المملكـــة العربيـــة الســـعودية
المؤسسة العامة للتعليم الفني والتدريب المهني
الإدارة العامة لتصميم وتطوير المناهج

تقنية البيئة- حماية البيئة

صحة المياه

٢٠٦ حما

جميع الحقوق محفوظة للمؤسسة العامة للتعليم الفني والتدريب المهني

مقدمة

الحمد لله وحده، والصلاة والسلام على من لا نبي بعده، محمد وعلى آله وصحبه، وبعد:

تسعى المؤسسة العامة للتعليم الفني والتدريب المهني لتأهيل الكوادر الوطنية المدربة القادرة على شغل الوظائف التقنية والفنية والمهنية المتوفرة في سوق العمل، ويأتي هذا الاهتمام نتيجة للتوجهات السديدة من لدن قادة هذا الوطن التي تصب في مجملها نحو إيجاد وطن متكامل يعتمد ذاتياً على موارده وعلى قوة شبابه المسلح بالعلم والإيمان من أجل الاستمرار قدماً في دفع عجلة التقدم التنموي، لتصل بعون الله تعالى لمصاف الدول المتقدمة صناعياً.

وقد خطت الإدارة العامة لتصميم وتطوير المناهج خطوة إيجابية تتفق مع التجارب الدولية المتقدمة في بناء البرامج التدريبية، وفق أساليب علمية حديثة تحاكي متطلبات سوق العمل بكافة تخصصاته لتلبي متطلباته، وقد تمثلت هذه الخطوة في مشروع إعداد المعايير المهنية الوطنية الذي يمثل الركيزة الأساسية في بناء البرامج التدريبية، إذ تعتمد المعايير في بنائها على تشكيل لجان تخصصية تمثل سوق العمل والمؤسسة العامة للتعليم الفني والتدريب المهني بحيث تتوافق الرؤية العلمية مع الواقع العملي الذي تفرضه متطلبات سوق العمل، لتخرج هذه اللجان في النهاية بنظرة متكاملة لبرنامج تدريبي أكثر التصاقاً بسوق العمل، وأكثر واقعية في تحقيق متطلباته الأساسية.

وتتناول هذه الحقيبة التدريبية " صحة المياه " لمتدربي قسم" تقنية البيئة " للكليات التقنية موضوعات حيوية تتناول كيفية اكتساب المهارات اللازمة لهذا التخصص.

والإدارة العامة لتصميم وتطوير المناهج وهي تضع بين يديك هذه الحقيبة التدريبية تأمل من الله عز وجل أن تسهم بشكل مباشر في تأصيل المهارات الضرورية اللازمة، بأسلوب مبسط يخلو من التعقيد، وبالاستعانة بالتطبيقات والأشكال التي تدعم عملية اكتساب هذه المهارات.

والله نسأل أن يوفق القائمين على إعدادها والمستفيدين منها لما يحبه ويرضاه، إنه سميع مجيب الدعاء.

الإدارة العامة لتصميم وتطوير المناهج

تمهيد :

الحمد لله والصلاة والسلام على رسول الله صلى الله عليه وسلم وبعد :

خلق الله سبحانه وتعالى الماء لتكون الحياة حيث قال في كتابه الحكيم و وجعلنا من الماء كل شئ حي فالماء هو الثروة والقوة والحياة .

وقد لا تكون غرابة في الوقت الحالي أن الحكم بقوة الدول هو وفرة المياه فالماء هو الاقتصاد الذي تعتمد عليه الأجيال فالصناعة والزراعة والملاحة والعمران كلها قائم على وجود الماء . وبالتالي يتطلب على كل إنسان على وجه المعمورة أن يعي قيمة الماء وأهميته لحياتنا وحياة النبات والحيوان .

تعتبر المياه مادة أو سلعة نادرة ومحدودة وبالتالي تحتاج إلى عناية ورعاية خاصة وسلوكيات مدركة لأهميتها . فالتفريط باستعمالها يعتبر هدر لهذه المادة الثمينة وعليه يجب أن ندرك أن كل قطرة ماء تهدر هي في الواقع خطوة نحو الخطورة. لذا يتوجب علينا كأفراد ومجتمعات أن نسلك سلوكيات تتوافق مع أهمية هذه المادة ونضع أنفسنا بموقف الأمين على هذه المادة ويجب أن ندرك أن تأثير ونقص هذه المادة لا يؤثر على الفرد خاصة بل التأثير يطول كل أفراد المجتمع وقد نهانا رسول الله صلى الله عليه وسلم عن التفريط بهذه المادة ولو كنا على ضفاف نهر "معنى الحديث" .

تقوم هذه المادة بدراسة خصائص الماء وتوزعها في الأرض وأهم ملوثات هذه المياه وما هي تأثيرات هذه الملوثات على البيئة والإنسان والحيوان والنبات وأيضاً تقوم هذه المادة باستعراض أهم الخطوات التي تحمي المياه من التلوث أو العبث.

صحة المياه

أداء وأهمية وتركيب وخواص وتوزيع ومعالجة المياه

جميع الحقوق محفوظة للمؤسسة العامة للتعليم الفني والتدريب المهني

الجدارة: التعرف على أداء وأهمية وتركيب وخواص وتوزيع ومصلحة ومختلف أنشطة الناس للمياه .

مستوى الأداء المطلوب: يصل المتدرب إلى اتقان الجدارة بنسبة ٩٠٪.

الوقت المتوقع للتدريب على الجدارة : ٤ ساعات

الوسائل المساعدة:

- مختبر للمياه.
- جهاز القياس لتلوث المياه بالمواد العضوية (كالجراثيم).
- جهاز لقياس العكارة، الصلابة، pH، نسبة الكلور.
- أجهزة لقياس تلوث المياه بالمواد الكيماوية والمعادن.
- أجهزة تنقية وترشيح وتعقيم.

متطلبات الجدارة: أن يكون المتدرب قادراً على معرفة أهم خصائص الماء الفيزيائية الكيميائية وتركيب الماء وتوزيعه وأهم خطوات المعالجة.

أهمية وتركيب وخواص وتوزيع ومعالجة المياه

الفصل الأول : إدارة وأهمية وخواص المياه

١ - إدارة المياه : (باختصار)

إدارة المياه يعني هو وجود الطموح والرغبة بتطبيق القواعد والقوانين والمعايير البيئية الطبيعية والتي تسبق مختلف الأنشطة في استعمال المياه . بمعنى آخر تعمل على وقاية موارد المياه والمحافظة عليها لتنسجم مع البيئة في الحاضر والمستقبل ولمختلف الاستعمالات لهذه البيئة . وهي التحكم المنسق والتوحيد والتأثير في الأنشطة البشرية في نظام بيئي محدد من أجل تحقيق وإيجاد توازن بين الأهداف الأكثر سعة في مجالاتها القريبة والبعيدة المدى . ولذلك هي توازن بين حماية البيئة والنشاط الإنساني المختلف .

فاستعمال المياه متعدد فهو للشرب والسباحة والملاحة والزراعة والصناعة لذا يجب أن يدار هذا المرفق (المياه) على أن يكون هناك توازن بين المحافظة عليه نظيفاً خالياً من الشوائب والملوثات لمختلف استعمالات هذا الماء والبيئة المحيطة به . فمثلاً لا يسرف في استعمال المياه في الصناعة على حساب الزراعة ولا تستعمل المياه في الزراعة على حساب مياه الشرب وهكذا المهم في الأمر يجب أن يوازن في استعمال المياه بين مختلف الأنشطة عموماً . نحن نعلم أن جميع أنشطة الحياة من الصناعة إلى الزراعة والاجتماع وتطور البلدان يعتمد اعتماداً مباشراً على وجود المياه لذا فالتقدم يرتبط ارتباطاً وثيقاً بوجود كمية المياه لذا يتوجب علينا ترشيد الماء وإيجاد مصادر جديدة للماء كما هو الحال في تحلية مياه البحر (المالحة) وإنشاء السدود ومعالجة المياه العادمة ويمكن استعمالها في الزراعة وبعض الصناعات واستعمال المياه في المنازل بطرق حكيمة لتقليل الاستهلاك لهذه المادة. وكما يمكن تقنين الماء الموزع سواء للزراعة والصناعة والاستعمال المنزلي ويمكن استعمال طريقة التسعير وهي زيادة السعر بزيادة كمية المياه المستعملة للفرد في المنازل.

(بالتفصيل) " لما كانت المنطقة العربية محدودة الموارد المائية، فإنه لابد من إدارة فاعلة لهذه الموارد حتى لا تصبح المياه عاملاً مثبطاً للنشاط الاجتماعي والصناعي والزراعي. وبالتالي إعاقة تقدم ذلك البلد أو تطوره نحو الأفضل بندرة المياه.

البحث المستمر عن مصادر جديدة Exploring New Recourses

قد لا توجد حاجة لإدارة الموارد المائية في بلد غني بالماء كآيسلندة مثلاً. غير أننا في المنطقة العربية تزداد أعدادنا وتسعى كل دولة لرفع معيشية شعبها. وهذا يعني تناقص حصة الفرد من الماء إذا بقيت الموارد على حالها لم تتغير. ومن ثم لابد من السعي المستمر في إيجاد مصادر مائية جديدة نذكر أمثلة منها يلي:

- **تحلية المياه المالحة Desalination**

وهو مصدر أصبح معروفاً جيداً في دول جزيرة العرب جميعها عدا اليمن . وفي هذه الأقطار يستعمل الغاز الطبيعي الوفير في تحلية (تقطير) مياه البحر في محطات ضخمة لتوفير مياه الشرب لمدن كثيرة كالكويت والدمام وينبع وغيرها ، غير أنه يمكن تحلية المياه المسوسة Brackish. والمياه المسوسة مياه جوفية أو سطحية تبلغ ملوحتها أكثر من 5000 جزء من المليون. ولا شك أن تكاليف تحليتها أقل من تكاليف تحلية مياه البحر. وفي السعودية مثلاً كمية جيدة من المياه المسوسة التي تدرس وزارة المياه والري تحليتها للتخفيض من شح المياه في السعودية. بقي أن نقول أنه من حق المواطن العربي أن توظف الأموال الكافية لتطوير تقنية علمية لاستعمال الطاقة الشمسية في تحلية المياه المالحة.

- **إنشاء السدود Dams Construction**

تتميز المنطقة العربية بعدم انتظام الأمطار في الموسم المطري. ففي كثير من الحالات تهطل أمطار غزيرة في وقت قصير تتحول إلى جريان فيضاني ينتهي إلى البحر أو الصحراء. فتصبح مالحة لا يستفاد منها. أو قد تنتهي إلى مسطحات أو منخفضات صحراوية سرعان ما تتبخر وتتلاشى. وبالتالي فإن إقامة السدود تبدو ضرورية لحجز مياه الفيضان هذه واستعمالها بعد ذلك . ثم إن السدود أيضاً مفيدة في تغذية المياه الجوفية الحديث طويل في فوائد السدود وأضرارها. وغير أنه في المناطق التي تعاني من شح المياه فلا مجال للتفكير في مضار السدود.

- **الحصاد المائي Water Harvesting**

نعني بالحصاد المائي جمع مياه الأمطار في الأماكن التي يهطل فيها أو قريباً من ذلك في منشآت صغيرة نسبياً. ومن ذلك الحفائر التي تقام على الأودية الصحراوية والخزانات الأرضية التي تجمع مياه أسطح المنازل وغيرها من الوسائل التي تستعمل في الحصاد المائي للزراعات الصحراوية وشبه الصحراوية.

المحافظة على المياه المنزلية Domestic Water Conservation

المقصود في ذلك استعمال المياه في المنزل بطرق حكيمة تقلل من الكمية المستهلكة دون أن يؤثر في مستوى نظافة المنزل أو صحة الفرد. ويمكن أن تؤدي هذه الطرق إلى تقليل المياه المستهلكة إلى النصف. ولا أظن مثل هذه التدابير خافية على أحد. ومنها استعمال رذاذ الماء Shower بدل حوض الاستحمام . ففي الأول منهما يحتاج الفرد أقل من 20 لترا من الماء للاستحمام بينما قد تزيد كمية الماء في حالة استعمال الحوض عن 200 لتر. ومنها استعمال نياغارا صغيرة الحجم في دورات المياه. ومنها غسل السيارات في المنازل بكمية محددة في إناء بدل استعمال الأنابيب المطاطية. ومنها حلاقة الذقن وغسل الأسنان بفتح الصنبور وقت الحاجة وليس فتحة طوال العمليتين. أما في حالة وجود الأجهزة الكهربائية كغسالة الصحون والغسالة الذاتية فالأفضل منها ما كان صغير الحجم. وللذين يزرعون الأعشاب الخضراء (إنجيلة) التي تحتاج إلى قدر كبير من المياه للحفاظ على خضرتها الجميلة الدائمة، يمكن زراعة بعض النباتات التي تحافظ على جمال المكان و تحتاج إلى كمية قليلة من المياه. وغير ذلك كثير.

وقد يكون أهم من ذلك كله التغلب على تسرب المياه من شبكة أنابيب مياه الشرب.

المحافظة على المياه في الزراعة:

تحتاج الزراعة في السعودية ملايين م٣ من الماء سنوياً. وهو رقم كبير جداً بالنسبة للموارد المائية. وبالتالي تضطر وزارة المياه والري إلى تقنين المياه على المزارعين أوحتى إيقاف الزراعة في هذا المكان أو ذاك تبعاً لتوفر المياه. ومن الأساليب المعروفة في الحفاظ على المياه في الزراعة استعمال طريقة الري بالتنقيط بدل طريقة الري بالغمر. والري بالتنقيط شائع جداً في السعودية.

ثم بعض المحاصيل تحتاج إلى كميات كبيرة من المياه فيتم استبدالها بأخرى أقل احتياجاً للماء.

المحافظة على المياه في الصناعة:

يمكن القول بطمأنينة أن الصناعة في المنطقة العربية بدائية ولا تستهلك أكثر من 5 ٪ من مجموع الموارد المائية على حسن تقدير. ففي السعودية مثلاً تحتاج الصناعة 80 (رقم تقريبي) مليون م^{٣}/السنة. وهو تقريباً 4٪ من الموارد المائية وعلى الرغم من ذلك فإنه يمكن اتخاذ بعض التدابير للمحافظة على المياه. ومن ذلك إعادة استعمال المياه في بعض الصناعات كصناعات التعدين كغسل الفوسفات مثلاً أو قطع الحجارة. وفي عمليات التبريد يجب أن تستعمل المياه نفسها.

استعمال آلية تسعير المياه بدل التقنين :

ونعني بها رفع سعر المتر المكعب من المياه تصاعدياً مع كمية المياه المستهلكة ونعتقد أن هذا الأسلوب له تأثير أكبر في المحافظة على المياه من استعمال أسلوب التقنين بأسعار ثابتة غير أنه في بعض الأقطار التي تعاني من شح شديد في المياه فإن الأسلوبين مستعملان في الوقت ذاته. فالمياه مقننة والأسعار تصاعدية مع كمية الاستهلاك".

٢ - كيفية إدارة المياه :

يجب أن تكون هناك جهة رسمية تراقب عن كثب استعمال المياه ونظافتها والمحافظة عليها من التلوث سواء كانت مياه أنهاراً وبحيرات أومياهاً جوفية أوغيرها من المصادر ولا يستثنى من هذه الإدارة مياه الخلجان والبحار والمحيطات فكلها تعتبر مياه ذات استعمال بشري ومصادر ثروة أسماك وغيرها لذا يجب المحافظة عليها ونظافتها بإدارة وأدوات محكمة (المراقبة الشديدة) .

فمثلا المصانع التي تستعمل المياه بشكل كبير كمصانع الورق ومصانع الحديد والمصانع الأخرى يجب أن لا تطلق مياه الصرف لهذه المصانع مالم تكن قد قامت بتصفية هذه المياه (الصرف) إلى درجة لا تؤثر على تلوث البيئة وهي الخطوات التي تأتي عن طريق المراقبة اللصيقة .

هناك من السفن التجارية وحاملات الطائرات والتي تستعمل القوة النووية في الطاقة يجب أن تراقب عن كثب للمخلفات التي يجب أن تكون خالية من الإشعاعات .

٣ - أهمية المياه للحياة :

لا شك للمياه أهمية قصوى في الحياة فهي العصب الأساسي للحياة وبدونها لا يمكن للحياة أن تستمر فيمكن للإنسان أن يصبر على الماء مدة ثلاثة إلى خمسة أيام وبعدها يمكن أن يفقد الحياة . كذلك الحيوان والنبات يعتمد اعتماداً أساسياً على الماء فلا نباتات تعيش بدون الماء حتى النباتات التي تعيش في الصحراء فهي تقوم بتخزين الماء في جذورها وأوراقها الشوكية بحيث لا تفقد عن طريق التبخر كثيراً من الماء . المياه تعتبر العنصر الأساسي في الاقتصاد فهي المسؤولة عن ازدهار النباتات والزراعة في الدول وهي التي تقوم عليها مختلف الصناعات فلو نظرت إلى الصناعات أي كانت فلا يمكن أن تقوم بدون وجود المياه . والمياه هي أكبر مساعد للنقل للسفن والبواخر وتسيرها عبر البحار والمحيطات فبدون هذه المياه لا يمكن حمل ملايين الأطنان عبر المحيطات والبحار وازدهار التجارة بين دول العالم كذلك البحار والأنهار والمحيطات تعطينا الثروة السمكية والحلي.

٤ - التركيب الكيميائي للمياه :

الماء يتكون من ذرتين ذرة أوكسجين وذرتين من الهيدروجين . (H_2O)

المياه التي توجد على سطح الأرض سواء السطحية أو الجوفية تحتوي على مواد ذائبة وعالقة مثل المواد الذائبة كالكالسيوم والمغنيزيوم والصوديوم (ملح) والبوتاسيوم والكربونات والبيكربونات والكبريتات والكلوريدات والنترات وأيضاً تحتوي على بعض المواد المهمة للنبات مثل البورون والفلوريد كذلك يوجد بعض الرصاص والزئبق والكادميوم والزنك واليورانيوم والزرنيخ والمنجنيز والسيليكون . فيعتمد التركيب الكيميائي للمياه عن المنطقة الموجودة فيها ودرجة الحرارة والضغط والحموضة وأيضاً يتغير التركيب الكيميائي للمياه بوجود البكتيريا في المياه ففي البحر الميت هناك الفسفورات وملح الطعام ومعادن أخرى.

٥ - خواص المياه الفيزيائية :

تتمدد المياه بالحرارة وتنكمش وتجمد بالبرودة وتعتمد حرارة المياه على فصول السنة وموقع هذه المياه إذا كانت سطحية وجوفية وتعرضها للشمس وهذه الحرارة تلعب دوراً مهماً في حياة الحيوانات والنبات التي تعيش على المياه وكذلك تختلف هذه النباتات والحيوانات حسب درجة الحرارة التي تعيش فيها . كذلك تؤثر درجة الحرارة في التفاعلات والتركيب الكيميائي للمياه . المياه قادرة على إذابة الأوكسجين وثاني أو كسيد الكربون .

وعادة الماء النقي لا رائحة له ولا طعم ولكن وجود مواد عضوية أو غير عضوية يتسبب في الرائحة والطعم . كذلك لا لون للمياه النقية . وأيضاً العكورة لها تأثير على انعكاس الضوء وبالتالي عادتاً يحكم على الماء إذا كان نقياً أم لا بفحص نسبة العكورة (العكارة) وهناك عدة أجهزة لقياس العكارة .

١ - يتمدد الماء بالحرارة عند درجة ١٠٠ مئوية وهي درجة الغليان ويتبخر .

٢ - ويتجمد عند هبوط درجة الحرارة إلى الصفر .

٣ - الماء غير موصل للكهرباء (الماء المقطر) أي بدون أملاح ومعادن .

٤ - يتأثر الماء بالإشعاعات ويمكن أن يتشبع بالإشعاعات ويؤثر على صحة الإنسان إذا كان مشعاً .

تقدير الكثافة النسبية للماء :

دائماً إذا أردنا الكلام عن النسبة يجب الانتباه إلى شيئين الحجم والوزن :

فمثلاً الكثافة النسبية للماء المقطر هي واحد غرام (وزن) لكل واحد سنتيمتر مكعب (حجم) وهذه كثافة المياه الطبيعية .

٦ - خواص المياه الكيميائية :

الماء مادة متكونة من ذرتين من مادتين مختلفتين غاز الأوكسجين وغاز الهيدروجين ولتكوين الماء يجب أن تتوفر ثلاث ذرات مرتبطة مع بعض ويسمى مركب . ذرتين من غاز الهيدروجين وذرة واحدة من غاز الأوكسجين لتكوين H_2O :

pH وهي تدل على أن الماء إما عالي الحموضة أو قليل وأيضاً إذا كان عالي القلوية أو قليل .الحموضة والقلوية تبدأ من صفر إلى ١٤ وعادة الماء الصالح للشرب يبدأ من ٦,٥ إلى ٨,٥ وحسب المعايير الدولية وللتوضيح فإن pH كلما قلت عن ٧ زادت الحموضة وكلما ارتفعت عن درجة ٧ تزيد القلوية .

