NH_3	0.3
.19	الكلوريدات	Cl^{-1}	250
.20	الكبريتات	SO_4^{-2}	400
.21	الكالسيوم	Ca	200
.22	المغنيسيوم	Mg	50
.23	الكلور الحر	Cl_2	2.0
.24	العسرة الكلية	Ca , Mg , CO_3^{-2}	500

الكدرة Turbidity

هي خاصية بصرية للماء ناتجة عن انتشار الضوء وامتصاصه من قبل المواد العالقة بدل من انتقاله بشكل خط مستقيم خلال النموذج.

أسبابها:

1- وجود المواد الصلبة العالقة مثل دقائق التربة والرمل والطين والمواد العضوية واللاعضوية العالقة.
2- وجود البكتريا وكائنات حية دقيقة ونباتات طافية

العوامل المؤثرة على قياس الكدرة: تركيز وحجم حبيبات المواد العالقة.

لماذا لأيمكن ربط قياس الكدرة بقياس تركيز المواد العالقة في الماء؟

وذلك الن الكدرة تعتمد على طبيعة المواد العالقة من حيث الشفافية ومعامل الانكسار والمواد مختلفة بهذه الخواص عن بعضها البعض.

الاثار السلبية لزيادة كدره المياه:

1- تقليل او تحجب الضوء عن الاحياء المائية.
2- تؤثر المواد العالقة على تنفس الاسماك وخاصة اذا زاد تركيزها عن (211) ملغرام/لتر فيمكن ان تسد خياشيم الأسماك.
3- تؤثر على جمالية المياه.
4- توفر بيئة مناسبة لنمو البكتريا او عناصر معدنية فوقها.

(Dr-Omar Idrees Salih) الكيمياء البيئية

ساره اسوكمل شعبة B

الأوكسجين المذاب في الماء :-

هو مقياس يطلق على كمية الأوكسجين المذاب الموجود في وحدة الحجم من الماء ويقاس بوحدات الملي غرام لكل لتر وهذا يعني ان كل ملي غرام من الأوكسجين يكون مذاب في لتر من الماء .

أهمية معرفة تركيز الأوكسجين المذاب :-

* معرفة تركيز الأوكسجين المذاب في الماء يمكن من خلاله معرفة الكثير عن جودة المورد المائي من حيث ملائمة الماء للأحياء المائية مثل الأسماك والافقريات والبكتريا والنباتات المائية وهذا يعتمد بدرجة كبيرة على كمية الأوكسجين المتوفر في المورد المائي .
* وجود الأوكسجين يعمل على تقليل الملوثات العضوية وتقليص الحجم المائي منها ، وانعدامه يؤدي الى حدوث تحلل لاهوائي للملوثات داخل الماء ينتج عنه غازات ضارة مثل الميثان وغاز كبريتيد الهيدروجين

طرق قياس الأوكسجين المذاب :-

الطريقة الكيميائية (وينكلر وتغيراتها) • الطريقة الآلية (طريقة الاقطاب)

جهاز قياس الأوكسجين المذاب (D.O meter)

مصادر الأوكسجين المذاب في الماء :-

- الغلاف الجوي الذي يكون في تماس مع سطح الماء والذي يعتبر المصدر الرئيسي للأوكسجين ويعتمد سرعة تغوذيته في الماء على :-

أ- الاختلاف في الضغط الجوي .

ب- اختلاف عمق الماء .

ج- حركة الماء السطحية والامواج .

- التركيب الضوئي للنباتات المائية .

ندرة الأوكسجين المذاب :-

تعد ندرة الأوكسجين المذاب في الماء ناتجة :

- تركيز المواد العضوية القابلة للتحلل البايولوجي .

- درجة حرارة المصدر المائي

- مستوى سطح الماء .

س/ نسبة الـ D.O في المياه الراكدة أم الجارية تكون اعلى مع ذكر السبب ؟

معالجة الماء واستعمال الماء Water Treatment And Water Use

إن العرض من معالجة مياه الصرف الصحي هو تسريع العمليات الطبيعية التي تحدث لتلك المياه تحت ظروف محكمة وبحجم صغير. ومن الأسباب الهامة لتطوير طرق معالجة تلك المياه تأثيرها على الصحة العامة والبيئة حيث كانت المعالجة تنحصر في (**إزالة المواد العالقة والطافية والتخلص من المواد العضوية المتحللة وبعض الأحياء الدقيقة المسببة للأمراض**). ونتيجة لتقدم العلم في مجال الكيمياء والكيمياء الحيوية وعلم الأحياء الدقيقة وزيادة المعرفة بتأثير الملوثات على البيئة سواء على المدى القريب أو البعيد إضافة إلى التقدم الصناعي وإنتاج مواد جديدة جعل من الضروري تطوير طرق معالجه لتلك المياه تكون قادرة على إزالة معظم الملوثات التي لم يكن من السهل إزالتها الطرائق المستعملة قديما.