الفصل الثاني : توزيع ومعالجة ومعرفة الأنشطة البشرية للمياه

١ - توزيع المياه في الأرض ومصادرها : (باختصار)

تعتبر المياه الطبيعية هي التي نجدها على سطح الأرض وباطنها وفي الغلاف الجوي . ففي الغلاف الجوي توجد على شكل أبخرة أو قطرات معلقة في الجو (رذاذ) في الغيوم والضباب والأمطار أو على شكل صلب كثلوج وصقيع . وفي القشرة الأرضية توجد المياه على الشكل البخاري والبلوري والصلب والسائل وأيضاً يوجد الماء في الكائنات الحية ففي النباتات المائية يوجد الماء بنسبة ٩٩٪ أما في الأسماك فيوجد بنسبة ٨٠٪ وفي الفقريات فتكون النسبة ٦٥٪ .

١ -الأمطار والهطولات الجوية :

أشعة الشمس تسطع على البحار والمحيطات فتبخر جزءاً كبيراً من المياه وتتحول إلى بخار ثم يتشكل على شكل غيوم فيهطل على شكل أمطار وصقيع وثلوج أو على شكل ضباب وحبات الندى .

٢ - المياه السطحية :

مياه الأنهار والبحيرات والبحار والمجمعات المائية الاصطناعية كالسدود والبحيرات الاصطناعية والمصدر الرئيس لتغذية هذه المياه هي مياه الأمطار .

٣ - مصادر المياه السطحية (سطح الأرض) :

وهي تشمل الأنهار والبحيرات أو المياه الحلوة والثلوج وخاصة في القطبين ومياه الأمطار تعتبر مياها سطحية والصقيع النازل من السماء في البلاد الباردة أيضاً يعتبر من المصادر السطحية كذلك سدود المياه والتي يمكن أن تكون مخزونة مثل السد العالي في مصر ومياه التحلية تعتبر مياه سطحية .

٤ - مصادر المياه الجوفية (تحت الأرض) :

نحن نعلم أن كل ماء يوجد تحت الأرض يعتبر مياها جوفية سواء كانت مياها حلوة أو مالحة لذا يمكن تقسيم المياه الجوفية إلى قسمين المياه الموجودة قرب مياه الآبار والارتواز القريب وهناك مياه عميقة تكونت منذ ألوف السنين تعتبر مياها استراتيجية حيث قلما تعوض هذه المياه العميقة .

٢ - المياه المستخرجة ومدى سلامتها :

تعتمد سلامة المياه المستخرجة من الأنهار والآبار والبحيرات على عدة عوامل :

١ - مصدر تلك المياه .

٢ - ما هو استعمال تلك المياه فيما إذا كانت سوف تستعمل للشرب أو الغسيل أو التبريد أو الزراعة وغيرها.

ما هي محتويات هذه المياه ونسبة هذه المحتويات فمثلاً نسبة الملوحة ، اللون ، الرائحة ، العكارة، الطعم، نسبة المعادن والمواد المذابة بها ، نسبة التلوث ودرجة الحرارة ، نسبة الأوكسجين المنحل .

مصادر المياه: (بالتفصيل)

"الماء يجب أن ينظر إليه كمورد طبيعي يتوزع في أرجاء الأرض قلة أو كثرة، عذباً أو مالحاً، جارياً أو راكداً. فما هي مصادر المياه على الأرض وما هي أنماط توزيعه؟

أشكال المياه على الأرض

يوجد الماء على الأرض في أشكال كثيرة تبعاً للمكان الذي يوجد فيه.

مياه المحيطات

تشغل مياه البحار والمحطيات قرابة 71 ٪ من مساحة سطح الأرض. وتشكل 97.6 ٪ من مجموع مياه الأرض . معدل ملوحة مياه البحار والمحيطات 35 ٪ أي 35 غم في اللتر . غير أن وجود المضائق بين البحار والمحيطات لا يسمح بأن يكون مياهها متساوية الملوحة تماماً. زد على ذلك أن المناطق المدارية كثيرة الأمطار والأنهار تقلل من ملوحة المناطق البحرية المحاذية لها. ثم إن درجة حرارة مياه المحيطات في أقصى شمال الأرض وجنوبها تكون باردة جداً ومن ثم كثيفة. مما يؤدي إلى أن تغوص إلى الأسفل تحت المياه المدارية والاستوائية. ينشأ عن ذلك كتلة مائية مؤكسدة متحركة في قيعان المحيطات تحت المياه الدافئة. مما يؤمن الأكسجين للكائنات البحرية التي تعيش في أعماق المحيطات.

وفي بعض المناطق المحيطية تتشكل التيارات الصاعدة Upwelling Currents بفعل الرياح فترتفع إلى سطح المحيط المياه الباردة الحاملة للغذاء الوفير(الفوسفور والسيلكون وغيرها)الضرورية للعوالق البحرية النباتية . وبالإضافة للنظم البيئية البحرية تلعب مياه المحيطات دوراً مهماً في ضبط مناخ الأرض وفي كمية المياه المتبخرة من سطحها التي تغذي مياه اليابسة السطحية والجوفية . وعلى الرغم من أن مياه

البحار والمحيطات لا تصلح للشرب ونشاطات الإنسان الصناعية والزراعية إلا أن المستقبل القريب سيجبر كثيراً من الشعوب على تحلية هذه المياه بسبب شح المياه العذبة فيها.

نعني بالجليديات المياه المتجمدة في المناطق القطبية وعلى قمم الجبال العالية . توجد معظم هذه الجليديات في القارة المتجمدة الجنوبية حيث تكون 85 ٪ من جليد الأرض جميعه وبسمك قرابة ٢كم. تبلغ نسبة مياه الجليديات ٢,٠٧ ٪ من مجموع مياه الأرض. وهي مياه عذبة صالحة للشرب غير أنها ليست متوفرة للبشر بسبب بعدها وعدم سهولة التعامل معها لأنها صلبة. ومن الجدير أن نلاحظ أن ثلاثة أرباع المياه العذبة على الأرض موجودة في الجليديات.

المياه الجوفية Groundwater

وهي المياه الموجودة في باطن الأرض مختزلة في مسام الصخر أو شقوقه. إن مياه الأمطار تتوزع في ثلاثة مسارب. إذ يتبخر الجزء الأعظم منها ويعودالى الجو. أما الجزء الثاني فهو مياه الجريان Runoff الذي تنشأ عنه المياه السطحية. ويبقى الجزء الثالث الذي يرشح عبر التربة والصخور إلى باطن الأرض مكوناً المياه الجوفية. وتحوي المياه الجوفية ثاني أكبر كمية من المياه العذبة بعد الجليديات تتفاوت كميةالمياه الجوفية تبعاً للعمق من سطح الأرض.

جدول رقم (١) نسب أشكال المياه في الغلاف المائي

	مياه الأرض جميعها ٪	المياه العذبة ٪
المحيطات	٩٧,٦	
الجليديات	٢,٠٧	٧٣,٩
المياه الجوفية	٠,٦٣	٢٥,٧
البحيرات		
عذبة	٠,٠٠٧	٠,٣٦
مالحة	٠,٠٠٩	
الأنهار	٠,٠٠٠١	٠,٠٠٤
الغلاف الجوي	٠,٠٠١	٠,٠٤

توجد المياه الجوفية القابلة للاستخراج في الصخور ذات المسامية والنفاذية الجيدة. وندعو مجموع الطبقات الحاملة للمياه الجوفية الخزان الجوفي Aquifer. وهو نوعان تبعاً للعلاقة الطبقية الصخرية وطريقة التغذية Recharge . فالخزان الجوفي غير المحصور Unconfined Aquifer يتغذى من مياه الأمطار الراشحة من جميع سطح المنطقةالتي يقع الخزان تحتها. كما أن الضغط على المياه في هذا النوع من الخزانات الجوفية يساوي ضغط الهواء الجوي لأنه لا توجد طبقات كتيمة (غير منفذة) بين سطح الماء فيه وبين الهواء الجوي. أما الخزان المحصور Confined فإن الطبقات الحاملة للمياه تكون محصورة بطبقات كتيمة من فوقه ومن أسفل منه. ولا يتغذى إلا من أماكن محددة غالباً ما تتكشف في المناطق الجبلية.

تعتمد كثير من الشعوب على المياه الجوفية كمصدر رئيس للمياه مثل السعودية والكثير من الدول العربية ذات الطبيعة الصحراوية التي تقل فيها المياه السطحية. غير أنه يجب التعامل مع هذا المصدر المهم بحذر شديد كما سنوضح ذلك.

المياه السطحيةSurface Water

ونعني بها مياه الأنهار والجداول والبحيرات والمستنقعات والبرك . مصدر المياه السطحية في الغالب هو مياه الأمطار والثلوج وأحياناً المياه الجوفية وتكون مياه الأنهار والجداول نسبة ٠,٠٠٠١٪ من مجموع مياه الأرض . غير أن هذا النوع من المياه ذو أهمية كبيرة للإنسان والبيئة لوقوعه في معظم الحالات بين البشر أو لأن البشر يستطيعون العيش قربه.

أما البحيرات فهي منخفضات قارية متفاوته المساحة والعمق تحوي المياه العذبة على مدار السنة. تحوي البحيرات من المياه مائة مرة ما تحويه الأنهار مجتمعة وعلى الرغم من ذلك تبقى مياه الأنهار والجداول أكثر قرباً وتوفراً للبشرية من مياه البحيرات. فالنيل مثلاً يروي العديد من البلدان الممتدة بين شرق أفريقية ومصر. بقي أن نذكر أن جزءاً مهماً من مياه البحيرات مالحاً لا يصلح للاستعمال البشري دون معالجة.

المياه العذبة Fresh Water

على الرغم من أهمية مياه المحيطات للنظم البيئية البحرية وضبط مناخ الأرض (حرارة وأمطاراً) إلا أنها مالحة جداً لا تصلح للاستعمال البشري في الشرب أو الزراعة أو الصناعة. كذلك فإن مياه الجليديات العذبة موجودة في مناطق بعيدة جداً عن أماكن عيش البشر. مما يجعلها غير متاحة لهم بسهولة. وهذا

يعني ببساطة أن أكثر من ٩٩٪ من مياه الأرض لا يستطيع الإنسان استعمالها في أغراضه اليومية. وبعبارة أخرى فإن أقل من ١٪ من مياه الأرض هي المياه العذبة (المياه الجوفية والأنهار والبحيرات) المتاحة للبشر جميعهم الذين بلغو الآن أكثر قليلاً من ٦ بليون نسمة. والأسوأ من ذلك أن هذه الكمية الضئيلة من المياه العذبة نسبة لمجموع مياه الأرض غير موزعة بانتظام على أقطار الأرض المختلفة. فالأمطار ليست موزعة بانتظام جغرافيا ولا هي منتظمة في المنطقة الواحدة على مدار السنة. ولا تختلف الأنهار والبحيرات عن ذلك. وسنفصل القول في هذا الموضوع بعد أن نصف المياه العذبة.

صفات المياه العذبة Fresh Water Quality

قلنا أن مياه الأنهار والجداول وقسماً من المياه الجوفية والبحيرات هي مياه عذبة. غير أن هذه الأنواع من المياه ليس لها الصفات ذاتها. وسنحاول فيما يلي أن تبرز الصفات الرئيسةالفيزيائية والكيميائية والبيولوجية التي تؤثر في نوعية المياه العذبة وذلك من خلال الفحوصات الفيزيائية والكيميائية والبيولوجية التالية:

أ) الفحوص الفيزيائية:

١. درجة الحرارة Temperature

تقاس درجة حرارة المياه مباشرة بعد الحصول على العينة من المصدر.

٢. العكورة **Turbidity**

تعبر العكورة بشكل عام عن قياس درجة الصفاء لعينة الماء لتقدير مدى خلوها من المواد الغروية والعالقة مثل الطين والغرين والمواد العضوية. ويعتمد قياس العكورة على طول مسار الضوء خلال عينة الماء ووحدة قياسها هي (NTU Nephlemetric Tribidity Unit) وحدة عكورة نفلومترية. وللعكورة أهمية كبيرة في تحديد مدى صلاحية المياه للشرب وللاستعمالات المنزلية . حيث إن المياه الخالية من المواد الغروية المعلقة تكون أكثر قبولاً للمستهلك. أضف إلى ذلك أنه في حال وجود عكورة في المياه يكون احتمال وجود بعض المرضات كبيرة. حيث يمكن احتماء هذه المرضات في الفراغات الدقيقة جداً في المواد الغروية أو المعلقة من التماس مع الكلور في حال تعقيم المياه. وبشكل عام وحسب نوعية المواد العالقة أو الغروية فإنها تستهلك كمية إضافية من الكلور في حال تعقيم المياه ذات العكورة المرتفعة وقد اجتمعت معظم مواصفات مياه الشرب المحلية والعالمية على أنه في حال وصول عكورة المياه إلى خمس وحدات NTU فإنه لا يسمح باستخدامها للشرب ويجب معالجتها للتخلص من العكورة.

الطعم والرائحة Taste and Smell

تعتمد هذه القياسات على الطريقة الحسية وعلى خبرة الفاحصين ويختلف طعم ورائحة عينة الماء تبعاً للغازات الذائبة فيها كغازي كبريتيد الهيدروجين والأمونيا أو المواد المعدنية كالحديد والمغنيز أو العضوية كالفينولات، المكلورة والهيدروكربونات المكلورة أو حسب طبيعة البكتيريا في العينة.

اللون Color

ينتج اللون في المياه عن وجود بعض الأملاح الذائبة أو المواد العضوية ويقاس بالمقارنة بمحاليل معيارية.

الفحوص الكيميائية Chemical Tests

تهتم الفحوصات الكيميائية للمياه بتقدير درجة الحموضة وقياس مجموع المواد الذائبة الكلية والموصلية الكهربائية وعسر الماء ومحتواها من العناصر الشحيحة التي تضر بصحة الكائنات الحية ونورد فيما يلي وصف موجز للخصائص السابقة ذكرها.

درجة الحموضة pH

درجة الحموضة هي اللوغارتم العشري السالب لنشاط أيونات الهيدروجين في الماء ويعبر عنها بالأرقام من ٠ -١٤ . حيث الأرقام الأقل من ٧ تشير إلى مياه حامضية والأكثر من ٧ تشير إلى مياه قاعدية عند درجة حرارة ٢٥ مئوية(سيلزيوس) . أما الرقم ٧ فهو للمياه المتعادلة وهو درجة الحموضة الأمثل للمياه العذبة غير أن المياه تبقى صالحة للاستعمال البشري لو نقصت حموضتها قليلاً عن ٧ أو زادت عن ٧ كمياه الكثير من الينابيع والآبار في السعودية (أكثر قليلاً من ٧,٥). والمياه الصالحة للاستهلاك البشري تتراوح درجة حموضتها ما بين٦,٥ - ٨,٥ كما ورد في المواصفة السعودية لمياه الشرب والخطوط الاسترشادية لمنظمة الصحة العالمية.

مجموع المواد الذائبة Total Dissolved Solids (TDS)

نعني بها مجموع المواد الصلبة الذائبة في الماء ذوباناً حقيقاً بحيث تبقىمع الماء في عمليات الترشيح. وهي قياس لنسبة ملوحة الماء. وتقاس إما بالنسبةالمئوية (٪) إذا كانت كميتها كبيرة مثل مياه البحر التي تحوي في المعدل ٣,٥ ٪ مواد صلبة مذابة. أي ٣,٥ غم ١٠٠ مل ماء أو ٣٥ غم/لتر ماء. وتقاس أيضاً بأجزاء المليون (ppm) إذا كانت كميتها ضيئلة. كأن نقول أن المياه تحوي 5 أجزاء من المليون من الرصاص . ويمكن أن نحول كلا النسبتين إذا علمنا أن.

فتكون ملوحة مياه البحر تساوي ٣٥٠٠٠ جزء من المليون بينما تكون نسبة الرصاص المئوية في المثال السابق تساوي 0.0005 ٪.

تختلف المياه في نسبة المواد الذائبة أو الملوحة فمياه الأمطار أقلها ملوحة خاصة عندما يكون الجو نظيفاً غير ملوث بحيث تذيب بعض المواد. مما يؤدي إلى زيادة المواد الذائبة في مياه الأنهار. وتكون المواد الذائبة في المياه الجوفية أعلى من الأنهار بسبب مكثها الطويل مع الصخور. أما البحيرات فتختلف ملوحتها تبعاً للموقع من الأرض (التبخر) وكمية المياه ومصادرها التي ترفدها. مثالها ملوحة البحر الميت35 ٪ تقريباً بسبب شدة التبخر وقلة المياه التي ترفده وبشكل عام كلما كانت الملوحة أقل كانت أفضل فقد نشرب المياه التي بها ١٠٠٠ جزء من المليون غير أنها إن بلغت المواد الذائبة فيها ٢٠٠٠ جزء من المليون أصبحت غير قابلة للشرب ولكنها تستعمل في الكثير من الأغراض الزراعيةوالصناعية . ولن ننسى أن نذكر أن بعض الزراعات كالموز والحمضيات تحتاج إلى مياه قليلة الملوحة. (أقل من ١٠٠٠ جزء من المليون). وكذلك فإن بعض الصناعات الدوائية قد تحتاج إلى مياه مقطرة.

ويمكن قياس مجموع المواد الذائبة بطرق عدة. فمثلاً يمكن أن يؤخذ حجم محدد بدقة من الماء في كأس ثم نسخنه حتى يتبخر االماء جميعه فتكون المواد المتبقية في الكأس هي المواد الذائبة التي نريد التعرف على نسبتها نزنها وننسبها إلى حجم الماء الأول . فلو وجدنا ٠,٠١ غم ملح في ٥٠ مل ماء تكون نسبة المواد الذائبة ٠,٠٢ غم/١٠٠مل أو ٠,٠٢ وتساوي ٢٠٠ جزء من المليون.

غير أن طريقة الموصلية الكهربائية Electrical Conductivity أسهل من الطريقة السابقة وأكثر سرعة. فكرتها الأساسية هي أنه كلما زادت المواد الذائبة في الماء كلما سهل مرور (توصيل) التيار الكهربائي. فالمياه المالحة أسهل توصيلاً من المياه العذبة وبالتالي تعطي قراءات أعلى من المياه الأكثر عذوبة. وبعبارة أخرى تكون المياه أكثر ملوحة كلما ارتفعت قيم الموصلية الكهربائية. ويمكن استعمال العلاقة التقريبية التالية لتحويل الموصلة الكهربائية إلى مجموع المواد الذائبة على درجة حرارة ٢٥ سلسية:

ميكروسمنز/سم هي وحدة قياس الموصلة الكهربائية التي يقرؤها الجهاز والطريقة الأكثر دقة في تحديد مجموع المواد الذائبة هي تحليل المكونات الذائبة في المياه والتي تمثل الأيونات الرئيسة الموجبة والسالبة كالكالسيوم والمغنسيوم والصوديوم والبوتاسيوم والكلوريد والكبريات والبايكربونات والنترات ومجموع هذه المكونات بالجزء من المليون أو الملغرام/لتر يمثل مجموع المواد الذائبة. أما فيما يتعلق بما تحويه المياه من مواد ذائبة أخرى فتراكيزها قليلة بحيث لا تؤثر على المجموع الكلي للأملاح الذائبة.

وبشكل عام فإن نوعية الأيونات المذابة في المياه تلعب دوراً هاماً في تحديد استعمالات المياه ومن أهم هذه الأيونات:

- الحديد Fe : يؤثر وجود أيون الحديد المذاب في المياه تأثيراً كبيراً على إمكانية استعمال المياه ويعتبر وجود الحديد الذائب بتركيز أكبر من 0.3 جزء من المليون غير مرغوب في كثير من الصناعات والاستعمالات المنزلية حيث تأثيره على الملابس وأدوات وأجهزة المطابخ إضافة إلى إعطاء المياه رائحة غير محببة، ويوجد الحديد عادة على شكل الحديد الثنائي Fe^{+2} الحديدوز والحديد الثلاثي Fe^{+3} الحديديك ويتحول الحديدوز بسهولة عند تعرضه للهواء الحاوي على الأكسجين إلى حديديك. والحديديك قليل الذوبان حيث يترسب على شكل هيدروكسيد الحديديك $Fe\ (OH)_3$ وهذا يشجع بكتريا الحديد (ومثالها Crenothrrix) والتي تنمو في مجموعات غروية مع أكاسيد الحديديك مما يؤدي إلى إغلاق مسام مصافي الآبار ويقلل من نفاذيتها وإنتاجية الآبار.

- المنغنيز Mn : يشبه المنغنيز إلى حد كبير أيون الحديد إذ تتحول بيكربونات المنغنيز إلى هيدروكسيد المنغنيز القليل الذوبان مما يشجع تواجد بعض أنواع البكتيريا اللزجة والتي تعمل على إغلاق مسامات مصافي الآبار. ويمكن معالجة مشكلة مصافي الآبار بإضافة محلول هكسا - ميتافوسفات الصوديوم Sodium Hexa –Meta phosphate الذي يذيب مكونات الحديد والمنغنيز ويمنع ترسبهما.

- الصوديوم Na : عنصر الصوديوم من الفلزات الشائعة في الماء. ومرد ذلك إلى شيوعه في صخور القشرة الأرضية وسهولة ذوبانه فيه. ويؤثر الصوديوم سلباً على استخدامات الماء في الزراعة حيث يكسب التربة خصائص قلوية ويقلل من نفاذيتها . ولا توجد مخاطر صحية للصوديوم في مياه الشرب حيث يعبر عنه بصفة مستساغ.

- الكلوريد Cl- : يتفاوت تركيز الكلوريد في المياه من منطقة لأخرى اعتماداً على الوضع الجيولوجي والهيدرولوجي للخزان الجوفي والصخور التي تجري فوقها المياه السطحية والتراكيز المرتفعة للكلوريد ما بين 250 و 350 جزء من المليون تجعل المياه غير مستساغة للاستعمال المنزلي والصناعي والزراعي.

- الكبريتات Sulfates : مصدر الكبريتات في المياه الجوفية أو السطحية ذوبان طبقات الجبس من مرور المياه خلال أو فوق الطبقات الصخرية الحاوية على الجبس أو تأكسد الكبريتدات مثال: كبريتيد الحديد. إذا ما احتوت المياه على أملاح كبريتات المغنيسيوم والصوديوم فإنها تميل إلى المرارة في الطعم . وإذا تركز الصوديوم في التربة أثر سلباً على بعض النباتات إضافة إلى تأثيره على نفاذية التربة.

• **العناصر الثقيلة والشحيحة** Heavy and Trace Elements

تحتوي المياه أيا كان مصدرها على العديد من العناصر التي توجد بنسب بسيطة جداً وعادة لا تجري قياسات تراكيز هذه العناصر بشكل روتيني. دائماً يهتم ببعض منها والذي له تأثيرات ضارة بصحة الإنسان والنبات.

درجة الحرارة Temperature

سيدرس هذا الموضوع أيضاً بالفصل الخاص بتلوث المياه. يكفي أن نقول هنا أن مياه الينابيع الحارة ترتفع درجات حرارتها كثيراً فوق درجة حرارة الجو. فقد تصل إلى 65 درجة سلسية في بعض العيون لهذه المياه الجوفية الحارة قدرة كبيرة على إذابة الكثير من المواد الصخرية التي قد يكون بعضها ذا خصائص علاجية إلا أنه لا ينصح باستعمالها كمياه شرب دون معالجة.

الإشعاعية Radioactivity

وهي احتواء بعض المياه على تراكيز مرتفعة من بعض العناصر المشعة كالراديوم أو الرادون وغيرها فالراديوم يشبه عنصر الكالسيوم وبالتالي يحل محلة في العظام والأسنان ويكون له دورا مخربا لهما عندما يقوم بنشاطه الإشعاعي. أما الرادون فهو غاز خامل لكنه نشط إشعاعياً إذ يتحلل إلى مجموعة من النظائر ذات العمر القصير التي تسبب السرطان.

المياه العسرة Hard Water

المياه العسرة هي المياه التي تحوي نسبة مرتفعة من أيونات الكالسيوم والمغنيسيوم والبكيربونات. وعسر المياه نوعان أولاهما العسر المؤقت حيث يرتبط فيه أيونات الكالسيوم والبكيربونات والكبريتات ويمكن التخلص من هذا النوع من العسر بغلي الماء . والنوع الثاني العسر الدائم والذي يكون فيه ارتباط أيونات الكالسيوم والمغنسيوم مع الكبريتات ولا يمكن التخلص منه بغلي الماء بل بواسطة عمليات ترسيب كيمياوية أو بإمرار المياه على مواد طبيعية كالزيولايت أو مبادلات أيونات صناعية Ion Exchangers . ويشار إلى عسر المياه بمصطلح العسر الكلي Total Hardness والذي يمثل مجموع أيونات الكالسيوم والماغنسيوم المذابة في المياه ويعبر عنه بوحدة ميليمكافئ/لتر × 50 . وقد ثبت حديثاً أن لا تأثيرات صحية تذكر نتيجة عسر المياه. ولا تعد المياه العسرة ملوثة ولكنها مزعجة في التعامل مع الصابون. وقد تؤدي إلى انفجار المراجل الكهربائية حيث تترسب كربونات الكالسيوم على المقاومات

الكهربائية مما يؤدي إلى تقليل فعاليتها في تسخين المياه في المراجل. ويمكن التخلص منها بإمرار الماء على مواد طبيعية كالزيوليت أو مبادلات الأيونات الصناعية Ion Exchange.

الفحوصات البيولوجية :

تجري الفحوصات البيولوجية على المياه في حال استعمالها للأغراض المنزلية بشكل أساسي وكذلك للأغراض الصناعية الغذائية بهدف التأكد من خلوها من الملوثات كالبكتيريا والفيروسات والممرضات الأخرى."

٣ - مراحل معالجة مياه الشرب :

هناك عدة مراحل لإعداد المياه الطبيعية وتجهيزها للاستعمال :

أولاً : التخلص من المواد الصلبة وغير المنحلة بالماء :

- <u>الترسيب تحت تأثير الثقل :</u>

ندخل المياه في غرفة ترسيب بسرعة منخفضة وتنفصل المواد العالقة بالماء تحت تأثير الجاذبية .

هناك عدة طرق للترسيب فيها الترسيب بالتخثير .

ثانياً : الترشيح أيضاً التخلص من المواد الصلبة وغير المنحلة بالماء بواسطة الترشيح وهو مرور الماء من خلال حبيبات تسمح بمرور الماء وإمساك المواد الصلبة الصغيرة وهناك عدة طرق للترشيح منها السريع والبطيء .

ثالثاً : التخلص من الغازات المنحلة في الماء كالأوكسجين وثاني أو كسيد الكربون وكبريت الهيدروجين H_2S .

رابعاً : تحسين النوعية الكيميائية للماء . وذلك بالتخلص من السيليسيوم والحديد والمنغنيز والفينولات والمنتجات النفطية والمبيدات الحشرية (إذا وجدت) والتخلص من المعادن الثقيلة .

خامساً : التخلص من الأمونياك (النتريت والنترات) .

سادساً : التخلص من القساوة : القساوة تنتج من شوارد المعادن القلوية كالكالسيوم والمنغنيزيوم والباريوم والسترونسيوم وأهمها الكالسيوم والمنغنيزيوم وهناك عدة طرق للتخلص من القساوة كطريقة الحرارة وطريقة التبادل الشاردي وطريقة الكلس والصودا .

ثامناً : التخلص من الأملاح بطريقة التقطير وطريقة التبادل الشاردي .

تاسعاً : التعقيم

التعقيم هو التخلص من الأحياء الدقيقة الموجودة بالماء والتي يمكن أن تسبب بعض الأمراض والعدوى للإنسان إذا شرب الماء الملوث أو سبح فيه . هنالك عدة طرق لتعقيم المياه منها :

أولاً : طرق كيميائية كاستعمال الكلور بنسب معينة والأوزون وبرمنغنات البوتاسيوم .

ثانياً : طرق فيزيائية كالأشعة فوق البنفسجية والتسخين والمرشحات الكيميائية .

٤ - معالجة مياه الشرب وأهدافها :

معالجة مياه الشرب تعتمد على عدة عوامل : باختصار

١ - نسبة المواد الصلبة العالقة .

٢ - درجة الصلابة (الأملاح) .

٣ - اللون والرائحة والطعم .

٤ - المواد العضوية كالبكتيريا والفيروسات .

وأهم هدف من معالجة المياه هي أن لا تكون مصدراً للأمراض ويمكن للإنسان والحيوان والنبات استعمالها بدون مضاعفات صحية .

وبالتفصيل "الماء المستخدم للشرب يجب أن تنطبق عليه المواصفات العالمية (جدول رقم ٢) وهكذا تختلف مواصفات الماء باختلاف استعمالاته. وقد توصل العلماء والباحثون إلى مقاييس تحدد أهداف تنقية المياه ومن ثم الطرائف المتبعة لتنقيتها. وتكاد تتطابق هذه المقاييس والمواصفات في جميع أنحاء العالم مثل مواصفات الصحة العامة الأمريكية ومواصفات منظمة الصحة العالمية والمواصفات القياسية السعودية والخليجية لمياه الشرب. وهذه المواصفات تحدد الحد الأمثل والحد الأقصى المسموح به لتواجدالمواد في مياه الشرب بحيث إذا زادت الكمية عن الحد الأقصىالمسموح به فقد يصبح الماء ضاراً بالصحة. ويتم تنقية الماء المستخدم لأغراض الشرب عادة باتباع ثلاث عمليات معالجة في المعالجة الفيزيائية والمعالجة الحيوية.

المعالجة الفزيائية

تتضمن المعالجة الفيزيائية الخطوات المتبعة لتحسين الصفات الفيزيائية للمياه وهذه الخطوات تشمل الآتي:

أولاً : التخزين Storage

وهذه الخطوة أو المرحلة تتضمن تخزين المياه في مصافي أو أحواض واسعة كخطوة أولى لتنقيتها حيث يتم خلال فترة التخزين ترسب بعض المواد والطحالب العالقة بالماء ومن ثم هبوطها تلقائياً بفعل الجاذبية الأرضية إلى القاع أثناء مرور المياه ببطء عبر الأحواض.

وأثناء فترة التخزين هذه يتم خفض محتوى المياه من البكتريا والكائنات الحية الدقيقة الأخرى المسببة للأكسدة بنسبة 70-90 ٪ وذلك عند تخزين المياه لمدة عشر أيام. كما يتم خلال فترة التخزين أيضاً تحسين بعض الصفات الفيزيائية للمياه مثل اللون والرائحة والطعم.

ثانياً : التخثير الفيزيائي Physical Coagulation

والغرض من عملية التخثير الفيزيائية هو تنقية المياه من العكارة باتباع إحدى الطرق الفيزيائية مثل رج المياه وخضها بواسطة خلاطات خاصة حيث ترتطم الجسيمات الصغيرة المعلقة ببعضها وتتجمع مكونة جسيمات أكبر حجماً وأثقل وزناً مما يساعد على ترسبها في القاع.

ثالثاً : الترشيح Filtration

يتم الترشيح عادة بتمرير المياه خلال مرشحات مسامية خالية من الشوائب خاملة كيميائياً وحيوياً وغير مكلفة اقتصادياً مثل المشرحات الرملية التي هي عبارة عن أحواض تحتوي على طبقات من الحصى والرمل الخشن والرمل الناعم إذا كانت المياه باردة بسبب تدني ذوبان الحصى والرمل في تلك المياه أما إذا كانت المياه حارة فيفضل أن تكون طبقات المرشحات من فحم الانثراسايت المجروش بسبب تدني ذوبانيته في هذه الظروف وبواسطة هذه العملية يتم التخلص من المواد العالقة والطافية التي لم تترسب في الخطوتين السابقتين وأحياناً حبيبات الرمل والحصى بطبقة جيلاتينية وذلك لزيادة كفاءة فصلها للمواد العالقة كما أن ذلك يساعد أيضاً علىالتخلص من المواد الغروية والمواد العضوية الذائبة والبكتريا والميكروبات المختلفة وبذلك ينقى الماء فيزيائياً وبيولوجياً في آن واحد.

جدول رقم (٢) المواصفات القياسية لمياه الشرب

المـــــــــــادة		المواصفات السعودية (mg/1)	المواصفات الخليجية (mg/1)	المواصفات الأمريكية (mg/1)
المواد الذائبة الكلية	(أ)	500	500	500
	(ب)	1500	1500	-
النحاس	(أ)	0.05	0.05	1.0
	(ب)	1.5	1.0	-
الحديد	(أ)	0.1	0.1	0.3
	(ب)	1.0	0.3	-
المغنسيوم	(أ)	**	**	-
	(ب)	150	150	--
المنجنيز	(أ)	0.05	0.05	0.05
	(ب)	0.5	0.1	-
الزنك	(أ)	5	5	5
	(ب)	15	15	-
الكالسيوم	(أ)	75	75	--
	(ب)	200	200	200
الزرنيخ	(ب)	0.05	0.05	0.01
الرصاص	(ج)	1.	0.05	1.0
الباريوم	(ج)	1.0	1.0	--
العسر الكلي	(أ)	100	100	--
	(ب)	500	500	0.01
الكادميوم	(ج)	0.01	0.005	
الزئبق	(ج)	0.001	0.001	-

المـــــــــــادة		المواصفات السعودية (mg/1)	المواصفات الخليجية (mg/1)	المواصفات الأمريكية (mg/1)
كبريتات	(أ)	200	0.001	250
	(ب)	400	400	-
الكلوريد	(أ)	200	250	250
	(ب)	600	600	-
النترات	(أ)	--	10	45
		45	40	--
السيانيد	(أ)	0.05	0.05	0.01
	(ب)	--	--	0.02
التوصيل الكهربائي	(أ)	800	--	--
	(ب)	2300	--	--
الرقم الهيدروجيني	(أ)	8.5-7.0	8.5-7.0	7.5
	(ب)	9.2-6.5	9.2-6.5	9.0

المعالجة الكيميائية

وهذه تشمل الطرق والوسائل الكيميائية المتبعة في تنقية المياه وهي كما يلي:

أولاً: التخثير

التخثير عملية كميائية فيزيائية في نفس الوقت حيث تضاف بعض المواد الكيميائية أثناء عملية التخثير الفيزيائية الآنفة الذكر وذلك لمساعدة عملية التخثير والترسيب ومن أشهر المواد الكيميائية المستعلمة لهذا الغرض كلوريد الحديد الثلاثي أو كبريتات الألمنيوم (الشب) حيث يحدث تفاعل التخثير عند استعمال الأخيرة كما يلي:

وهيدركسيد الألومنيوم هي المادة الفعالة في تخثير المواد العالقة بالماء حيث تترسب وبالتالي تحمل معها تلك الموارد العالقة في الماء إلى القاع مما يساعد على ترسبها. ويمكن استخدام إحدى العوامل الصناعية لنفس الغرض مثل عديدات الأمين التي تمتاز عن الشب بأنها لا تضيف أيونات كبريتات إلى الماء. وتجدر الإشارة إلى أن إضافة كبيرتات الألمنيوم إلى الماء يعمل أيضاً على خفض قلوية الماء (زيادة

حمضوته) نظراً لاستهلاك أيونات الهيدروكسيد في عملية الترسيب وتتم معادلة حموضة المياه بإضافة كربونات الكالسيوم:

ثانياً: إزالة عسر الماء Water Softening

يوجد نوعان من عسر الماء أحدهما يسمى العسرالمؤقت وينتج عن وجود بيكربونات الكالسيوم والمغنسيوم ويتم التخلص منه بالغليان حيث تتحول البيكربونات الذائبة إلى الكربونات غير الذائبة.
أما النوع الثاني من العسر فيدعى العسر الدائم ويعزى إلى وجود أملاح الكالسيوم والمغنسيوم وعناصر أخرى أقل أهمية مثل الحديد والزنك ذائبة في الماء مثل أملاح كبريتات وكلوريدات ونترات هذه العناصر والتي لا يمكن التخلص منها بالغليان.
ويزال العسر الكلي للماء (الدائم + المؤقت) بإضافة مخلوط من الجير الحي $Ca(OH)_2$ ورماد الصودا $NaCO_3$ حيث يترسب العسر (الكالسيوم + المغنسيوم) ويزال بالترشيح.
وتتفاعل كل من كلوريدات ونترات الكالسيوم والمغنسيوم الذائبة بنفس طريقة الكبريتات ويتم التخلص من الكمية الزائدة من الجير الحي عن طريق تمرير غاز ثاني أوكسيد الكربون هكذا :
تعتبر إزالة العسر المؤقت (تحويل البيكربونات الذائبة إلى كربونات غير ذائبة) بالغليان عملية مكلفة ولا يمكن استعمالها على نطاق واسع. ونود التنبيه إلى أن العسر المؤقت يزال أيضاً باستخدام $NaCO_3$ بدلاً من $Ca(OH)_2$. وتجدر الإشارة إلى أنه يمكن إضافة المركبات المزيلة للعسر أثناء الغسيل وقبل إضافة الصابون وذلك لتحسين كفاءة وأداء الصابون حيث إن رواسب الكربونات تختلف عن الرواسب الناتجة من تفاعل الكالسيوم والمغنسيوم مع الصابون لأنها لاتسبب متاعب للغسيل.

ثالثاً : التبادل الأيوني Ion – Exchange

تستعمل المبادلات الأيونية التي هي عبارة عن مواد صلبة لا تذوب في الماء لتخليص الماء من الأيونات الذائبة فيه بما في ذلك عسر الماء حيث يحتوي المبادل الأيوني على أيونات سالبة أو موجبه يمكن استبدالها بالأيونات الذائبة في الماء والمشابهة لها في الشحنة الكهربائية. ومن المبادلات الأيونية المستخدمة في تنقية المياه الزيوليتات zeolites وهي عبارة عن سيليكات الألومنيوم والصوديوم المائية $(Al_2SiO_8.XH_2O)^{2-}$ و التي يمكن أن يرمز لها بالصيغة العامة Na_2Z . ويلتقط الزيوليت الأيونات الموجبة الذائبة في الماء مثل أيونات الكالسيوم والمغنسيوم وغيرها مبادلا إياها بايونات الصوديوم التي تذوب في الماء .

وعند تشبع الزيوليت بالأيونات الموجبة يتم تنشيطه وإعادة فعاليته بغسله بمحلول مركز من كلوريد الصوديوم . ومن المبادلات الأيونية الأخرى المستعملة على نطاق واسع في تنقية المياه ما يعرف بالمبادلات الصمغية وهي عبارة عن لدائن صلبة ذات جزئ كبير جداً سنرمز له بالرمز R ويحتوي الذائبة في الماء (مبادلات كاتيونية) أو يحتوي هذا الجزئ الكبير على أنيونات متحركة (Cl^- أو OH^-) قابلة للتبادل مع الأيونات الذائبة في الماء (مبادلات انيونية). ولتخليص الماء من الأيونات عامة يمرر أولاً على مبادل كاتيوني يحتوي على أيونات H^+ المتحركة حيث تنتقل الكاتيونات الذائبة في الماء إلى المبادل الصلب ويذوب عوضاً عنها أيونات H^+ .

ثم يمرر الماء الخارج إلى المبادل الكاتيوني على مبادل أنيوني صلب يحتوي على أيونات OH^- المتحركة حيث تنتقل الأنيونات الذائبة في الماء إلى المبادل الأنيوني ويذوب عوضاً عنها أيونات OH^-.

رابعاً: إزالة الحديد والمنجنيز

إن وجود الحديد والمنجنيز في الماء غير مرغوب فيه لأنهما يتسببان في تعكير الماء وفي تلون الغسيل باللون البني إلى جانب أنهما يساعدان على تآكل الأنابيب المعدنية. ويتواجد الحديد والمنجنيز في الماء غالباً على هيئة معلقات إلا أنه إذا تدنت كمية الأوكسجين الذائب في الماء فإنهما يذوبان على هيئة Fe^{2+} و Mn^{2+} ويكفي في الغالب تهوية الماء لأكسدة هذين الأيونين إلى Fe^{2+} و Mn^{2+} وبالتالي يترسبان على هيئة هيدروكسيدات $Fe(OH)_3$ و $Mn(OH)_4$ ، وكما يمكن استعمال برمنجنات لغرض الأكسدة ولهذا ميزة إضافية في تحسين طعم ولون المياه كما أن البرمنجنات تساعد على أكسدة المواد العضوية مما يقلل من كمية الكلور الذي سيتسعمل في المعالجة الحيوية لاحقاً وكذلك يمكن ترسيب الحديد والمنجنيز أيضاً باستعمال الجير الحي ورماد الصودا كما ذكرنا في طريقة إزالة عسر الماء كما يمكن أن يتخلص من هذين العنصرين بالتبادل الأيوني السالف الذكر.

خامساً : فلورة الماء:

لقد ثبت علمياً أن الفلور هام لنمو أسنان خالية من التسوس لذلك فقد شاعت إضافة الفلور لمياه الشرب بكميات تتراوح ما بين 1.5-0.6mg/1 في أغلب أنحاء العالم

سادساً : إزالة المواد العضوية

كثيراً من المواد العضوية المصنعة بشرياً وخاصة تلك المحتوية على الكلور تعتبر سامة وتسبب مشاكل صحية عديدة للإنسان لذا لابد من التخلص منها و عادة يتم ذلك عن طريق إمرار المياه على كربون (فحم) منشط والذي يميز هذه المواد.