مياه الصرف وملوثاتها - يتم تجميع مياه الصرف الصحي من عدة مصادر، وتعتمد الكميات التي يتم جمعها من تلك المصادر على المصدر ونوعية نظام التجميع المستعمل فيها. ومن مصادر تلك المياه ما يلي مياه التي تستعمل للأعراض المنزلية والتجارية، مياه الاستعمالات الصناعية مياه الأمطار في حالة دمج شبكة المجاري بشبكة تصريف السيول والمياه المتسربة من عدة مصادر وخاصة الجوفية وتعتبر مياه المجاري واحدة من أخطر المشاكل على الدول ليس لديها شبكة صرف صحي متكاملة، بل في بعض الدول تعد من اخطر المشاكل المؤثرة على الصحة العامة في معظم دول العالم الثالث، لأنه في أغلب هذه المدن الكبيرة لا توجد شبكة صرف صحي والمشكلة الكبرى عندما تلقي المدن الساحلية مياه الصرف الصحي في البحار دون معالجة مسببة بذلك مشكلة صحية خطيرة. كما أن استخدام البيارات أو septic tank في الأماكن التي لا يتوفر فيها شبكة صرف صحي له أضراره على الصحة العامة خاصة إذا تركت مكشوفة أو ألقيت مخلفاتها في الأماكن القريبة من المساكن حيث يتوالد البعوض والذباب مما يسبب الكثير من الأمراض بالإضافة إلى استخدام المبيدات المنزلية التي لها أضرارها على صحة الإنسان وطبقة الأوزون. تحتوي هذه المياه على عدة عناصر صلبة وذائبة، يمثل الماء فيها نسبة 99.9% والبقية عبارة عن ملوثات أهمها مواد عالقة، مواد عضوية قابلة للتحلل، كائنات حية مسببة للأمراض وأعداد كبيرة من الكائنات الحية الدقيقة الهوائية واللاهوائية وتؤثر هذه الكائنات في المركبات العضوية والغير عضوية مسببة نقصا في الأوكسجين إذا ألقيت في البحر وبذلك تختنق الكائنات التي نعيش في البحر وقد تموت. وعند موت الكائنات البحرية تبدأ البكتريا أو الكائنات الدقيقة التي تعمل لاهوائيا بتحليلها محدثة تعفن وفساد أضافي ومواد مغذية للنباتات كالنتروجين، فسفور وبوتاسيوم ومواد عضوية مقاومة للتحلل، أملاح معدنية ذائبة ومعادن.

وهنالك عدة عوامل تعجل من فساد مياه المسطح المائي وتجعله غير صالح للاستخدام:

1- سرعة تيار الماء في المجري المائي.

Dr Omar Idrees Salih الكيمياء البيئية

2- كمية الأوكسجين الذائب في الماء.

3- السرعة التي تستطيع بها بعض أنواع البكتريا تحليل هذه الشوائب والفضلات.

4- حجم الشوائب والفضلات التي تلقي في هذا المسطح المائي البحري ونوعيتها.

مراحل معالجة مياه الشرب تتضمن:

أولا: المعالجة التمهيدية.

ثانيا: المعالجة المتقدمة.

تتضمن المعالجة التمهيدية الخطوات التالية:

1- نزع المواد الصلبة المختلفة: الصغيرة والكبيرة التي تقطع الى قطع صغيرة لمنع انسداد الانابيب من خلال استخدام المناخل وهذه الطريقة تزيل 2-20% من المواد العالقة و5-10% من المواد العضوية القابلة للتحلل، وهذه النسبة لا تجعل من الماء صالح للاستخدام البشري.

2- المعالجة الأولية (Primary Waste Treatment): الغرض من هذه المعالجة إزالة المواد العضوية والمواد الصلبة غير العضوية القابلة للفصل من خلال عملية الترسيب. ويمكن في هذه المرحلة من المعالجة إزالة 35 - 60 من المواد العضوية القابلة للتحلل إضافة إلى 70- 50% من المواد العالقة وحتى هذه الدرجة من المعالجة فإن لماء لا يزال غير صالح للاستعمال. وتحتوي الوحدة الخاصة بالمعالجة الأولية على أحواض للترسيب فضلا عن المرافق الموجودة في وحدة المعالجة التمهيدية وربما تحتوي أيضا على وحدات تغذية لبعض المواد الكيميائية إضافة الى اجهزة لخلط تلك المواد مع المياه إن كفاءة المعاملة الأولية في إزالة الملوثات ليست عالية جداً. وتكون بحدود 35% من BOD و 30% من COD و 60% من المواد الصلبة العالقة ومن ضمنها 20% من مجموع النتروجين و 10 من مجموع الفسفور ولا شيء من المعادن الذائبة.

3- المعالجة البيولوجية (Biological Processes): تتم هذه العمليات عن طريق أحواض التهوية والأكسدة البيولوجية والترشيح بالتنقيط وغيرها، يتم فيها تثبيت المواد والجزئيات العضوية من قبل الأحياء المجهرية فيها. هذه المعالجة تصلح في كثير من الأحيان لمعالجة المياه الملوثة من الصناعات العضوية مثل الصناعات الغذائية ويمكن أن تكون هوائية (اكسدة) أو لا هوائية.

(Dr Omar Idress Salih) الكيمياء البيئية

أوصت منظمة الصحة العالمية (W.H.O) بتقسيم موارد المياه الخام الطبيعية كمصدر لمياه الشرب إلى اربعه مستويات طبقا للمحتوى البكتريولوجي للمجموعة القولونية وتحديد نوع المعالجة المقترحة لكل مستوى لضمان سلامة مياه الشرب والحد من انتشار الأمراض التي تنتقل عن طريق المياه.

المستوى	العدد الاحتمالي للمجموعة القولونية(لكل 100سم^3)	نوع المعالجة المطلوبة
الأول	صفر ~ 50	إضافة الكلور
الثاني	50 ~ 5000	المعالجة التقليدية(الترسيب والترويب والترشيح والتعقيم)
الثالث	5000 ~ 50.000	تلوث شديد للمورد المائي(المأخذ) يحتاج إلى أكثر من المعالجة التقليدية.
الرابع	أكثر من 50.000	تلوث شديد جدا. لا يصلح كمصدر لمياه الشرب.

4- المعالجة الكيميائية (Chemical Treatment)

تشمل:

أ- التصفية (التكتل والتركيد والترشيح).

ب- التطهير.

اما المعالجة المتقدمة فتتضمن الخطوات التالية:

يتم تطبيق هذه المرحلة من المعالجة عندما تكون هناك حاجة إلى تنقيه بدرجة عالية وتشمل هذه المرحلة عمليات مختلفة:

1- ازالة الملوثات التي لا يمكن إزالتها بطرق التقليدية سابقة الذكر ومن هذه الملوثات: النتروجين والفسفور والواد العالقة الصلبة الزائدة إضافة إلى المواد التي يصعب تحللها بسهولة والمواد السامة وتتضمن هذه العمليات ما يلي:

التخثر الكيميائي والترسيب Chemical coagulation & sedimentation: التخثر الكيميائي عبارة عن إضافة مواد كيميائية تساعد على احداث تغير فيزيوكيميائي للجسيمات ينتج عنه تلاصقها. مع بعضها وبالتالي تجمعها ومن ثم ترسيبها في أحواض الترسيب نظراً لزيادة حجمها وتستخدم عدة مخثرات كيميائية من أهمها مركبات الحديد الالمونيوم والكالسيوم والبوليمر..

الترشيح الرملي Sand Filtration : عبارة عن عملية تسمح بنفاذ الماء خلال وسط رملي بسمك لا يقل عن 50 سم ويتم من خلال هذه العملية إزالة معظم الجسيمات العالقة والتي لم يتم ترسيبها في أحواض الترسيب

Dr-Omar Idrees Salih

نظراً لصغر حجمها إضافة إلى إزالة المواد الصلبة المتبقية بعد عملية التخثر الكيميائي كمل أن هذه العملية ضرورية لتنقية المياه قبل معالجتها في عمليات لاحقة مثل الامتصاص الكاربوني والتبادل الأيوني والتناضح العكسي .

الامتصاص الكاربوني Carbon Adsorption: ويتم في هذه العملية استخدام كربون منشط لإزالة المواد العضوية المذابة حيث يتم تمرير المياه من خلال خزانات تحتوي على الوسط الكاربوني ويتم من خلال الكاربون المنشط امتصاص المواد العضوية المذابة الموجودة في مياه الفضلات. وبعد تشبع الوسط الكاربوني يتم إعادة تنشيطه بوساطة الحرق أو استخدام مواد كيميائية.