المعالجة الحيوية

لقد أشارت المواصفات السعودية لمياه الشرب على وجوب خلو هذه المياه من الحشرات وبويضاتها ويرقاتها وحويصلاتها وأجزائها وكذلك خلوها من الأحياء الأولية الأميبيا ومن الطحالب والفطريات والميكروبات المرضية والغائطية والفيروسات وحيث إنه قد تحتوي المياه الخارجة من مصافي المعالجة الكيميائية على بعض الجراثيم والميكروبات المسببة للأمراض لهذا فإنه لابد من تعقيمها قبل استعمالها ويتم ذلك إما بطرق فيزيائية أو طرق كيميائية.

أولاً : التعقيم بالطرق الفيزيائية

ويتم ذلك باستخدام الحرارة أو الأشعة فوق البنفسجية.

أ- <u>التعقيم بالحرارة</u>

من المعروف أن درجة الحرارة العالية تقضي على جميع أنواع الجراثيم تقريباً لهذا فإنه يمكن تعقيم المياه وذلك بغليها لفترة محددة إلا أن هذه الطريقة مكلفة ولا يمكن استخدامها في تنقية مياه الشبكة العامة ولكنها مناسبة للاستعمال داخل المنازل إذ وجد خطر من انتشار الأمراض بسبب تلوث الشبكة الداخلية للمنزل .

ب- <u>التعقيم بالأشعة فوق البنفسجية :</u>

لقد برهنت الأشعة فوق البنفسجية ذات الموجات القصيرة (200-310 nm) على قدرتها على إبادة الجراثيم حتى الخطرة منها وذلك بعد تعريض المياه لهذه الأشعة لمدة محددة . وتمتاز هذه الأشعة بأنها غير ضارة للإنسان والحيوان إلا أنها تتطلب أن يكون الماء صافيا لأن العكارة تمنع اختراق الأشعة للمياه لإبادة الجراثيم وأن لا يزيد عمقها عن 100سم ومن مميزات الأشعة فوق البنفسجية أنه يمكن استعمالها على نطاق ضيق كما في المستشفيات والمنازل بجهاز يبلغ إنتاجه 3 لترات في الدقيقة كما يمكن

استعمالها على نطاق واسع لتعقيم مياه الشرب العامة إلا أن ذلك محدد نظرا لأن الأجهزة معقدة ويحتاج استعمالها إلى خبرة وكفاءة فنية عالية .

ثانياً : التعقيم بالطرق الكيميائية :

وهذه تشمل التعقيم بالأوزون والتعقيم بالكلور .

أ- التعقيم بالأوزون

من أهم مزايا استخدام الأوزون في القضاء على جميع أنواع الجراثيم والفيروسات الضارة بالإنسان التي قد تنتقل مع المياه العذبة أنه يحسن طعم المياه ويزيل لونها ورائحتها غير المستحبة وذلك عن طريق أكسدة المركبات العضوية المسببة لتلك الرائحة كالفينولات . ولا يتأثر التركيب الكيميائي للماء باستعمال الأوزون أي أنه لا يكون مركبات سامة بتفاعله مع المواد الأخرى وإنما يتحول هو إلى أوكسجين من جراء عملية التعقيم كما أن الأوزون يزيل تعكر الماء عن طريق تفتيته المواد الغريبة ومعادلة شحنتها وبالتالي ترسبها في القاع. أما عيوب استعمال الأوزون في التعقيم فتتمثل في أنه يجب أن تكون المياه المعالجة رائقة وصافية كما لابد من إنتاج الأوزون في الموقع وبمعدات غالية الثمن وتحتاج إلى كمية كبيرة من الطاقة الكهربائية إضافة إلى ذلك يصعب قياس الأوزون المتبقي في المياه بعد عملية التعقيم مما يجعل عملية مراقبة كميته في المياه والتحكم بها معقدة ولهذه الأسباب فإن استعماله محدود.

ب- التعقيم بالكلور

يستعمل الكلور عادة لتعقيم المياه من جميع أنحاء العالم نظراً لسهولة استعماله ورخص ثمنه وسهولة قياس الكلور المتبقي بعد عملية الكلورة وبالتالي سهولة مراقبة تركيزه والتحكم به. ولكن من مساوئ استعمال الكلور أنه يعطي طعماً عير مستحباً للمياه حيث يتفاعل مع بعض المواد العضوية التي تتواجد في المياه بكميات ضيئلة مثل الفينولات وينتج عن ذلك التفاعل مشتقات الكلور الفينولية ذات الروائح الأخرى ولا يحسن لون المياه. ويفهم من ذلك أن الأوزون أفضل من الكلور في عملية التعقيم إلا أن الأخير أكثر شيوعاً نظراً لقلة التكلفة إن الجزيئين اللذين ينتجان عند إضافة الكلور إلى الماء وهما حمض الهيبوكلوروز HOCl وأيون الهيبوكلوروز OCl^- يعرفان باسم الكلور الحر وهما فعالان جداً في قتل البكتريا وإن كان أولهما أكثر فعالية:

ويتم تحسين طعم المياه بعد عملية الكلورة عادة بترشيحها عبر كربون منشط. وتجدر الإشارة إلى أنه من الممكن تعقيم المياه باستخدام مواد أخرى أقل شيوعاً مثل برمنجيات البوتاسيوم والبروم واليود وفوق أوكسيد الهيدروجين.

تنقية مياة برك السباحة

تعتمد الطرق الحديثة لتنقية مياه برك السباحة على نظام الدوران والتنقية المستمرين إذ يشفط الماء من البركة بفعل مضخات خاصة ويمرر على مرشحات لإزالة الشعر و الأوراق والألياف وخلافه ثم يعقم بالكلور و من ثم يعاد عبر مصافٍ خاصة إلى البركة مرة ثانية , وتتم هذه العملية بشكل مستمر . ويضاف عادة رمادالصودا أو بيكربونات الصوديوم أو هيدروكسيد الصوديوم لضبط الرقم الهيدروجيني للمياه في المدى ٧,٥ -٨,٠ . كما تعتبر التدفئة عند درجة حرارة ٢٥٪م والتهوية من ضمن خطوات تنقية مياه برك السباحة. وينظف قاع البركة من وقت لآخر باستخدام مكانس خاصة كما تضاف مادة كبريتات لمنع نمو الطحالب في مياه البركة.

تحلية مياة البحر

مع سرعة التطور التقني والنمو السكاني المضطرد زادت حاجة الإنسان للماء لذا بدأ يتجه نحو استغلال مياه البحر لأغراض الشرب وغيره و تطورت الدراسات و الأبحاث في هذا المجال واتجهت الدول خاصة تلك التي تعاني من ندرة المصادر المائية الأخرى مثل المملكة العربية السعودية والدول الخليجية عامة نحو مياه البحر كمصدر لا نهائي وتطورت صناعة تحلية مياه البحر كثيراً.

وقد بدأت فكرة تحلية المياه المالحة في المملكة في عهد الملك عبدالعزيز يرحمه الله بإنشاء محطة تقطير لمياه البحر لإمداد مدينة جدة بمياه الشرب . ومنذ ذلك الوقت سارت خطى التحلية سريعة متلاحقة حتى صار المصدر الرئيس لمياه الشرب في المملكة التي يوجد بها حالياً أكثر من 40 محطة تحلية موزعة على مناطق مختلفة مثل جدة والوجه أملج ورابغ وفرسان وحقل وضباء وينبع والخفجي والخبر والجبيل وعسير وغيرها حتى أصبحت مدينة الرياض وهي في وسط الصحراء تشرب من المياه المحلاة في الجبيل عن طريق خط أنابيب الجبيل –الرياض . وقد قفز مجمل إنتاج المملكة من المياه المحلاة من أقل من 0.1 مليون متر مكعب في اليوم في عام ١٣٩٤هـ إلى حوالي مليوني متر مكعب في اليوم في عام ١٤٠٧هـ ولا شك أنه في العام ١٤٢٢هـ قد بلغ أضعاف هذا الرقم.

وقبل البدء في مناقشة الطرق المستخدمة لإزالة ملوحة مياه البحر لابد من الرجوع إلى الجدول للتعرف على التركيب الكيميائية لمياه البحر. ويتضح لنا أن مياه البحر تحتوي على العديد من العناصر والمركبات الذائبة بعضها يتواجد بكميات كبيرة والبعض الآخر يتواجد بكميات ضئيلة إلا أنها مع ذلك قد تكون هامة في تغذية الأحياء المائية مثل النتروجين والفسفور والسيليكون والبوتاسيوم والنحاس

والزنك. وتعبر الملوحة Salinity عن محتوى مياه البحر من الأملاح وتعرف بالكمية الكلية بالجرام للمواد الذائبة في لتر واحد من الماء وتتراوح عادة بين 30 إلى 37 في المحيطات المفتوحةأما في البحار المغلقة فتزيد عن هذا المقدار فمثلاً قد تصل في البحر الأحمر إلى 40 وترتفع الملوحة كثيراً في البحر الميت والبحيرات المالحة لتصل إلى 300 أو أكثر أما مياه الأنهار فلا تتعدى فيها الملوحة 0.18 وتعتبر مياه البحر مصدراً تجارياً رئيساً لبعض العناصر مثل الصوديوم والكلوريد والمغنسيوم والبروميد حيث يتم الحصول على ملح الطعام مثلاً من تبخير مياه البحر.

وفي عمليات التحلية يتم تحويل جزء من ماء البحر إلى مياه عذبة صالحة للاستعمال في النشاطات البشرية المختلفة من شرب وسقي وري وكافة الأغراض الصناعية وذلك بطرق متعددة مثل التناضح العكسي أو الفرز الكهربائي أو التقطير .

التناضح العكسي Reveres Osmosis

لفهم طريقة التناضح العكسي لابد من توضيح فكرة التناضح، فإذا فصلنا بين ماء عذب أو قليل الأملاح وآخر ملح بغشاء شبه نفاذ فإن الماء العذب ينفذ عبر الغشاء إلى الماء المالح وتسمى هذه الظاهرة بالأزموزية أو التناضح ويشكل الفرق في تركيز الأملاح بين المحلولين الدافع الذي يدفع الماء العذب للمرور عبر الغشاء وتسمى هذه القوة الدافعة بالضغط الأزموزي . وإذا بذلنا ضغطاً على المالح باستخدام مكبس فيمكننا عكس هذه العملية أي نجعل الماء العذب ينتقل من الماء المالح إلى الجانب العذب أو الأقل تركيزاً بالنسبة للأملاح وهذا ما يعرف بالتناضح العكسي.

ومن أهم مزايا استخدام طريقة التناضح العكسي في تحلية المياه المالحة أنها غير مكلفة حيث إن الأجهزة والمعدات المستخدمة بسيطة ورخيصة ولاتتطلب طاقة عالية لتشغيلها وتستعمل مع مختلف أنواع المياه المالحة كما أنها تعمل عند درجات الحرارة العادية مما يقلل من مشاكل تكون القشور والصدأ بالإضافة إلى أنها تعطي ماء عذباً ذا نوعية جيدة نظراً لأنه في هذه الطريقة يمكن نزع المواد العضوية وغير العضوية وحتى الجراثيم والبكتريا والطفليات، ولذلك فإن هذه الطريقة تستعمل في بعض محطات تنقية المياه المالحة في المملكة كما في محطة جدة رقم واحد.

الفرز الكهربائي Electrodialsis

تعتمد فكرة الفرز الكهربائي أو الديلزة الكهربائية على التحلل الكهربائي مع استخدام الأغشية النفاذية الانتقائية حيث يستخدم نوعان من هذه الأغشية أحدهما ينفذ فقط الأنيونات دون الكاتيونات والآخر على العكس تماماً حيث ينفذ الكاتيونات دون الأنيونات. فكرة الفرز الكهربائي

حيث تتكون وحدة التحلية من قطبين أحدهما موجب والآخر سالب ويوضع بينهما العديد من الأغشية ذات النفاذية الانتقائية من النوع المنفذ للأيونات والنوع المنفذ للكاتيونات الواحد تلو الآخر ويسمح لماء البحر بالمرور بين تلك الأغشية. وعند إمرار تيار كهربائي مستمر ومباشر بين القطبين يلاحظ أن الكاتيونات تتجه إلى القطب السالب بينما الأنيونات تتجه إلى القطب الموجب بحيث إن الغشاء المنفذ للكاتيونات يسمح فقط للكاتيونات الموجبة مثل Na^+ بالمرور خلاله متجهة إلى القطب السالب بينما لا يسمح للأنيونات السالبة المتجهة إلى القطب الموجب بالمرور من خلاله. أما الغشاء المنفذ للأنيونات فعلى العكس تماماً حيث يسمح للأنيونات مثل Cl^- المتجهة إلى القطب الموجب بالمرور من خلاله ولا يسمح للكاتيونات المتجهة إلى القطب السالب بالمرور من خلاله وينتج عن ذلك أن مياه البحر المارة عبر الممرات (أ) تنقى من أملاحها وتصبح مياهاً عذبة بينما تزداد ملوحه مياه البحر العابرة من خلال الممران (ب) . وتجدر الإشارة إلى أن محطة التحلية تحتوي على العديد من الوحدات . ومن عيوب طريقة الفرز الكهربائي أنها مكلفة اقتصادياً .

التقطير Distillation

يعتبر التقطير من أقدم الطرق التي عرفها الإنسان لإزالة ملوحة مياه البحر،فكما هو معروف عندما تغلي المياه المالحة يتحول الماء إلى بخار وتبقى الأملاح الذائبة في الغلاية ثم يتكثف البخار إلى ماء عذب. ويتم غلي الماء بعدة وسائل مثل الطاقة الكهربائية وحرارة الشمس والفحم والكيروسين.. الخ. ولقد طورت وحدات التحلية بالتقطير مع الزمن لتنتج أكبر كمية من الماء العذب بأقل تكلفة. وتعتبر طريقة التقطير الومضي متعدد المراحل multistage flash distillation من أحدث طرق التقطير المستخدمة في التحلية وهي من أكثر الطرق استعمالاً في المملكة حيث تستعمل في محطات تحلية الخبر والوجه وضباء وأملج وجدة وينبع والجبيل ورابغ والخفجي. وتعتمد هذه الطريقة أساساً على القاعدة العلمية التي تشير إلى أن درجة غليان الماء تنخفض كلما قل الضغط وفكرة هذه الطريقة أن يسخن ماء البحر في غلاية ثم يمرر إلى غرفة ذات ضغط منخفض مما يجعل جزء من الماء يغلي في لحظة دخوله الغرفة ويتحول إلى بخار flah vapor وبسبب تكون البخار تنخفض درجة حرارة الماء المالح الذي يمر إلى الغرفة التالية حيث الضغط أكثر انخفاضاً منه في الغرفة الأولى . وهكذا حيث يقل الضغط كلما انتقل الماء المالح من غرفة إلى أخرى وتقل نتيجة لذلك درجة غليانه. ويتكثف البخار في كل غرفة عند ملامسته المكثف الذي يمر عبره الماء المالح البارد في طريقه إلى الغلاية. وبهذا فإن الحرارة التي يفقدها البخار عند تكثفه تنتقل إلى ماء البحر المراد تحليته والمتجه إلى الغلاية مما يمنحه بعض الطاقة اللازمة لغلية وفي

ذلك توفير للطاقة . وقد يصل عدد الغرف في بعض محطات التحلية إلى ٤٢ غرفة. ومن أهم مزايا استخدام التقطيرمتعدد المراحل في التحلية أنه قليل التكلفة ومن عيوبة تكون القشور والرواسب على جدران الغلايات والأنابيب مما يتطلب صيانة دورته ويمكن الاستفادة أيضاً من وحدات التحلية لإنتاج الطاقة الكهربائية كفائدة اقتصادية إضافية ففي محطات التحلية المزدوجة الغرض يستغل البخار الوارد من الغلايات في إدارة التوربينات البخارية التي تتصل بدورها بالمولدات الكهربائية. ولقد بلغ مجموع ما أنتجته محطات التحلية العامة في المملكة من الكهرباء حوالي 3675 ميجاوا ت يومياً في عام ١٤٠٧هـ، وبالإضافة إلى ذلك فإنه يمكن استغلال المياه شديدة الملوحة الخارجة من وحدات التحلية للحصول على العديد من الفلزات والمواد الاقتصادية مثل ملح الطعام والمغنيسيوم والبوتاسيوم"

٥ - الأنشطة البشرية في الأحواض المائية :

بالإضافة إلى أن الماء مادة أساسية للشرب والاستعمال المنزلي للغسيل والسباحة وغسل الملابس والأواني المنزلية وغيرها من مختلف الاستعمالات ولكن الماء أيضاً مادة أساسية للأعمال التالية:

١ - **الزراعة:** يستعمل الماء كمادة لري المزروعات في الحقول الزراعية الصغيرة والكبيرة وبالتالي فالمزروعات يجب أن تكون دائماً قريبة من المياه النظيفة للاستعمال الزراعي فضلاً على أن الماء مادة مذيبة لكثير من المبيدات الحشرية والتي يستعمل الماء بنسب معينة لتخفيف التركيز .

٢ - **الصناعة:** جميع أنواع الصناعات تستعمل الماء إما كمادة أساسية للمشروبات وخاصة المشروبات الغازية والأدوية ومواد الطعام وهي إما مادة منظفة أو مادة أساسية داخلة في تركيب المواد المصنعة . كذلك يستعمل الماء كمادة تبريد لكثير من المصانع ومادة تنظيف وعادة هذه الصناعات تكون قريبة من أحواض المياه سواء بحيرات أو أنهار أو بحار .

٣ - **الشحن:** هناك ألوف البواخر والسفن والزوارق الكبيرة والصغيرة تستعمل أحواض الماء كطرق مواصلات بين مختلف القارات والدول العالمية بل هي طرق مواصلات بين مدن الدولة الواحدة .

٤ - **السباحة :** تعتبر أحواض المياه منطقة جذابة لكثير من أنواع الرياضة وخاصة السباحة وألعاب المياه الكثير وخاصة تربية الأسماك الكبيرة كالحيتان والدلافين ومناطق السباحة التي تكون على البحار والأنهار كثيراً ما تكون مناطق مهيأة للسباحة .

٥ - **تخزين المياه :** كثير من البحيرات والأنهار تعتبر مصدر استراتيجي لتخزين المياه من مصادرها المختلفة وبالتالي تعتبر هذه الأنهار والبحيرات منطقة محرمة على التلوث والإهدار لذا نجد أن كثيراً من الدول تخصص بعض الأحواض المائية منطقة محرمة على النشاط التجاري والصناعي .

٦ - **صيد الأسماك والحلي البحرية:** عادة المدن الواقعة على البحار والأنهار والبحيرات يعتمد السكان فيها على صيد الأسماك في التجارة والغذاء وهذه تعتبر من النشاطات الكبرى في الأحواض المائية.
وأيضاً من النشاطات البشرية في أحواض المياه استخراج الحلي كالمرجان واللؤلؤ والمحار من الأنهار والبحار .

٧ - **الموانئ** : التجارة العالمية تعتمد على نقل البضائع والسلع بين الدول والمدن لذا كانت أرخص المواصلات هي المواصلات البحرية فأنشئت موانئ لاستقبال السفن والزوارق التجارية وهذه أيضاً من النشاطات البشرية في الأحواض المائية .

الحقيبة

الملوثات وتأثيرها على الإنسان والبيئة

جميع الحقوق محفوظة للمؤسسة العامة للتعليم الفني والتدريب المهني

الجدارة: التعرف على أهمية الملوثات المائية وتأثيرها على الإنسان والبيئة.

مستوى الأداء المطلوب: يجب على المتدرب أن يتقن الجدارة بنسبة ٩٠٪.

الوقت المتوقع للتدريب على الجدارة : ٤ ساعات

الوسائل المساعدة: مختبر للمياه (كما ذكر في الوحدة الأولى).

متطلبات الجدارة: أن يكون المتدرب قادراً على معرفة مصادر تلوث المياه وأهم التأثيرات المتوقعة من تلك الملوثات على الإنسان والبيئة المحيطة به.

تأثير الإنسان على منسوب وتلوث المياه وتأثير الكائنات الحية بالإشعاع والتجمعات السكنية

الفصل الأول : تأثير الإنسان والتجمعات السكنية على منسوب المياه الجوفية

١ - تأثير الإنسان على منسوب المياه الجوفية :

لا شك أن جميع الموارد الطبيعية في هذه الأرض محدودة وناضبة حيث لا يمكن تعويض هذه الموارد الطبيعية وخاصة المياه الجوفية إلا بمرور مئات بل ألوف السنين لتجمع في جوف الأرض . ونحن نعلم أن في وطننا أمثلة كثيرة على نضوب المياه والتي كانت على شكل عيون على سطح الأرض والآن تعتبر مياهاً جوفية وأمثلة ذلك العيون التي في الخرج وبعض عيون الإحساء والسبب في ذلك هو السحب الجائر لهذه المياه بسبب الزراعة أو الشرب أو الغسيل وغيرها من الاستخدامات . والأمر المؤسف ينطبق على المياه الجوفية حيث إن هذه المياه خزنت في السابق في جوف الأرض على مدى ألوف السنين وعندما استخدمت المضخات الضخمة في سحب هذه المياه أخذت هذه المياه بالنضوب وكثير من الآبار قد أغلقت بسبب نضوب هذه المياه الجوفية وهنا أيضاً نكرر السبب وهو استعمال الإنسان للمياه الجوفية الجائر . وهناك عدة أسباب أخرى لنضوب المياه الجوفية من ضمن تلك الأسباب هو التجمعات السكنية في المدن الكبرى حيث أخذ الناس يهاجرون من القرى والبادية إلى المدن بحثاً عن العمل والدراسة والتجارة وبالتالي فإن هذه المدن احتوت على تجمعات سكنية كبرى تحتاج إلى مياه بكميات ضخمة ومن المعروف أن جلب هذه المياه عموماً يأتي من المناطق المتواجدة فيها هذه المياه القريبة من هذه المدن لذا يكون السحب ضخماً على هذه المياه الجوفية . ويجب أن يعرف القارئ الكريم أن أغلب البلدان التي لا توجد بها أنهار أو عيون تعتمد على مصادر المياه الجوفية كدول الخليج العربي وبعض دول شمال أفريقيا العربية .

٢ - التجمعات السكنية وتأثيرها على المياه :

نحن نعلم أن كثيراً من المدن تحتوي على ألوف بل بعض المدن الكبرى تحتوي على ملايين من البشر وهذه البشر تحتاج إلى المياه سواء للشرب أو للاستعمال الآخر وللصناعات وغيرها لذا وضعت الشبكات المائية لتوزع المياه على المساكن والتجمعات السكنية ولهذا كثرت الطلبات على الانتفاع من هذه المياه كلما زادت الكثافة السكانية لهذه المدن والقرى .

الفصل الثاني : ملوثات ومؤشرات تلوث المياه

حقائق : (باختصار شديد)

١ - أي مادة تصل إلى التربة يجب أن يؤخذ بعين الاعتبار أنها سوف تصل إلى المياه بطريقة أو بأخرى وعلى سبيل المثال أي فرد يقوم بتغيير زيت السيارات في الصحراء فهذه الزيوت سوف تصل إلى المياه حيث تجرفها السيول والأمطار إلى المياه السطحية أو الجوفية فتلوثها .

٢ - أي ملوث للهواء هو في الواقع ملوث للمياه فعندما تنزل الأمطار وملوثات الهواء معلقة في الجو فإن هذه الأمطار سوف تنزل معها هذه الملوثات كما هو معلوم من الأمطار الحمضية .

١ - <u>تلوث المياه : (باختصار)</u>

مدى تلوث المياه يعتمد على عدة عوامل منها مصدر هذه المياه :

١ - هل هذه المياه أنهار أو تحلية مياه البحر أو مياه جوفية وغيرها .

٢ - هل التلوث هو تلوث عضوي أو كيميائي أو فيزيائي .

٣ - هل يمكن التخلص من هذا التلوث بطرق بسيطة وغير مكلفة أم أن هذا التلوث مكلف ومعقد .

والتلوث طبيعي أو صناعي:

(أ) طبيعي

المصادر الطبيعية لأهم الشوائب الذائبة في المياه (الحموضة)

" تلعب حموضة المياه دوراً بارزاً في التعرية الكيميائية للمياه المخزونة في أو المنسابة عبر الطبقات الصخرية حيث تذوب بعض العناصر الصخرية في المياه. وكذلك تفاعلات الأكسدة والاختزال وتفاعلات التعقيد والتبادل الأيوني تساهم في ذوبان العديد من المحتويات في الماء مثل البوتاسيوم والصوديوم والكالسيوم المغنسيوم ... الخ. فالرقم الهيدروجيني لمياه الأمطار حوالي 5.7 في المناطق الصناعية وقد يكون أقل من ذلك بكثير عند تكون الأمطار الحمضية. وعند سقوط ماء المطر على التربة يبدأ تركيبه في التغير حيث تزداد ملوحته التي كانت لا تتعدى بضعة أجزاء من المليون.

أولاً : الكالسيوم والمغنيسيوم

يوجد الكالسيوم بكميات كبيرة في الصخور الرسوبية ككربونات كما في الحجر الجيري (الكالسات) $CaCO_3$ والدولومايت $CaMg(CO_3)_2$ أو على هيئة كبريتات كما في الجبس $CaSO_4 . 2H_2O$ وقد يوجد على هيئة فلوريد كما في الفلسبار $CaF2$ أو على هيئة فوسفات كما في الأباتايت. أما المغنيسيوم فيوجد في الصخور الرسوبية الكربونية خاصة معدني الدولومايت $CaMg(CO_3)_2$ و المغيسايت

$MgCO_3$ كما يتواجد في المعادن السيليكية كالأولفين والأوجين والبايوتايت والسربنتين والتي تتواجد في الصخور النارية والمتحولة.

ويزداد ذوبان كل من كربونات الكالسيوم والمغنيسيوم بزيادة تركيز غاز ثاني أوكسيد الكربون في الجو وهذا يفسر نسبة الكالسيوم والمغنيسيوم في المياه التي تتواجد في أجواء ملوثة بغاز ثاني أوكسيد الكربون فمثلاً خام الكالسيات ($CaCO_3$) الموجود في صخر الكلس limestone يتفاعل مع المياه الحمضية المحتوية على ثاني أوكسيد الكربون الذائب (يعتمد ذوبانه في الماء على الضغط ودرجة الحرارة) ويؤدي ذلك إلى ذوبان الكالسيوم وتكون البيكربونات أو الكربونات تبعاً للرقم الهيدروجيني أي أن محتوى المياه الجوفية من البيكربونات والكربونات يعتمد على CO_2 الذائب والذي بدوره يعتمد على درجة الحرارة.

وتجدر الإشارة إلى أنه بالرغم من أن أغلب مركبات المغنيسيوم وخاصة الكربونات أكثر ذوبان من مركبات الكالسيوم المقابلة إلا أن نسبة تواجد المغنسيوم في المياه الجوفية أقل من الكالسيوم وربما يعزى ذلك إلى تعدد مصادر الكالسيوم على الأرض مقارنة بالمغنيسيوم .

أما في مياه البحر فإن تركيز المغنيسيوم يفوق تركيز الكالسيوم في ذلك بسبب استهلاك الأخير بواسطة الكائنات الحية البحرية لتكوين هياكلها العظمية.

ثانياً: الصوديوم والبوتاسيوم

يعتبر الصوديوم أكثر العناصر تواجداً في المياه خاصة مياه المحيطات وذلك لأن أغلب أملاحه قابلة للذوبان في الماء. وينتج عن التعرية التي يتعرض لها معدن الفلسبار الصوديومي $NaAlSi_3O_8$ في الصخور النارية كما يتواجد في معدن الهالايت (ملح الطعام الصخري) وفي ملح جلوبر (كبريتات الصوديوم). والمصدر الرئيس للبوتاسيوم في الصخور النارية هو معدن الفلسبار البوتاسي $KAlSi_3O_8$ والمسكوفايت والبايوتت والليوسايت Leucite ، ومع أن تواجد البوتاسيوم في الصخور النارية لا يقل كثيراً عن الصوديوم إلا أن تواجده في المياه أقل بكثير من الصوديوم بسبب ميل البوتاسيوم للإدمصاص (الامتزاز) على الرواسب الطينية وبسبب أن المعادن التي تحتوي على البوتاسيوم أكثر مقاومة للتعرية من المعادن التي تحتوي على الصوديوم. ومحتوى المياه المالحة من هذين العنصرين أكبر بكثير من المياه العذبة.

ثالثاً: الكربونات والبيكربونات

المصدر الرئيس لهذه الأيونات هو الحجر الجيري والمعادن الكلسية المتواجدة في الصخور الرسوبية ويعتمد تركيزها في المياه الطبيعية على تواجد تلك الصخور وعلى كمية غاز ثاني أوكسيد الكربون الموجود سواء في الهواء المحيط بالماء أو الناتج من التحلل البكتيري للمواد العضوية. هذا الغاز يذوب في الماء وينتج عن ذلك حمض الكربونيك الضعيف الذي يتفكك إلى كربونات أو خليط منهما تبعاً للرقم الهدروجيني للمياه.

رابعاً : الكبريتات

المصدر الرئيس للكبريتات في المياه الطبيعية هو كبريتدات الفلزات الثقيلة مثل كبريتدات الحديد والنيكل والنحاس والرصاص المتواجد في بعض الصخور الرسوبية والتي يتم أكسدتها إلى كبريتات أثناء عمليات التعرية الكيميائية كما أن رواسب الجبس تعتبر مصدراً مهماً للكبريتات في المياه. وتحتوي مياه البحار على تركيز عال من الكبريتات مقارنة بمياه الأمطار والمياه الجوفية وهذا ربما يعزى إلى كثرة الأبخرة البركانية خلال العصور الجيولوجية المختلفة.

خامساً : الكلوريد

يتواجد الكلوريد ولكن بكميات ضئيلة في الصخور النارية والصخور المتحولة في معادن مثل الكلور أباتايت والصودا لايت والملح الصخري (هالايت) ولذلك يمكن القول أن أهم مصادر الكلوريد والكلور المتواجدة في المياه هي الحمم والقذائف البركانية والغلاف الجوي . ويعتبر الكلوريد الأنيون الرئيس في مياه البحر إلا أن تواجده في المياه الأخرى قليل نسبياً.

سادساً: النترات

نسبة قليلة جداً من النترات الموجودة في المياه الطبيعية تأتي من الصخور أما المصدر الرئيس الهام فهو العمليات الحيوية في التربة حيث إن بعض النباتات لها القدرة على أخذ النتروجين من الهواء وتثبيته في التربة على هيئة نترات وتعتبر الأكسدة البكتيرية لبعض مركبات النتروجين مصدراً ثانياً للنترات ولهذا يعتبر أن الإقبال الكبير على استخدام أملاح الأمونيا كمخصبات قد يزيد من محتوى المياه الطبيعية من النترات.

تركيب الجليد

الجليد نقي نسبياً حيث لا يحتوي إلا على عدد محدود من الأيونات الغريبة والجسيمات الصلبة والغازات التي حبست بداخله أثناء تكونه. ولذلك فإن العلماء يدرسون التغيرات في تركيب الجليد من أجل تفسير تاريخ بيئة الأرض السطحية ومدى تأثير النشاط البشري على تلك البيئة فمثلاً زيادة تركيز الرصاص في طبقات الجليد المتكونة حديثاً عند القطبين الجنوبين والشمالي مقارنة بالطبقات القديمة يشير إلى التلوث الناجم عن استخدام الرصاص في جازولوين السيارات الذي أشرنا له سابقاً كذلك زيادة تركيز ثاني أوكسيد الكربون والميثان خلال القرن الماضي في هذا الجليد يعتبر دليلاً آخر على دور النشاط البشري في تلوث البيئة فقد زاد تركيز ثاني أوكسيد الكربون بمقدار ٢٥٪ والميثان بمقدار 167% في خليط الغازات المحبوسة في طبقات الجليد الحديث (فقاعات هواء) عما كان عليه قبل 200 عام.

تلوث الماء

يقصد بتلوث الماء تلوث الينابيع والبحيرات والمياه الجوفية والمحيطات بالمواد الضارة بالكائنات الحية حيث إن الماء ضروري للحياة على الأرض. كما أن الكائنات الحية إما أن تحتوي على الماء أو تعيش فيه أو تشربه أو كل هذه أو بعضها فالنباتات والحيوانات تتطلب ماء نقياً إلى حد ما ولا يمكن أن تعيش في وجود ماء محمل بالمواد السامة أو الكائنات الحية الدقيقة الضارة. وإذا كان هذا التلوث حاداً فقد يؤدي إلى قتل أعدادٍ كبيرة من الأسماك والطيور والحيوانات الأخرىوقد نصل إلى درجة اختفاء بعض الأجناس كلية في منطقةالتلوث. والتلوث قد يجعل منظر الينابيع والبحيرات والشواطئ مقززاً ورائحتها نتنة كما أن الأسماك المصطادة في هذه المياه الملوثة قد تهدد حياة آكليها. الناس الذين يشربون ماء ملوث يمكن أن يصبحوا مرضى كما أن التعرض لمدة طويلة لهذه المياه قد يسبب أمراضاً سرطانية والمواليد بعيوب خلقية. ويمكن التعرف بسهولة على بعض علامات تلوث المياه مثل بقع الزيت والرغاوي الطافية على السطح أو الروائح الكريهة أو تغير درجة صفاء ولون المياه ، إلا أن أسوأ ملوثات المياه لسوء الحظ غير مرئية وغير ملاحظة.

مصادر ملوثات الماء

مصادر تلوث المياه هي نفسها مصادر تلوث الغلاف الجوي وهي أيضاً نفس مصادر تلوث التربة (وكلها بسبب النشاط الإنساني) لأنه كما أسلفنا ليس هناك حدود للتلوث بين البيئات المختلفة للأرض.

فملوثات الغلاف الجوي وملوثات التربة كلها تنتقل إلى المياه عبر التسرب والذوبان . ولهذا سنشير بشكل مختصر إلى أهم مصادر تلوث المياه الصناعية (أي من صنع الإنسان).

أولاً : النفايات المنزلية

تحتوي مياه الصرف الصحي على خليط مقعد ومتباين من المواد العضوية وغير العضوية والميكروبات والفيروسات والديدان والمنظفات الصناعية وزيوت السيارات. ... الخ الضارة بالصحة . وتجدر الإشارة هنا إلى أن رمي هذه المخلفات في المياه سيؤدي إلى تنشيط التحلل البكتيري الذي يحول المواد العضوية إلى مواد أكثر سمية وضرراً.

ثانياً : المخلفات الصناعية

التحلل الحيوي. كما أن سوائل صرف بعض المصانع تكون حارة نتيجة لاستخدامها في التبريد وهذه عندما ترمى في المياه الطبيعية ستؤدي إلى التلوث االحراري كما سنرى.

ثالثاً : الغلاف الجوي

يعتبر الغلاف الجوي، بما يحويه من المخلفات الصناعية المتطايرة من مصانع النفط واحتراق الوقود الأحفوري ونواتج التحلل الحيوي المتطايرة (مثل الكبريتات والفوسفات والنتريت والنترات وكبريتيد الهيدروجين والأمونيا وثاني أوكسيد الكربون والميثان وغيرها) والغبار ودخان عوادم السيارات الذي يتكون من كما أسلفنا من أكاسيد الكربون والنتروجين والكبريت ونواتج تفاعلات الأكسدة والاختزال الضوئية التي تحدث بفعل ضوء الشمس ، ومن ضمن تلوث المياه الطبيعي وخاصة مياه الأمطار الحمضية."

مصادر تلوث المياه عدة منها :

(ب) <u>تلوث بفعل البشر</u>

١ - المنتجات البترولية .
٢ - المبيدات الحشرية من المزارعين .
٣ - الصرف الصحي والبيارات .
٤ - المخلفات الصناعية .
٥ - الكوارث الطبيعية كالبراكين .

الإسراف في استعمال المياه وبدون مبررات .

٢ - مدى درجة تلوث المياه ومصادر التلوث :

لقد سبق الحديث عن مسببات تلوث المياه وهنا نتحدث عن مدى درجة تلوث المياه ومن هذه الفحوصات:

١ - مصدر المياه : هناك مصادر للمياه من الأنهار والبحيرات والمياه الجوفية ومياه البحار والمحيطات لذا علينا تعيين مصدر الماء .

٢ - ما هي استعمالات الماء فهل هي للشرب فهذه المياه لها مقاسات معينة ونسب معروضة لا يمكن تجاوزها أما إذا كان الاستعمال للزراعة وبعض الصناعات فهذه أيضاً لها مقادير معينة .

٣ - من أهم الفحوصات هي :

I - درجة أو كمية العوالق وأنواعها .

II - العكارة .

ج - اللون والطعم والرائحة .

د - الصلابة وخاصة الأملاح .

٤ - أنواع التلوث هل هي :

I - تلوث مواد بترولية .

II -تلوث مواد صناعية ومخلفاتها .

ج - هل التلوث من مجاري المياه ومياه ملوثة .

د - هل التلوث من مبيدات حشرية .

٥ - تلوث طبيعي : كالبراكين ومخلفات الحرائق التي تحدث في الغابات وغيرها .

٣ - الملوثات المائية ومصادرها :

١ - المبيدات الحشرية في هذا العصر الذي نعيش فيه كثر استعمال المبيدات الحشرية بصورة مفرطة وأهم هذه الاستعمالات :

أ - مبيدات حشرية تستعمل في المزارع حيث يقوم الزارعون برش المبيدات الزراعية على المحاصيل الزراعية للتخلص من الآفات الحشرية والتي يمكن أن تتلف المحاصيل وفي الواقع المزارع لا يرش كل شجرة ونبتة على حدة بل يقوم بالرش بصورة عامة على جميع المحاصيل وفي الواقع هو يحتاج فقط إلى ١٠٪ من هذه المبيدات لقتل الحشرات وللأسف الشديد ٩٠٪ سوف تصل إلى التربة وعند سقاية المزروعات تصل هذه المبيدات إلى المياه سواءً الجوفية أو السطحية فتلوِّثُها .

ب - تلوث بالمبيدات الحشرية المستعملة في المنازل لقتل بعض الحشرات والطفيليات والجراثيم .

ج - المواد الكيميائية الأخرى: هنالك مواد كيمائية تستعمل لأغراض مختلفة في المنازل وأماكن السكن كمخفضات الحرارة في محولات الكهرباء (PCBS) ومخفضات الحرارة في راديترات السيارات وقاتلات الحشائش (Herbicide) المنزلية وبقايا الدهانات والمنظفات المنزلية كلها تساعد على تلوث المياه .

الفصل الثالث

أنواع ملوثات المياه(وبالتفصيل)

"يمكن تصنيف ملوثات المياه إلى قسمين هما الملوثات القابلة للتحلل، وهي التي يمكن تكسيرها إلى مركبات بسيطة أقل خطراً على البيئة وذلك بمعالجتها بالطرق الكيميائية أو الحيوية أو الفيزيائية مثل مياه الصرف الصحي والنفط وبعض أنواع المنظفات، والنوع الثاني الملوثات غير القابلة للتحلل أو التي تتحلل ببطء شديد كالمبيدات الحشرية والمواد البلاستيكية وهذا النوع أكبر خطراً. كما يمكن تقسيمها بناء على طبيعة تأثيرها حيث تسبب ملوثات المياه أضراراً بيئية إما بسبب خواصها الفيزيائية أو الكيميائية أو الحيوية ولذلك يمكن تقسيمها إلى ثلاثة أنواع هي ملوثات فيزيائية وملوثات كيميائية وملوثات حيوية.

أولاً: الملوثات الفيزيائية

وهذه تشمل المواد العالقة في المياه مثل الرمل والقطع المعدنية والورق والطمي وجثث الحيوانات والنفايات الصلبة عامة كما تشمل أيضاً المواد الطافية على سطح المياه مثل أوراق النباتات والرغاوي. وقد يكون مصدر هذه الملوثات طبيعياً أو بفعل النشاط البشري. ويمكن أن يضم إلى هذه المجموعة التلوث الحراري الناجم عن تصريف مياه التبريد الحارة جداً من بعض المصانع إلى المياه الطبيعية كما سنرى فيما بعد.

ثانياً: الملوثات الكيميائية

وتعتبر هذه المجموعة من أهم الملوثات ويمكن تقسيمها إلى ملوثات كيميائية غير عضوية وعضوية وغازية.

أ - الملوثات الكيميائية

يوجد 83 عنصراً مستقراً أو عدد قليل من العناصر المشعة موجودة على سطح الأرض. ويمكن تصنيف هذه العناصر إلى مجموعة أولى هي مجموعة العناصر الأساسية المهمة وتشمل الكالسيوم والفسفور والمغنسيوم وأربعة عشر عنصراً ضئيلاً هي الحديد واليود والنحاس والزنك والمنجنيز والكوبالت والموليبدنيوم والسيلينيوم والكربون والنيكل والقصدير والسيليكون والفلور الفانيديوم والمجموعة الثانية هي مجموعة العناصر السامة وتشمل حوالي 15 عنصراً مثل الزرنيخ الذي يعتبر أحد

مكونات مبيدات الحشرات والزئبق والذي تستخدم مركباته شديدة السمية في صناعة البويات والدهانات والورق والمعدات الكهربائية كما يتواجد الزئبق ومركباته في الفحم والنفط والرصاص وعنصر الكاديوم الذي من المحتمل أن 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 أن العناصر الهامة تعتبر سامة عند تناولها بكيمات كبيرة وقد يكون الفرق بين أن يكون العنصر هاماً ونافعاً وبين أن يكون ساماً ضاراً، صغيراً جداً، وربما يصاب المرء بالدهشة عندما يرى عنصراً مصنفاً ضمن المواد السامة نافعاً ومهماً ولكن هذه حقيقة.