التبادل الأيوني Ionic Exchange: من خلال هذه العملية يتم إحلال أيونات معينة في الماء من مادة تبادل عبر قابلة للذوبان بأيونات أخرى . وعملية التبادل الأيوني مشابهة لعملية الامتصاص الكاربوني إلا أن الأولى تستعمل لأغراض إزالة المواد غير العضوية.

التناضح العكسي Reverse Osmosis: يتم في هذه العملية ضح الماء تحت ضغط عال من خلال غشاء رقيق ذو فتحات صغيرة جدا يسمح بمرور جزيئات الماء فقط ويمنع مرور جزيئات الأملاح.

2- عمليات التطهير وتتضمن:

ا- تطهير بالكلور.

ب-تطهير بالاوزون.

المعالجة المتقدمة باستخدام التلبيد الكهربائي:

تتضمن عملية التلبيد الكهربائي امرار تيار كهربائي محدد ضمن اقطاب يتم وضعها داخل خزان المعالجة اذ يقوم هذا التيار بتكوين عوامل مخثرة وملبدة للملوثات زيادة على تكوين فقاعات الهواء ومن ثم التصاق الملوثات بالعوامل المخثرة ويتم اقتناصها من قبل جزيئات الهواء الصاعدة الى سطح الخزان اما التي لم يتم اقتناصها فتترسب في قاع الخزان و من ثم تتم ازالتها، ومن مساوئ هذه المعالجة قصر مدة عمل القطب الكهربائي قبل تأكله واضمحلاله أو انسداده الا أن عملية تطوير هذه الأقطاب جعلت امر تجاوز هذه المشكلة بسيطا جدا وقد تم إزالة اغلب المواد الصلبة سواء كانت عالقة ام ذائبة، إن معظم البكتريا والطحالب والأحياء المجهرية الأخرى تزال بهذه الطريقة وكانت نسبة الإزالة لها أكبر من 98% أما نسبة إزالة الجزئيات الكبيرة من الأصباغ والأوكسجين الحيوي المستهلك كانت بمعدل 50-95% في حين كانت نسبة إزالة الشحوم والدهون والزيوت بحدود 99.9% وإن النسبة أعلاه بدون إضافة اي مواد كيميائية وحتى بدون استخدام المرشحات ، ومن مميزات عملية التلبيد الكهربائي أنها لا تتأثر بتغير قيمة الرقم الهيدروجيني وتعمل ضمن المدى 9-3.5

(Dr Omar Idrees Salim) الكيمياء البيئية

وتتم عملية الترسيب في نفس خزان التلبيد أو التخثير وتتم عملية الإزالة خلال مدة لا تتجاوز عده دقائق ولها القابلية على إزالة عدة ملوثات في نفس الوقت.

تقنيات المعالجة الحديثة

شهدت الأونة الأخيرة تغيرات جذرية في تقنيات المعالجة ترجع في كثير من الأحوال إلى النقص الشديد الذي تعانيه كثير من دول العالم في المياه الصالحة للشرب أو نتيجة لتلوث مصادر المياه كما هو الحال في أكثر الدول الصناعية. وقد أدت هذه العوامل إلى البحث عن مصادر جديدة غير المصادر التقليدية والتي تحتاج بطبيعة الحال إلى تقنيات معالجة متقدمة فضلاً عن المعالجة التقليدية ولذلك لجأت كثير من الدول إلى تحلية مياه البحر وإلى تحلية بعض مصادر المياه الجوفية المالحة، وفي سبيل ذلك يتم استخدام تقنيات باهظة التكاليف مثل عمليات التقطير الومضي وعمليات التناضح العكسي، جهاز RO 105 يعمل بتقنية التناضح العكسي يؤمن جهاز RO 105 حماية فائقة لتنقية المياه باستخدام تقنية التناضح العكسي والتي تعد من أفضل التقنيات المستخدمة عالمياً ضمن هذا المجال.

لا تعتمد هذه التقنية على أية مواد كيميائية مضافة، كما أنها لا تعتمد على الطاقة الكهربائية، حيث أن آلية العمل مصدرها الضغط الذي يولده الماء أثناء دخوله إلى وحدة المعالجة. تؤمن هذه التقنية في أجهزة RO 105 تنقية المياه المنزلية حيث تزيل 99% من المواد الصلبة وحتى حجم واحد ميكرون إضافة إلى استبعاد 99% من الطفيليات والمعلقات والبكتريا من المياه وتساعد على تخفيض القساوة (العسرة) وتحسين الطعم والرائحة وذلك عن طريق إزالة الكلور والرواسب أو أي طعم آخر واستبعاد الرصاص، النحاس، الباريوم، الكروم القصدير، الزئبق، الصوديوم، الكالسيوم، الكادميوم، الفلور، النترات، النتريت والزرنيخ أو مركباتها الكيميائية ... الخ.