كما تشمل الكيميائية غير العضوية بعض الانيونات مثل الفوسفات الناتجة عن التحلل الحيوي للكائنات المحتوية على الفوسفور أو المنظفات المحتوية على الفوسفات ومثل النترات والكبريتات والسيانيد. ويعتر الأخير مادة سامة ويتواجد في المياه على هيئة HCN المتطاير والسام أيضاً ويستعمل السيانيد على نطاق واسع لتنظيف المعادن وفي عملية الطلاء الكهربائية وفي صناعة التعدين. والكبريتيد الذي يعتبر إحدى نواتج التحلل الحيوي اللاهوائي للمواد العضوية المحتوية على الكبريت الذي يعتبر إحدى نواتج اختزال الكبريتات بواسطة البكتريا المختزلة . ويتواجد الكبريتيد وكبريتيد الهيدروجين السام في مياه صرف الصناعات الكيميائية مثل صناعة الورق والمنسوجات وغيرها ويؤدي إلى ترسيب العديد من العناصر الهامة.

وعادة تنخفض تراكيز الفلزات الثقيلة في المياه السطحية غير الملوثة وكذلك في مياه الأمطار إلا في المناطق الملوثة جداً ويستثنى من ذلك الرصاص الذي يتواجد بكميات معتبرة في مياه الأمطار بسبب عوادم السيارات. والجدول (٣) يبين مصادر وتأثيرات أهم العناصر التي تتواجد في المياه بكميات ضئيلة trace elements .

ب - الملوثات الكيميائية العضوية

تحتوي المياه الطبيعية على العديد من الملوثات العضوية المختلفة ومصادر هذه المواد عادة التربة والنباتات وبقايا الحيوانات المطمورة في قيعان هذا المياه ومياه الصرف الصحي والنفايات الصناعية السائلة التي تتسرب إلى هذه المياه. ومن أهم الملوثات العضوية الأسمدة والمبيدات وكذلك الفينولات التي تأتي من النفايات الصناعية أو من غسيل الشوارع والمنظفات والزيوت النفطية.

جدول (٣) مصادر وتأثيرات أهم العناصر التي تتواجد في المياه بكميات ضئيلة

العنصر	المصـــدر	التأثير	الحد الأعلى المسموح به (mg/1)*
الزرنيخ	المبيدات ومخلفات التعدين والصناعات الكيميائية	سام وقد يكون مسرطناً٠	0.05
الكادميوم	مخلفات التعدين والطلاء بالمعادن وأنابيب المياه	راجع الفصل الخامس	0.01
البيريليوم	الفحم ومحطات الطاقة النووية وصناعة الفضاء	سام ويحتمل أن يكون مسرطناً	--
البورون	الفحم وصناعة المنظفات	سام لبعض النباتات	1.0
النحاس	الطلاء والصرف الصحي والصناعي والتعدين	ليس ساماً للحيوانات ولكنه سام للنباتات والطحالب	1.0
الكروم	طلاء المعادن	عنصر هام وربما يكون مسرطناً على هيئة Cr(VI)	0.05
الفلوريد	عمليات تنقية المياه والصخور والصناعة	عند 1mg/1 يمنع التسوس وعند 5mg/1 يتلف الأسنان والعظام	0.8-1.7 حسب درجةالحرارة
اليوديد	المخلفات الصناعية	يمنع تضخم الغدة الدرقية	--

* لمياه الشرب

تابع جدول (٣)

العنصر	المصدر	التأثير	الحد الأعلى المسموح به (mg/1)*
الزئبق	التعدين والفحم والمبيدات والصناعة	سام جداً	--
الموليبدينيوم	الصرف الصناعي	قد يكون ساماً للحيوانات وهام للنباتات	--
السيلينيوم	مصادر طبيعية والفحم والكبريت	هام في التراكيز القليلة وسام في العالية ويسبب أمراضاً للحيوانات وقد يكون مسرطناً	0.01
الفضة	الطلاء الكهربائي والتعدين وصناعة الأفلام	يلون الجلد والعيون والأغشية المخاطية	0.05
الزنك	الصرف الصناعي والطلاء المعدني والسباكة	هام لعمل بعض الأنزيمات ويساعد على التئام الجروح وسام للنبات في التراكيز العالية	5.0
الحديد	تآكل الأدوات المعدنية ومخلفات صناعة التعدين	هام للتغذية ليس ساماً لكنه يتلف بعض المواد مثل الملابس	0.05
الرصاص	العوادم والتعدين والفحم والسباكة والصناعة	راجع الفصل الخامس	0.05
المنجنيز	الصناعة وخاصة التعدين	ليس ساماً للحيوانات ولكنه سام للنبات ويتلف المواد مثل الملابس	0.05

١ - **المنظفات** Detergents

الصابون عبارة عن أملاح الصوديوم أو البوتاسيوم للأحماض العضوية ذات السلاسل الطويلة (الحموضة الدهنية) وخير مثال على ذلك الصابون المكون من ملح استرات الصوديوم وتعزى قدرة الصابون على التنظيف إلى أن حد طرفي جزئيه قطبي لذا فهذا الطرف يذوب في الماء القطبي ، أما الطرف الآخر وهو الذي يحتوي على السلسلة الهيدروكربونية فهو غير قطبي وله تركيب يشبه الشحوم والزيوت لذا فهو يذوب في تلك المواد غير القطبية التي تذوب في الماء . إن هذه الطبيعة المزدوجة لجزئ الصابون جلعت منه عامل استحلاب حيث يذوب الطرف القطبي لجزئ الصابون في الماء بينما تتعلق الدهون والزيوت والأوساخ التي لا تذوب عادة في الماء بالطرف غير القطبي لجزئ الصابون لمدة تكفي لغسلها والتخلص منها. لإن العيب الرئيس للصابون كمنظف هو في حال استعمال ماء عسر يحتوي على الكالسيوم والمغنسيوم التي تتفاعل مع الصابون وتنتج أملاحاً غير ذائبة (زبد) تسبب المتاعب أثناء الغسيل وذلك بدلاً من استهلاك كل الصابون المضاف في إذابة الأوساخ والدهون ولهذا نحتاج إلى استخدام كميات كبيرة من الصابون مع الماء العسر كما أن هذه المواد والأملاح غير الذائبة قد تؤدي إلى تلوين الثياب البيضاء بألوان داكنة.

وهناك عيب آخر للصابون يشاركه فيه العديد من المنظفات الأخرى فمياه الغسيل عادة تميل إلى الحمضية بسبب الترسب، ولهذا فقد يتحول الصابون في الوسط الحمضي إلى حمض الستياريك Stearic acid . وهذا يقلل من قدرة الصابون على أداء وظيفته كمستحلب لأن الطرف القطبي لحمض الستاريك أقل ذوباناً في الماء من الطرف القطبي لملح استيارات الصوديوم . أما المنظفات الصناعية فقد استحدثت لأول مرة في ألمانيا في الثلاثينات فمن القرن الماضي وجدت قبولاً كبيراً لدى المستهلكين بسبب درجة ذوبانها الكبيرة في الماء وعدم ترسبها حتى في المياه الشديدة العسر. وأغلب المنظفات الصناعية لها طرفان قطبي وغير قطبي كما في حالة الصابون ويمكن تقسيمها عامة إلى قسمين أيونية وغير أيونية. والقسم الأيوني يقسم إلى منظفات أنيونية ومنظفات كاتيونية.

فالمنظفات الأنيونية هي المنظفات الصناعية التي تم اكتشافها وظلت لسنوات عديدة والنوع الوحيد من المنظفات الصناعية المستعمل على نطاق واسع ولازالت تمثل النوع الرئيس المسيطر على الإنتاج في وقتنا الحاضر، وقد سميت بهذا الاسم نسبة لأن الطرف الجزيء القطبي المتصل بالمجموعة الهيدروكربونية ذو شحنة سالبة وخير مثال للمنظفات الأنيونية التي تعد بالمئات هو المنظف Alkyl Benzene Sulphonate .

وكذلك المنظف المعروف بـ Laury1 Alky1 Sulophate (LAS) الذي يمتاز عن ABS بأنه يتحلل حيوياً لأنه يحتوي على حلقة بنزين. أما المنظفات الكاتيونية والتي تمتاز بأن طرف الجزئ المتصل بالمجموعةالهيدروكربونية ذو شحنة موجبة فهي عادة من النوع.

والمنظفات الكاتيونية عادة أكثر كلفة من الأيونية إلا أن لها خاصية تعزز استعمالها وهي أن لها مفعول مطهر ومنعم للمنسوجات.

أما المنظفات غير الأيونية كما يوحي اسمها فليس لها طرف مشحون وإنما طرف واستعمالات المنظفات غير الأيونية محدود مقارنة بالمنظفات الأيونية.

ولقد وجد أن إضافة نسبة عالية من الفوسفات قد تصل إلى 75 ٪ إلى المنظف الصناعي يحسن من أدائه كثيراً لأن ذلك يجعل ماء الغسيل قلوياً كما أن للفوسفات قدرة على إزالة عسر الماء حيث تتفاعل مع الكالسيوم والمغنسيوم وتحجزها كمركبات ذائبة في الماء مما يزيد من كفاءة المنظفات الصناعية. وسوف نتطرق إلى بعض الأضرار البيئية التي تنجم عن وجود الفوسفات بكميات كبيرة في مياه الصرف الصحي لاحقاً. وحيث إنه لا يوجد في الوقت الراهن بدائل جيدة للفوسفات تقوم بتحسين أداء المنظفات دون أن يكون لها أضرار بيئية فإن أفضل حل لهذه المشكلة هو تطوير محطات معالجة مياه الصرف الصحي لإزالة الفوسفات كإضافة الألومنيوم Al^{3+} إلى مياه الصرف الصحي لترسب فوسفات الألومنيوم $AlPO_4$ فيتم التخلص منها مع المواد الصلبة بدلاً من ذوبانها في المياه.

٢ - الزيوت البترولية

البترول الخام عبارة عن خليط من الهيدروكربونات ذات الأوزان الجزيئية المتباينة وعند تسربه 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 الهيدروكربونات، أما ما تبقى من النفط المتسرب فتجرفه التيارات المائية على هيئة كرات قطرانية تتعرض للأكسدة الضوئية والتحلل البكتيري. وتنتقل الزيوت البترولية إلى مياه المحطات والبحار بعدة طرق مثل التسرب من حقول الزيت وخاصة تلك المتواجدة تحت سطح الماء وكذلك إلقاء الزيوت في المحيطات والبحار من الأرض إما مباشرة من أنابيب النفايات التي ترسلها مصافي النفط ومصانع البتروكيميائيات أو بشكل غير مباشر عبر مياه الصرف الصحي التي تحمل زيوت السيارات بالإضافة إلى كميات النفط التي تلقيها ناقلات النفط العملاقة في المياه الطبيعية عمداً عند غسل مستودعاتها أو عند تفريغ مياه حفظ توازنها أو بغير عمد كالحوادث البحرية التي نسمع عنها في الأخبار من حين لآخر.

ج- الملوثات الغازية

وهذه تشمل الغازات الذائبة في المياه مثل ثاني أوكسيد الكربون والأوكسجين والنتروجين والأمونيا وكبريتيد الهيدروجين والميثان وأكاسيد النتروجين وثاني أوكسيد الكبريت، وغالباً ما يتناسب تركيز هذه الغازات في المياه الطبيعية عكسياً مع درجة الحرارة (جدول ٩) وطردياً مع الضغط الجوي ويعتمد أيضاً على التركيب الكيميائي الكلي لتلك المياه.

١ - ثاني أوكسيد الكربون

يستهلك هذا الغاز بكميات كبيرة في عملية التمثيل الضوئي للنباتات المائية، وعادة تقل نسبة تواجد ثاني أوكسيد الكربون الحر (أي الذي لا يوجد على هيئة كربونات أو بيكربونات) في المياه السطحية المعرضة للهواء إلا إذا كانت معرضة لتلوث عالٍ وتزداد هذه النسبة في المياه الجوفية التي يتواجد فيها هذا الغاز نتيجة للأكسدة الحيوية للمواد العضوية. وثاني أوكسيد الكربون هو المسؤول عن حمضية المياه الطبيعية التي تعتمد أيضاً على كمية البيكربونات المتواجدة (قاعدية الماء).

٢ - الأوكسجين

مع أن الأوكسجين ليس ملوثاً إلا أنه أحد الغازات الذائبة في الماء . وتختلف كمية الأوكسجين الذائبة في المياه باختلاف درجة الحرارة (جدول ٤) ونوع وتركيب هذه المياه فمثلاً يقل الأوكسجين في المياه التي تحتوي على مواد مختزلة مثل بعض الأنواع البكتريا والمواد العضوية والأمونيا الحرة وكذلك في المياه الجوفية التي تحتوي على الحديد الثنائي وكل هذه المواد تستهلك الأوكسجين.

ومصدر الأوكسجين الذائب في الماء هو الهواء الجوي وعمليات التمثيل الضوئي للطحالب والنباتات المائية. وتجدر الإشارة إلى ضرورة إزالة الأوكسجين من المياه المغذية للغلايات والممرة عبر الأنابيب المعدنية لأنه يساعد على تآكلها وتلفها. ويعتبر الأوكسجين أهم العناصر الذائبة في الماء وكلما زادت نسبته في الماء كلما تحسنت نوعية الماء إذ بدونه لا يمكن للحياة المائية العيش. كما أنه هام جداً لعملية تنقية المياه التي تقوم

جدول (٤): تغير ذوبانية الأوكسجين عند ضغط 760 mm بتغير درجة الحرارة

درجة الحرارة (^{0}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

بها الأحياء الدقيقة التي تتغذى على المواد العضوية الموجودة في الماء وتحللها في وجود الأوكسجين الذائب إلى نواتج بسيطة تستهلكها الأحياء الأخرى وتسمى هذه العملية التحلل الهوائي.

أما إذا استهلك كل الأوكسجين الذائب في الماء واستمر هذا التحلل دون وجود الأوكسجين فإن ذلك يسمى تحللا لا هوائياً وهوغير مرغوب فيه إذ تنتج عنه كميات كبيرة من الوحل والغازات الضارة بالصحةمثل غاز كبريتيد الهيدروجين والميثان المعروف بغاز المستنقعات وهو شديد الانفجار، وكل ذلك يؤدي إلى تضرر أغلب الكائنات المائية وموت الأسماك.

وهناك عدة عوامل تؤدي إلى نقص المياه من الأوكسجين إلى درجة تتعدى قدرة المياه على تعويض هذا النقص من الهواء الجوي ومن هذه العوامل:

١ - رمي النفايات والمخلفات في الماء بكميات كبيرة تؤدي إلى زيادة استهلاك الأوكسجين من قبل البكتريا والكائنات الحية الدقيقة الأخرى بشكل يفوق المعدل الطبيعي ويؤدي إلى حدوث التحلل اللاهوائي.

٢ - إضافة مواد مغذية للطحالب والكائنات الحية الأخرى التي تستهلك كمية كبيرة من الأوكسجين الذائب مما يؤدي إلى حدوث اضطراد النمو الحيوي المشار إليه سابقاً .

٣ - استهلاك الأوكسجين الذائب في عمليات الأكسدة الكيميائية الحيوية لبعض مركبات النتروجين وبعض المواد المختزلة.

٤ - التلوث الحراري thermal pollution : إن المياه التي تستخدم لأغراض التبريد في بعض الصناعات مثل صناعة الأسمدة ومحطات تحلية المياه ومحطات توليد الطاقة الكهربائية عادة ما تكون حارة لذا فإن تصريفها إلى مياه البحر أو النهر ينجم عنه مخاطر بيئية عدة مثل:

- تقليل كمية الأوكسجين الذائب في هذه المياه والتي تتناسب عكسياً مع درجة الحرارة.

- كما أن هنالك علاقة طردية بين درجة حرارة الماء ومقدراً استهلاك الأسماك للأوكسجين حيث مع ارتفاع الحرارة يتضاعف معدل التفاعلات الكيميائية ونتيجة لذلك تزداد سرعة تنفس الأسماك ويزداد معها استهلاكها للأوكسجين.
- ويؤدي ارتفاع درجة حرارة الماء إلى هجرة الكائنات البحرية الحساسة للحرارة إلى مناطق أخرى.

٣ - النتروجين الحر

ربما يتواجد النتروجين الحر في الماء نتيجة لفعل البكتريا على المواد النتروجينية المتواجدة أو نتيجة لملامسة الماء للهواء الجوي إلا أنه غير مهم حيوياً.

٤ - النتروجين النشادري ammoniacal nitrogen

ويقصد به الأمونيا التي تتواجد في الماء بشكل حر أو مرتبط بشكل بسيط مع الأيونات الأخرى وهذه تختلف عن الأمونيا التي تتحرر من المواد العضوية النتروجينية الموجودة في الماء بفعل البرمنجنات مثلاً والتي تسمى بالنتروجين العضوي. ويتواجد النتروجين النشادري في المياه التي تحتوي على نترات أو مواد عضوية نتروجينية نباتية كانت أم حيوانية نتيجة للتحلل البكتيري لهذه المواد . ولهذا فإن وجود النتروجين النشادري بكميات كبيرة في المياه ربما يدل على تلوثها بمياه الصرف الصحي أو بمخلفات حيوانية إلا أن عدم وجوده لا يدل بالضرورة على عدم تلوث المياه بتلك المخلفات لأن الأمونيا المتحررة قد تؤكسد بفعل المواد الأخرى المتواجدة في المياه.

٥ - كبريتيد الهيدروجين

ينتج هذا الغاز في الماء من تحلل المواد العضوية بفعل البكتريا المستهلكة للأوكسجين لهذا فإن رائحته التي تشبه رائحة البيض الفاسد تدل على تدني كمية الأوكسجين في المياه بسبب النشاطات البكتيرية وبالتالي تعرض الأحياء المائية للخطر.

٦ - الميثان

ينتج هذا الغاز أثناء تحلل المواد العضوية وخاصة السيليلوز ووجوده في المياه يؤدي إلى حدوث انفجارات.

ثالثاً: الملوثات الحيوية

تشتمل الملوثات الحيوية على جميع الكائنات الحية الدقيقة (البكتريا والفطريات والطحالب) المتواجدة في المياه والتي تسبب العديد من الأمراض والأضرار المختلفة للبيئة. فالبكتريا والفطريات تمثل عوامل حفز لكثير من التفاعلات الكيميائية التي تحدث في الماء والتربة وخاصة تلك التي تتضمن مواد عضوية أو عمليات أكسدة واختزال. أما الطحالب فتعتبر المنتج الرئيس للمادة العضوية في الماء أي أن الطحالب تتغذى على مواد غير عضوية مثل النترات والكبريتات والفوسفات وبعض الفلزات مثل الصوديوم والبوتاسيوم والكالسيوم والمغنيسيوم والحديد.. الخ مما يمكنها من تحويل ثاني أوكسيد الكربون إلى مواد عضوية. ويمكن تقسيم البكتريا إلى قسمين رئيسين هما البكتريا المؤكسدة التي تساعد على أكسدة المواد النتروجينية والكبريتية والبيكربونات والبكتريا المختزلة التي تساعد على اختزال تلك المواد الآنفة الذكر. كما أن البكتريا تساعد أيضاً على تآكل المواد الفلزية وخاصة الحديد والمنجنيز عن طريق تحفيزها لتفاعلات أكسدة واختزال تلك الفلزات.

أضرار الملوثات المائية

ليس هناك ما يعادل الماء أهمية لدى الإنسان وكافة المخلوقات ومع ذلك قد يكون مطية للأمراض المعدية ولهذا فإن صحة المجتمع تعتمد بشكل كبير بعدالله 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 احتوائها عليها بكميات غير كافية. ولقد أصبحت دراسات وأبحاث الأضرار الناجمة عن التلوث البيئي على كل من الإنسان وأشكال الحياة الأخرى وعلى الاقتصاد تشغل حيزاً ملحوظاً 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" وملوث وضار بالصحة" فالمسمى "نقي وصحي" وهو ماء خال من الشوائب والملوثات وغير ضار بالصحة أما المسمى "صحي" فهو ماء غير ضار بالصحة على الرغم من أنه غير نقي ويحتوي على بعض الشوائب أي أن محتواه الكيميائي والحيوي غير ضار بالصحة وأخيراً المسمى "ملوث وضار بالصحة" يعني أن الماء غير نقي ويحتوي على ملوثات ضارة بالصحة. ويتضح مما سبق أن الذي يحدد نقاوة المياه هو محتواها فيما إذا كانت تحتوي على مواد أم لا أما صحية المياه فتحدد عن طريق نوعية هذا المحتوى فيما إذا كان ضاراً بالصحة أم لا. ونظراً لعدم وجود مياه نقية في الطبيعة لذا يمكن تجاوز اعتبار أن الماء نقي إذا كان

محتواه غير ضار بالصحة وكان مقبولاً ذوقياً من حيث الطعم واللون والرائحة. فيما يلي سوف نناقش تأثيرات ملوثات المياه على كل من الإنسان والكائنات الحية المائية.

أولاً: تأثيرات ملوثات المياه على الإنسان

يبلغ معدل استهلاك الفرد البالغ من الماء القراح حوالي 1.5 لتر يومياً كما يبلغ مجموع السوائل التي يستهلكها كالحليب والماء المتواجد في الأطعمة التي يتناولها حوالي 3 لتر. وهذه الأرقام تبين مدى تأثير ملوثات المياه على الإنسان ويمكن تقسيم هذا التأثير إلى تأثير كيميائي وتأثير حيوي.

أ - تأثير الملوثات الكيميائية :

وهذا يشمل تأثير المواد الكيميائية العضوية وغير العضوية الذائبة في المياه.

١ - تأثير الملوثات الكيميائية غير العضوية

حمضية وقلوية المياه acidity and alkalinity

تزداد حمضية المياه عند احتوائها على مواد تحرر أيونات الهيدروجين مثل ثاني أوكسيد الكربون الحر أو احتوائها على الحموضة الضعيفة مثل حمض الفوسفوريك أو كبريتيد الهيدروجين أو البروتينات أو الحموضة الدهنية وكذلك بعض أيونات الفلزات الحمضية مثل أيون الحديد الثلاثي.

كما قد تعزى حموضة المياه وخاصة مياه المناجم إلى وجود الحموضة المعدنية مثل حمض الهيدروكلوريك وحمض الكبريتيك وغيرها.

ومن الناحية الأخرى تزداد قلوية المياه عند احتوائها على أيونات الهيدروكسيد أو أنيونات الحموض الضعيفة مثل الكربونات والبيكربونات والفوسفات والسيليكات ... الخ والتي تحرر أيونات الهيدروكسيد من الماء.

وحيث إنه من النادر تواجد أيونات الهيدروكسيد والفوسفات والسيليكات في المياه يكميات مؤثرة لذلك يمكن القول بأن قلوية المياه تعبر عن محتواها من الكربونات والبيكربونات.

ويتراوح الرقم الهيدروجيني للمياه الجوفية ما بين 5-8 تبعاً للمواد المذابة فيها إلا أنه عادة لا يحيد كثيراً عن 6 في المياه غير الملوثة. وقد يصل الرقم الهيدروجيني لمياه المطر إلى أقل من ٢ نتيجة لذوبان أكاسيد النتروجين والكبريت والكربون الموجودة في الغلاف الجوي في قطرات المطر مكونة حموض النتريك والكبريتيك والكربونيك كما أشرنا سابقاً. وعندما تلامس مياه المطر صخور القشرة الأرضية

تتفاعل هذه الحموض مع مكونات وتحولها إلى أملاح ذائبة في الماء وهذا ما أطلقنا عليه التربة الكيميائية.

وتتلخص المشاكل الناجمة عن الحموضة الزائدة للمياه في تأثيرها على الحيوانات المائية وخاصة الأسماك وفي زيادة عدوانية المياه التي تؤدي إلى تلف الأسنان وتآكل المعادن التي تصنع منها أنابيب نقل المياه وأواني حفظها وبالتالي ذوبان تلك المعادن السامة في مياه الشرب ولذلك لابد من معادلة المياه قبل تصريفها إلى الشبكة العامة بواسطة خلطها بهيدروكسيد الكالسيوم أو كربونات الكالسيوم حتى يتراوح رقمها الهيدروجيني بين 7-8.5 .

عسر الماء

الماء العسر هو الذي يحتوي على الكالسيوم والمغنسيوم ويسمىالماء الذي لا يحتوي على هذين العنصرين بالماء اليسر وهو أكثر عدوانية وضرراً من الماء العسر نظراً لأن الأول أكثر حمضية من الثاني ونقص وجود الكالسيوم في الماء قد يؤدي إلى ظهور مرض الكساح وعطب الأسنان خاصة لدى الأطفال أثناء فترة الحمل ومن ناحية أخرى فإن وجود كميات كبيرة من الكالسيوم والمغنيسيوم في الماء العسر قد يكون مسئولاً عن حدوث بعض الأمراض إلا أنه يوجد دليل قاطع على أن الماء اليسر أصح من الماء العسر.

إن استخدام الماء العسر الساخن في الغلايات وجميع الأواني والأدوات يؤدي إلى ترسب طبقات من كربونات الكالسيوم والمغنيسيوم على الأسطح الداخلية لتلك الأواني والأدوات مما يؤدي إلى زيادة استهلاك الطاقة والحاجة إلى تكرار الصيانة من وقت لآخر. ومن أهم مشاكل الماء العسر استهلاكه لكمية كبيرة من الصابون من حيث يتفاعل جزء من الصابون مع الكالسيوم والمغنيسيوم وينتج عن ذلك أملاح غير ذائبة (زبد) تسبب بعض المتاعب أثناء الغسيل وذلك بدلاً من استهلاك كل الصابون المضاف في إذابة الأوساخ والدهون ولهذا نحتاج إلى استخدام كميات كبيرة من الصابون مع الماء العسر للحصول على النظافة المطلوبة.

تأثير التلوث بالزئبق

سوف نناقش بشكل أكثر سمية كل من الزئبق والرصاص والكادميوم والزرنيخ وهي العناصر الأكثر سمية من بين العناصر. ويمكن القول أن الزئبق سام في حالته العنصرية الغازية وسام جداً في مركباته غير العضوية والعضوية إلا أنه غير سام في الحالة السائلة ومع ذلك يجب اعتباره ساماً وأخذ

الحذر والحيطة عند استعمال جميع مركبات الزئبق. ويؤدي التسمم بالزئبق إلى ضعف العضلات وضعف النظر والسمع وتلف الدماغ وربما الوفاة إذا كانت الكمية المتناولة عالية. ولقد عرف التلوث بالزئبق لأول مرة في اليابان عام ١٩٥٦م عندما توفي وأصيب العديد من الأشخاص نتيجة تناولهم أسماكاً ملوثة بالزبئق. وحدثت أسوأ كوارث التسمم بالزبئق في العراق عام 1972 حيث توفي 500 وأصيب حوالي 6500 شخص نتيجة تناولهم حبوب قمح ملوثة بمركبات الزئبق التي كانت تستعمل في السابق كمبيدات حشرية . ويعتبر الزئبق من أخطر الفلزات الملوثات للمياه بسبب سهولة تحوله إلى ميثيل الزئبق السام جداً والذي يتضاعف عبر السلسلة الغذائية البحرية ويتسبب في تسممها والتراكيز التي تزيد عن 1mg/kg لا توجد إلا في الأسماك المعمرة مثل سمك أبو سيف وأسماك التونة ولكنه من النادر أن يتعدى التركيز الطبيعي وهو 0.5 mg/kg إلا في منطقة مينا ماتا في اليابان فقد وصل تركيز الزئبق في الأسماك والرخويات إلى 20 mg/kg .

تأثير التلوث بالرصاص

لقد سبق وأن أشرنا إلى مصادر تلوث الهواء الجوي بالرصاص ولا شك أن ملوثات الهواء والتربة تنتقل إلى الماء. ويوجد الرصاص في الصخور على شكل PbS أو ما يعرف بمعدن الجالينا وأثناء التعرية يذوب في الماء على هيئة Pbs^{2+} ويعتمد ذلك على التركيب الكيميائي للمياه وحمضيتها فعند ارتفاع الرقم الهيدروجيني للمياه فقد يترسب الرصاص على هيئة هيدروكسيد أو فوسفات أو كربونات إضافة إلى إمكانية تكوين الرصاص معقدات مع بعض المركبات العضوية. ومن ضمن مصادر الرصاص مخلفات صناعة التعدين وخاصة تعدين الرصاص وسمكرته وكذلك أعمال السباكة إذ وصل تركيزه في مياه الصنابير في بعض الأحيان إلى أكثر من 100ug/1 ومياه الشوارع المنسابة إلى المياه الطبيعية تحتوي على نسبة عالية من الرصاص. وسوف نتطرق إلى أضرار الرصاص بشكل مفصل إن شاء الله.

تأثير التلوث بالعناصر الأخرى

الحديد والمنجيز والصوديوم والبوتاسيوم والزنك والنحاس وبعض العناصر الأخرى لازمة للحياة كما رأينا سابقاً إلا أن وجودها بكميات كبيرة قد يصبح ضارا وخاصة لدى الأطفال وبعض النباتات والمواد كالملابس . ولا يوجد دليل قاطع على ضرر الألومنيوم على صحة الإنسان إلا أن الأواني والأنابيب المصنوع منه غير صالحة لحفظ أو نقل المياه نظراً للترسب وبالتالي تراكم بعض الفلزات مثل النحاس على أسطح تلك الأواني والأنابيب. أما الكادميوم فهو من العناصر الضارة بالإنسان حيث يؤثر على العظام

ويضعفها ويؤدي إلى تحللها كما يؤدي إلى تلف الكلى وارتفاع ضغط الدم ويقلل عدد كريات الدم الحمراء . كما يجب أن يكون الماء خالياً من الزرنيخ والرصاص ومركبات السيلينيوم نظراً لسميتها العالية. وتجدر الإشارة إلى أن وجود المواد العالقة غير العضوية في المياه مثل حبيبات الرمل وغيرها قد تؤدي إلى النزلات المعوية والإسهال.

ولتفاعلات التعقيد التي تحدث في المياه الطبيعية أهمية خاصة حيث إن تفاعل اللواقط ligands وخاصة العضوية منها مع أيونات الفلزات الذائبة في المياه قد يؤدي إلى ذوبان فلز ما تحت ظروف يستبعد فيها ذوبانه أو على العكس قد يترسب في ظروف يستبعد فيها ترسبه . ومن أهم اللواقط التي قد تتواجد في المياه بفعل النشاط البشري الحموض الأمنية والـ EDTA والسترات Citrate وعديدات الفوسفات Polyph والسيانيد والكلوريد وحمض الـ humic acid وغيرها. وهذه اللواقط تدخل إلى المياه الطبيعية ضمن مخلفات الصناعات المتعددة مثل صناعةالأغذية وصناعة المنظفات والدهانات وغيرها. وهناك الكثير من المشاكل التي يسببها تواجد هذه اللواقط في المياه منها أن إمرار هذه المياه عبر أنابيب معدنية سيساعد على ذوبان الفلزات المكونة لمادة هذه الأنابيب، ويحدث الشيء نفسه في الخزانات والأواني التي تخزن فيها هذه المياه. كما أن الفلزات المعقدة يكون من الصعب إزالتها أثناء عملية تنقية المياه.

تأثير العناصر المشعة

القول أن خطورة هذا النوع من التلوث تمكن في إنه يصعب إزالته كما أن تأثيره على الإنسان لا يظهر مباشرة أو بعد زمن قصير كما هو الحال في أنواع التلوث الأخرى وإنما يتضح بعد زمن طويل جداً عندها يكون الوقت متأخراً لمكافحته. ومصدر العناصر المشعة المتواجدة ومصانع ومحطات توليد الطاقة النووية وإنتاج الأسلحة النووية. ونسمع من وقت لآخر في الأخبار عن الكوارث الناجمة عن تسرب الإشعاع النووي من تلك المصانع والمحطات في بعض البلدان الصناعية كحادثة تشرنوبل. ومن أشهر العناصر المشعةنظير البوتاسيوم الذي يتواجد في النباتات وكذلك الراديوم واليورانيوم الموجودان في العديد من خامات القشرة الأرضية والكربون 14 والهيدروجين 3 اللذان ينتجان بفعل الأشعةالكونية وينتقلان مع مياه المطر إلى النباتات وتنتشر كثير من المواد المشعةفي مختلف أنواع المياه،ويعتمد ذلك على نوع ومصدر المياه فمياه البحار تحتوي على أعلى تركيز لمادة بوتاسيوم ٤٠ (٣٠٠ ميكروكوري في اللتر) أما مياه النافورات فتزداد فيها نسبة الراديون بينما المياه الجوفية بأمريكا تحتوي على أعلى نسبة (٣٧ ميكروكوري في اللتر من الراديو ٢٢٦.

تأثير التلوث بالأنيونات

لقد أشرنا سابقاً إلى أن الكميات الكبيرة من النترات قد تسبب للأطفال حديثي الولادة مرض الزرقة وبعض الاضطرابات المعدية والمعوية والتعب والإعياء الذي ربما يؤدي إلى الوفاة إن لم يعالج في الوقت المناسب. ولذا يجب التأكد من عدم احتواء الماء والحليب الذي يعطى للأطفال الرضع على كميات كبيرة من النترات.

السيليكات التي لا يوجد دليل على تأثيرها على صحة الإنسان تتواجد عادة في المياه الطبيعية كمعلقات (SiO_2) مما يؤدي إلى تكون ترسبات سيليكية في الغلايات. ويحتوي الماء العسر على كمية من السيليكات أكثر من الماء اليسر. أما كمية الفلورايد في المياه السطحية فعادة قليلة جداً مقارنة بالمياه الجوفية وترجع أهمية الفلور إلى أنه يستعمل في مياه الشرب كمانع لتسوس وتلف الأسنان إلا أن وجوده بكميات كبيرة قد يؤدي إلى تلف العظام والأسنان كما سنرى في الفصل الخامس . واليود ضروري لعمل الغدة الدرقية ونقصه يؤدي إلى خلل في عمل تلك الغدة وتضخمها. ويوجد اليود بكميات ضئيلة في المياه ومحتوى المياه الجوفية منه أحياناً أكثر من المياه السطحية . أما السيانيد فسام جداً ويتسرب إلى المياه عادة مع النفايات الصناعية حيث يستخدم في تنظيف المعادن وفي عمليات الطلاء الكهربائي.. الخ أما الكبريتات فوجودها بكميات كبيرة قد يؤدي إلى حدوث اضطرابات معوية ومعدية.

٢ - تأثير التلوث بالمواد العضوية :

المواد العضوية المتواجدة في المياه المعالجة ليست ضارة صحياً طالما أنه لا يوجد معها أي بكتريا أو عوامل سامةأخرى إلا أنه يجب التخلص منها أثناء عمليات التنقية نظراً لأنها تضفي على الماء رائحة وطعماً غير مستساغين وخاصة الفينولات التي تتحول أثناء عملية كلورة المياه إلى كلوريدات فينولية ذات طعم غير مستحب.

كثير من المبيدات كما أشرنا سابقاً سامة وبعضها غير قابل للتحلل الحيوي وهنا تكمن خطورتها كما أن المبيدات الفوسفورية مثلها مثل المنظفات تمد المياه بعنصر الفوسفور ذي الأثر الضار كما سنرى فيما بعد .

تتفاوت خواص النفط الخام ومنتجاته تفاوتاً كبيراً إلا أن هناك بعض الخواص العامة حيث ينتج عن هذه المواد غازات غير مرئية قابلة للاشتعال وأثقل من الهواء تسبب التخدير أو الاختناق نتيجة لتقليلها لمستوى الأوكسجين أما المنتجات البترولية السائلة خاصة البنزين والكيروسين فهي سامة ومركبات الـ

Polychlorinated biphenyls (PCBs) تستخدم كسوائل تبريد في بعض المعدات مثل المحولات نظراً لثابتها الحراري وخمولها وثابت عزلها العالي وهذه الخواص أيضاً جعلتها مفيدة في الكثير من التطبيقات ومن أخطر مضارها أنها قد تسبب العقم لدى بعض الحيوانات أما المركبات الـ Polychlorinated biphenyl(PBBCS) و التي تستخدم في إطفاء الحرائق فتسبب بعض المشاكل الصحية للإنسان مثل إضعاف المناعة وخلل في الكبد والجلد والصداع.

ب- تأثير الملوثات الحيوية

إن من أهم الأخطار التي تواجه المياه هو تلوثها بأنواع البكتيريا المختلفة المسببة للأمراض مثل البكتيريا والكوليرا والدوزنطاريا وغيرها. كما أن تناول المياه التي تحتوي على الطحالب وبعض الكائنات النباتية الدقيقة قد يؤدي إلى اضطرابات معدية وإسهال وهذا ما يعرف بالتسمم الطحلبي. والمعروف أن الفيروسات تسيب العديد من الأمراض للإنسان وأهم الأمراض الفيروسية التي تنتقل بواسطة المياه شلل الأطفال والتهاب الكبد الوبائي . كذلك المياه الملوثة على العديد من الديدان االطفيلية المتنوعة التي إذا تناولها الإنسان مع الماء تسبب له العديد من الأمراض المعدية والمعوية وخير مثال على ذلك مرض البلهارسيا .

وهناك أنواع من البكتريا كما أشرنا سابقاً تعتبر عوامل مؤكسدة سواء في وجود الأوكسجين aerobic bacteria أو في عدم وجود الأوكسجين anaerobic bacteria وبعضها الآخر تمتلك خواص اختزالية. ومن خلال هذه التفاعلات فإن البكتريا تساعد على تآكل المعادن وفي بعض الأحيان تحول مواد غير سامة إلى مواد سامة.

ثانياً : تأثير التلوث على الكائنات الحية

نتيجة للنمو الصناعي والسكاني الهائل فإن حجم النفايات والمخلفات التي ترمي في مياه المحيطات والأنهار في ازدياد كبير نظراً لقلة تكلفة هذا الإجراء الذي يمثل خطراً جسيماً على البيئة البحرية. فقد أقفلت العديد من الشواطئ أمام المتنزهين وماتت الحياة في العديد من أنهار وبحار البلدان الصناعية وصارت المياه الآسنة تزكم الأنوف مما يهدد صحة الإنسان واقتصاده .

وتعتبر البحيرات الراكدة والمجاري المائية البطيئة التيار من أكثر البيئات المائية تأثراً بزيادة المواد المعدنية الغذية للطحالب مثل المواد النتروجينية والفوسفور الذي يأتي غالباً من المنظفات حيث يؤدي وجود هذه المواد إلى زيادة نمو الطحالب والنباتات البحرية إلى درجة تقود في النهاية إلى موت الكائنات الحية

ويطلق على هذه الظاهرة اضطراد النمو البيولوجي وتؤدي إلى تكون طبقة طحلبية تغطي سطح الماء وتؤثر بالتالي على نوعية المياه حيث لا يتمكن كل من الأوكسجين وأشعة الشمس من اختراق هذه الطبقة مما يؤدي إلى اختناق الحياة أسفلها. وتبدأ الطحالب بالتحلل أسفل هذه الطبقة منتجة مواد سامة ومستهلكة الأوكسجين الذائب مما يؤدي إلى تغير لون وطعم ورائحة تلك المياه وبالتالي انتشار الأمراض والأوبئة.

إن تصريف المياه الحارة الخارجة من محطات توليد الكهرباء والمصانع التي تحتاج إلى تبريد في المياه الطبيعية يؤدي إلى تدني مستوى الأوكسجين الذائب (يقلل ذوبان الأوكسجين أي يتطاير بارتفاع درجة الحرارة) وفي نفس الوقت تزداد الحاجة له بسبب زيادة معدل العمليات الحيوية للكائنات الحية عند درجات الحرارة العالية وهذا يؤثر على معدل تأكسد وتحلل المواد العضوية المتواجدة في المياه وبالتالي إبادة العديد من الكائنات الحية المائية وهذا ما يعرف بالتلوث الحراري. كما أن ارتفاع درجة حرارة المياه يساعد على نمو بعض أنواع الطحالب السامة التي تضفي على المياه طعماً سيئاً ورائحة نتنة.

لقد بدأ العالم الآن يصحوا بخطوات وئيدة على الصيحات التي يطلقها المنادون بالمحافظة على البيئة وانتشرت جمعيات ومؤسسات المحافظة على البيئةفي كل مكان في العالم وسنت القوانين التي تحرم على الشركات والمصانع المختلفة رمي مخلفاتها في المياه الطبيعية أو في الصرف الصحي إلا بعد معالجتها وإزالة الخطر منها كما شيدت محطات معالجة مياه الصرف الصحي ومحطات تنقية المياه في معظم مدن العالم ووضعت مواصفات المياه للأغراض المختلفة وأهمها مياه الشرب لحماية صحة واقتصاد الإنسان."

الفصل الرابع : التأثيرات الفيزيائية والكيميائية والتبريد والأكسدة للمياه

آثار الملوثات المائية :

التأثيرات الفيزيائية :

١ - تأثير المواد الصلبة :

تصل إلى المياه العذبة ومياه سواحل البحار أنواع كثيرة من المواد الصلبة والتي تطفو في الماء في بعض الأحيان وبعضها ينزل إلى القاع وهي إما مخلفات معدنية أو بقايا المناجم أو جسيمات عضوية دقيقة غير قابلة للانحلال في الماء وعادة ما تمنع التفكك الحيوي وبصورة بطيئة وبالتالي تسبب نقصاً في الأوكسجين المنحل في الماء كما أن هذه الجسيمات تمنع النباتات التي تعيش في المياه أو على ضفاف الماء من التمثيل الضوئي لحجبها أشعة الشمس كما أنها تمنع تطور بيض بعض أنواع من الأسماك أو حتى يمنع بقاء بعض اللا فقريات من العيش . أما الجسيمات الدقيقة والمعلقة فتسبب عكارة الماء وبالتالي صعوبة بعض الحيوانات المائية من التقاط غذائها لأن الرؤية قليلة . كما تنخفض قدرة الحيوانات اللا فقرية من التنفس . بذلك فالتأثيرات الفيزيائية تحدث خللاً في توازن النظام البيئية وبالتالي سوف تتأثر أعداد الحيوانات المائية بهذه التأثيرات ويمكن السماح لهذه الجسيمات أن تكون ٣٠غ/م٣ وما زاد عن ذلك فيعتبر تلوثاً بيئياً للمياه وعكارة .