طريقة العمل والميزات الفنية: تم تجميع جهاز RO 105 لتنقية وتحلية المياه ضمن وحدة معالجة عمل واحدة إضافة إلى خزان خاص من الستانلس ستيل، وذلك لتسهيل تركيبه تحت السنك في منطقة المطبخ وبحيث تؤمن بلمسة مباشرة مياها نقية عذبة صالحة للشرب والطبخ والاستخدامات الأخرى، كما تؤمن مخزوناً معقماً قدره 12 ليتر في حال انقطاع التغذية المباشرة من مصدر الماء. وبإنتاجيه تصل إلى 189 ليتر/اليوم الواحد عند توفر ضغط (3 - 7) بار، ودرجة حرارة 27 درجة مئوية، وتشتمل هذه الوحدة على مراحل خمس حسبما يلي:

المرحلة الأولى: فلتر (5) ميكرون يقوم بإزالة الشوائب الموجودة ضمن الماء وحتى قياس خمسة ميكرونات وهذه الشوائب تتضمن المواد القاسية والرمال والصدأ وغيرها من المواد الصلبة.

المرحلة الثانية: فلتر فحمي حبيبي يقوم بإزالة 99% من المواد الكيميائية والعضوية، والكلور والشوائب، كما يقوم بتحسين الطعم واللون والرائحة للماء.

المرحلة الثالثة: **فلتر (1) ميكرون لتحسين إعادة تصفية الماء من الرواسب والتي من قياس واحد ميكرون، وتأمين حماية للغشاء المرن الخاص بوحدة التناضح العكسي لضمان جودة أداء الغشاء في الوحدة بعد إزالة المواد القاسية كاملة.**

المرحلة الرابعة: **مرحلة التناضح العكسي وذلك باستخدام الغشاء الرقيق المرن (TFC) ذو النوعية العالمية عالية الجودة والتي تسمح بتنقية المياه المطلوبة يومياً. تقوم تقنية التناضح العكسي بمنع الأملاح الذائبة في الماء من المرور عبر الغشاء المرن، وبالتالي تمنع الرصاص، النحاس، الباريوم، الكروم، الزنبق، الصوديوم، الكالسيوم، الكادميوم، الفلور، النترات، النتريت والزرنيخ، أو مركباتها الكيميائية من المرور.**

المرحلة الخامسة والأخيرة: **الفلتر الفحمي الحبيبي المنشط ذو الفعالية العالية المضاعفة، يسمح هذا الفلتر باستخدام تقنية NSF لتحسين صفات الماء النوعية من طعم ولون ورائحة مما يجعله عذباً مستساغاً للشرب.**

التنقية التخصصية للماء (Pro - Purification Water)

التقطير الومضي وتعد تقنية التفريق بوساطة الأغشية بمثابة ثورة في معالجة المياه وتعتمد هذه التقنية على القضاء فيزيائيا على الملوثات المجهرية بدون استعمال المواد الكيميائية وهي تقنية مكلفة جدا إلا أنها تمكننا من الحصول على درجة عالية من متطلبات النقاء والصفاء والرائحة والمذاق مهما كانت مواصفات الماء المعالج وتستعمل هذه التقنية حاليا في القطاع الصناعي. ومن الجدير بالذكر أن إدخال التقنيات الحديثة على محطات المعالجة التقليدية قد تستوجب تغييرات جذرية في المحطات القائمة وفي طرق التصميم للمحطات المستقبلية ويعني ذلك ارتفاعا حادا في تكلفة معالجة المياه، ويمكن تفادي ذلك أو الإقلال من أثره بوضع برامج مدروسة للترشيد في استخدام المياه والمحافظة على مصادرها من التلوث.

ومن تقنيات المعالجة الحديثة ـ تقنية معالجة المياه المتلوثة بالميكروويف هذه التقنية تتميز بقلة تكلفة التشغيل وضيق الحيز المطلوب واستهلاك الكهرباء المنخفض. وباستخدام هذه التقنية الجديدة، لا تستغرق عملية معالجة المياه المتلوثة سوى 7 دقائق وتضاهى نوعية المياه المعالجة جودة المياه السطحية من الدرجتين الأولى والثانية. لذا فان هذه التقنية أفضل من التقنيات المتبعة حاليا في معالجة المياه المتلوثة من حيث كافة مؤشرات البارامترات الفنية.

(Dr-Omar Idrees Salih) الكيمياء البيئية