٢ - تأثيرات مياه التبريد :

وهي المياه الساخنة والناتجة عن بعض مولدات الكهرباء وبعض المصانع وتصرف هذه المياه في المياه المفتوحة مباشرة كالأنهار والبحيرات وبالتالي يعرف هذا التلوث بالتلوث الحراري . فبعض الأسماك تموت عند درجة حرارة ٢٥م بينما بعضها يتحمل درجة حرارة مياه إلى ٣٥ وبعض النباتات تتأثر في نموها نتيجة الحرارة الزائدة وحتى الطحالب تتناقص كمياتها إذا زادت الحرارة . وتأثير الحرارة في الصيف أكثر منه في الشتاء وكذلك المياه الجارية بسرعة أقل تأثيراً كذلك فإن الحرارة تنقّص نسبة الأوكسجين المشبع في الماء وبعض المواد الكيميائية السامّة تزيد سميتها عند ارتفاع درجة حرارة الماء وأفضل الدرجات التي يمكن أن تُصرَّف المياه الساخنة فيها هي ٢٠ . ويمكن تلخيص بعض آثار ارتفاع درجة حرارة المياه إلى التالي :

١ - نقص الأوكسجين المنحل في الماء .

٢ - الحد من تناسل الأحياء المائية .

٣ - الموت للأحياء الموجودة في المياه كالأسماك .

٤ - موت الطحالب .

٥ - قتل الأحياء الدقيقة الموجودة بالمياه كالجراثيم المفيدة .

٣ - تأثير المواد الزيتية :

هناك زيوت بترولية وشحوم ودهون إذا دخلت المياه السطحية سواء الأنهار والبحيرات وجداول المياه العذبة تكون هذه المواد مواد ملوثة للمياه .

وتصل هذه الزيوت إلى المياه عن طريق الملوثات الصناعية أو منتجات النفط من المصافي أو انسكابها من السفن والشاحنات والحاوية على هذه الزيوت والشحوم وكذلك ما يرمى على الأرض وعند هطول الأمطار توصل هذه الزيوت إلى الماء . تمنع هذه الزيوت عندما تطفو على سطح المياه من التبادل لأوكسجين الماء مع الجو الخارجي حيث تشكل طبقة ثخينة فوق سطح الماء وموت بعض الطيور التي تعتمد على الغوص في الماء لتأكل الأسماك وكذلك بعض الحيوانات البحرية التي تحتاج أن تتنفس بين الحين والآخر . وأخيراً فإن هذه الزيوت سوف تصل إلى شواطئ هذه البحار والأنهار وتمنع من التمتع بالجلوس والسباحة في تلك الشواطئ .

٣ - تأثيرات الأكسدة (الكيميائية) :

هناك نوعان من الأكسدة وهي إما أكسدة حيوية (أكسدة بكتيريا) وهي تؤثر على المواد العضوية والثاني هي أكسدة كيميائية للملوثات الموجودة في النفايات الصناعية وكل النوعين يؤثر على نسبة الأوكسجين في الماء (تقلل الأوكسجين في الماء) فمثلاً أكسدة الكبريتيد إلى كبريتات بواسطة دورة الكبريت هي في الواقع أكسدة بكتيرية . وعندما تنعدم الأكسدة البكتيرية تبدأ عمل الأكسدة الكيميائية . ومثال على الأكسدة الكيميائية مياه المناجم وأكداس الخردة إلى مجاري المياه والأنهار وهذه المياه تحتوي على كبريتات الحديد وكربونات هيدروجين الحديد وعند تأكسد أملاح الحديد تتحول إلى هيدروكسيد الحديد وهذه تسبب تسمم للحياة المائية .

٥ - التأثيرات السميّة الكيميائية :

تزداد المياه بالأملاح نتيجة لاستخدامها سواء في المنازل والمصانع أوالزراعة للري وهذه الأملاح تختلف في سميتها ومنها أملاح الفوسفات والنيتروجين (نترات الأسمدة الكيميائية مخلفات المصانع والري).

المواد الكيميائية سواء منها العضوية أو غير العضوية تعتبر سامة للنبات والحيوان والإنسان والطبيعة بصورة عامة إذا زادت عن معدلات معينة. ونطلق على المواد سامة لأنها تحدث ضرراً أو أذى أو حتى موتاً للكائنات الحية وبعض المواد تعتبر سامة لأنها تتركز في أنسجة الأحياء وتتجمع ولا يمكن للجسم التخلص منها وإذا كثرت هذه المواد السامة في الجسم يمكن أن تظهر بعض الأمراض أو حتى الموت للكائن الحي وهناك جداول ونسب تعرف بالحد الأقصى للمواد التي يجب أن تحتوي عليها المياه والتي تعتبر لا تضر بالأحياء إذا ما أخذت بهذه النسب والمقررة من منظمة الصحة العالمية لمياه الشرب

والمواد السامة يمكن أن نجعلها في أربعة أجزاء :

I - القلويات والأحماض .

II - المبيدات الحشرية .

ج - المعادن .

د - الأملاح .

وأمثلة كثيرة عن السميّة الكيميائية والتي حصلت في اليابان بعد أكل أسماك ملوثة بالكادميوم والزئبق.

وأكثر أعضاء الجسم تأثراً بالسموم هي الكلى والكبد والمخ والأعصاب ونحن نعلم أن تأثير المواد السامة يعتمد على عمر الشخص وكمية المادة السامة التي أخذت وتركيزها والعضو الذي يتأثر بتلك المادة .

٦ - تأثيرات المغذيات الكيميائية :

تجديد الخلايا والنمو في الكائنات الحية يحتاج إلى مواد معينة مثل (النيتروجين والفسفور) الحيوانات والنباتات تحتاج إلى مواد للمحافظة على نموها وتجديد خلاياها ومن أهم هذه المواد هي النيتروجين (نترات) والفوسفات ولكن هذه المغذيات إذا كثرت في البحيرات نتيجة التفكك الحيوي للمادة العضوية الميتة وخاصة كثرة الطحالب التي تسبب كثرة المواد المغذية وبالتالي تكون هذه المغذيات أكثر وفرة من قدرة الحيوانات على استهلاكها فيؤدي إلى موت كثير من الطحالب فتترسب في قاع البحيرة وهنا تصبح لدينا حالة العجز الطبيعي فتتحول مياه البحيرة غير مناسبة للشرب حيث إنها تسبب أمراضاً وبالإضافة إلى نقص الأوكسجين في هذه المياه .

الفصل الخامس : تأثير الكائنات الحية والإشعاع على تلوث المياه (مع الأمثلة)

١ - تأثيرات الكائنات الحية الدقيقة : (باختصار)

من أخطر الملوثات التي تصيب المياه هي الأحياء الدقيقة كالبكتيريا التي تسبب الأمراض المختلفة للإنسان ومن ضمن هذه البكتيريا المسبب للأمراض هي التيفوئيد والكوليرا والدزنطاريا وكثير من الأمراض . كما أن بعض الطحالب والكائنات النباتية الدقيقة تؤدي إلى اضطرابات معوية وإسهال وهذا ما يسمى بالتسمم الطحلبي . والفيروسات أيضاً تنتقل بواسطة المياه كشلل الأطفال والتهاب الكبد الوبائي . وهناك أمراض طفيلية يمكن أن تنتقل للإنسان بواسطة الجلد كالبلهارسيا .

تأثير الكائنات الحية الدقيقة

"وتقدير تلوث المياه بالأحياء الدقيقة يعتمد بصورة رئيسة على تقدير وكمية العوالق النباتية فمثلاً تتميز الأنهار الاستوائية بظاهرة الطباقة الاستوائية والتي تعزى أساساً إلى زيادة عمق الماء وانخفاض سرعة جريان المياه. وظاهرة الطباقة الحرارية يعني تكون مياه النهر من طبقات فوق بعضها وتختلف كل طبقة في درجة حرارتها عن الأخرى وكذلك تختلف كل طبقة في خواصها الكيميائية عن الأخرى وكذلك اختلاف الكلورفيل من طبقة إلى أخرى واختلاف درجات الحرارة في طبقات المياه ينعكس على الحياة البيولوجية فمثلاً في المناطق المعتدلة طوال السنة مياه الطحالب تكون مستمرة وتتشابه طوال العام بينما في المناطق التي تختلف فيها فصول السنة فالطحالب تتغير فصلياً . وبسبب ثبات درجة الحرارة العالية في الأنهار الاستوائية على مدار السنة فإن تلك الحرارة تكون خالية من الأحياء المائية الدقيقة التي تعيش في المياه الباردة مثل Bodo Caudastus) (بودو كواتس) وتعيش في تلك الأنهار الحيوانات المائية المجهرية التي تعيش في المياه الدافئة مثل Paramocion Caudatum براموسيم كوداتوم والأحياء الدقيقة التي تتحمل الحرارة العالية مثل (Aspidisca lynceus) اسبيداسكا لينسيوز.

وتختلف الصورة كثيراً بالنسبة للأحياء النباتية الدقيقة وذلك بسبب تفاوت حساسية كثير من الطحالب بالنسبة لدرجات الحرارة أو كثافة الضوء فهناك طحالب حساسة للتغير في درجات الحرارة وأخرى ذات حساسية بالنسبة للضوء في الماء . وعكارة المياه تؤثرعلى حياة الأحياء الطاغية والعوالق ويعزى نقص العوالق إلى نقص الغذاء وخاصة الكبريت في الماء وفي المياه شديدة العكارة لاينفذ الضوء إلى الأجزاء العميقة في الماء وبالتالي لا تحدث عمليات البناء الضوئي في النبات إلا في النطاقات القريبة من السطح ويشكل التركيب الكيميائي للماء ونوع الأملاح العالية فيه، العامل الرئيس في معدلات نمو

الطحالب والجدير بالذكر أن أيون الكبريتات هو العامل الفعال في نمو الطحالب في الماء وفي جميع الحالات يقل تركيز الأيونات غير العضوية في الماء في فصل الأمطار ومن ثم يقل معدل نمو الطحالب .
ويزيد تركيز تلك الأيونات في الفصول الجافة وبالتالي يزيد معدل نمو الطحالب مما يعني تغير معدل نمو الطحالب مع فصول السنة. ويمكن استخدام وجود الطحالب مؤشراً على تلوث المياه بالكائنات الحية لكن يجب الأخذ بعين الاعتبار الظروف غير الكيميائية للمياه في أثناء جمع العينات المائية لتقدير درجة تلوثها بالأحياء الدقيقة (البكتريا والطحالب).
وهناك عوامل تؤثر على زيادة أو نقصان الأحياء الدقيقة في مصادر المياه منها:

١ - شدة تيار وجريان المياه.
٢ - تركيز الحديد.
٣ - تركيز أملاح النترات.
٤ - درجة الحرارة.

فنحن نعلم أن درجة حرارة المياه لها تأثير مباشر في نمو بعض أجناس البكتريا والطحالب فهناك أنواع من الطحالب تزدهر وتنمو في درجات حرارة منخفضة وتركيز عال من الأوكسجين الذائب بالماء مثل جنس انكانثو ميداتسيما (Ancanthes minatissima) وأجناس تنمو وتزدهر في وجود تركيزات عالية من المواد العضوية ودرجات حرارة عالية مثل جنس نتشازيا اويتوزا (Nitzchia Obtuse) وهناك أجناس تنمو وتزدهر في وجود تركيزات عالية من المواد العضوية ودرجات حرارة منخفضة مثل جنس سنيدرا اولنا (Synedra Olina) .
وهناك أجناس تنمو وتزدهر في وجود نسبة عالية من الأوكسجين الذائب في الماء وكمية قليلة من المواد العضوية في الماء مثل جنس كومفونيما سفيروفوريوم). وهناك أجناس ننمو وتزدهر في درجات حرارة عالية مثل جنس كالونسي سليكولا (Caloneis Silicula) وهناك أجناس تنمو وتزدهر في درجات حرارة منخفضة مثل جنس اكانثا سكسيجنيا (Acamhes exigna) . وهناك أجناس تؤثر على نموها الحرارة سلبياً مثل جنس سباير وكيروا (Spirogyrossp) شدة التيار وجريات المياه تؤثر على بعض الطحالب سلبياً مثل جنس كولينيس سليكولا (Coloneis Silicula) .
وهناك أنواع طحالب تنمو وتزدهر في وجود تراكيز عاليةمن النترات سمبيلا مكروسيفالا (Cymbellamicroephala) وهناك أجناس تنمو وتزدهر في تراكيزات منخفضة من أملاح النترات الذائبة في الماء مثل سايلكوتيلا منيفنيانا (Cyclotella meneghiniana) وهناك أجناس من الطحالب تنمو وتزدهر في تركيز منخفض من أملاح الحديد والحديديك في الماء مثل جنس (Navicla Pygmeae) سافيكولا بكميا.

وقد ذكر في السابق أن وجود أعداد من الطحالب يرتبط ارتباطاً وثيقاً بأحوال الفيزيوكيميائية للمياه عموماً فمثلاً زيادة مياه صرف المناجم أي زيادة الرقم الهيدروجيني وهي زيادة مكون المياه قد تزيد من كمية الطحالب في الماء.

يمكن تقسيم المياه إلى قسمين إما نقية وتوجد فيها بعض أجناس الأحياء الدقيقة مثل باندورورينا Paradorina وجنس أودورينا Edudorina وجنس فولفكس Volvox ولا تحتوي هذه المياه على أحياء هدبية Ciliates .

أما المياه الملونة فيوجد فيها الأحياء الدقيقة التالية مثل جنس بكياتوا Beggiatoa وجنس أوسلييا توريا Oscillatioria والقيتاز الهيديباتت Cillates نحن نعرف أن كثير من الأمراض تنتقل بواسطة المياه الملوثة بهذه الجراثيم والديدان فمثلاً مياه المستنقعات والبرك والأنهار ممكن أن تكون مصدراً لأمراض معدية وجسيمة كالبهارسيا والدزنتاريا وهناك أسماك وقواقع تكون هي مصدر الأمراض فكثير من القواقع تجمع في أجسامها كثيراً من الطحالب السامة وكثير من الأسماك أيضاً تجمع في أجسامها كثيراً من الطحالب أو المعادن السامة فعند تناول هذه الأسماك والقواقع والمحاور من قبل الإنسان والحيوان فإن هذه الأمراض تنتقل له وخاصة بعض المعادن السامة."

٢ - تأثيرات الإشعاع الذري :

إذا تلوث الماء في مواد مشعة فإنه يسبب الأمراض كالسرطان والأورام الخبيثة الأخرى ويعتمد التلوث الإشعاعي على نوع الإشعاع وكميته التي دخلت جسم المياه . والإشعاعات قد تأتي طبيعية من الأرض والصخور أو من مخلفات المستشفيات والمختبرات والسفن التي تستعمل الطاقة الذرية والتجارب النووية . من أشهر الحوادث هو انفجار مولد الكهرباء شرنوبل في روسيا والذي لوث مياه المزروعات بالإشعاع ومن أشهر المواد المشعة نظير البوتاسيوم والراديوم واليورانيوم والكربون ١٤ والهيدروجين ٣ .

٣ - أمثلة على التلوث

(١) حادثة سفينة توري كانيون في عام ١٩٦٧ في القنال الإنجليزي وتسرب فيها نحو ١٢٠ ألف طن من النفط الخام رغم كل الإجراءات التي اتخذت للتقليل من آثار الحادثة فقد أودت بحياة عشرات الآلاف من الطيور وإغلاق الشواطئ أمام السواح مما تسبب بخسائر كبيرة.

(٢) انفجار مفاعل شارنوبيل بالاتحاد السوفيتي عام ١٩٨٦م وقد تسبب عنه تهديد جميع المناطق المحيطة وجميع أوروبا وبلاد آسيا حيث أثر على المياه والتربة والهواء حيث تتراكم الملوثات وتنتقل

من أماكن مصدرها مع الهواء إلى المناطق البعيدة عبر الحدود التي انبعثت منها وتسقط مع الأمطار مسببة تلوث مياه الأنهار والبحيرات والتربة .

(٣) تحطم سفينة أكسون في خليج اللاسكا مما تسبب في موت كبير للأسماك والطيور. ومن حوادث تلوث المياه ناقلات النفط والتي تحمل ملايين الأطنان سنوياً من النفط عبر المحيطات والبحار إلى مختلف.

(وبالتفصيل)

" إن أهم التحديات التي تواجه البيئة الخليجية هي التلوث البحري فالخليج العربي بحر شبه مغلق ضحل قليل العمق حيث يتراوح عمقه بين ٣٥ -١٠٠متر اذا ما قيس بالبحار الأخرى ويبلغ طوله ١٠٠٠كليو متر ويتراوح عرضه بين ٢٥٠ كليو متر إلى ٦٠ كليو متر عند مضيق هرمز . وحيث إن معدلات التبخر عالية في الخليج فإن الملحوحة نتيجة لذلك مرتفعة وتصل إلى ٤٪ في مياهه التي تقدر بحوالي ٨٥٠٠ كليو متر مكعب.

ولقد شهدت منطقة الخليج العربي مع عصر النفط استقطابا بشريا تزايد بشكل مطرد مع رغبة دول المنطقة في إقامة تنمية صناعية تشمل معامل تكرير النفط والمصانع البتروكيميائية ومحطات توليد الطاقة الكهربائية ومحطات تحلية المياه ومحطات معالجة الصرف الصحي و الصناعات الأولية والثانوية . ويؤكد خبراء البيئة أن منطقة الخليج وهي تبني صناعة شاملة وبتروكيميائية بالدرجة الأولى إلى جانب تنقيب واستخراج و تصدير النفط والغاز تواجه أخطارا بيئية كبيرة وستتفاقم هذه المشكلة إذا تقاعست دول هذه المنطقة في مكافحة التلوث . فالأرقام التي سجلها حجم التلوث البترولي و الصناعي في مياه وهواء الخليج بلغت معدلات عالية .

ان النمو السكاني السريع الذي شهدته منطقة الخليج العربي جعل هذة المنطقة والتي تعاني من ندرة مياه الشرب والزراعة تلجأ لتحلية مياه الخليج كمصدر رئيس ودائم للماء مما سبب بعض المشاكل البيئية كما سنرى , إلا أن أخطر ملوث لبيئة الخليج عامة هو هذه النعمة التي أنعم بها الله على دول الخليج ألا وهي النفط ولا أحد يجهل أخطار هذا النوع من التلوث على البيئة البحرية والمناطق الساحلية .

مصادر التلوث في منطقة الخليج العربي

النفط

يعتبر التلوث البحري بالنفط من أهم المشكلات التي تواجهها دول الخليج العربي نظراً لما تفرزه حركة النقل البحري الكثيفة من مخاطر على البيئة البحرية، إضافة إلى الأنشطة الصناعية النفطية المختلفة . ويعد النفط من أهم مصادر الطاقة في العالم. والنفط الخام عبارة عن خليط من المركبات الهيدروكربونية ومركبات أخرى مثل مركبات الكبريت والفاناديوم التي قد تصل نسبتها إلى ٢٥ ٪ ويختلف تركيب النفط الخام من مكان إلى آخر بل من بئر إلى أخرى في نفس المكان فمنه الخفيف الذي يحتوي على كميات قليلة من الكبريت والقار والشمع ومنه الثقيل الذي يحتاج إلى التسخين عند ضخه في الأنابيب. وأثناء تكرير النفط يتم فصله إلى عدة مكونات مثل الغازات النفطية والجازولين الخفيف والبنزين (وهذه تستعمل أساساً كوقود في وسائل النقل المختلفة) والنافثان (الذي يعتبر المصدر الأول للصناعات البترو كيميائية) والكيروسين والديزل والفضلات التي تستخدم في رصف الطرق.

ويعد تلوث المياه بالنفط من أخطر أنواع التلوث التي تتعرض لها مياه البحار والمحيطات وخاصة المياه الساحلية وقد زادت مخاطر التلوث بالبترول مع زيادة استخراجه من الآبار البحرية التي تمثل نحو 20 ٪ من الإنتاج العالمي للبترول، ثم لزيادة حركة نقل النفط من خلال الناقلات العملاقة التي تجوب البحار والمحيطات والممرات والقنوات المائية. ويعتبر النفط مسئولاً عن ٢٢٪ من تلوث مياه الخليج العربي بينما لا تزيد النسبة عن 4.4 ٪ في المسطحات المائية الأخرى حول العالم . وسوف نستعرض فيما يلي وبشكل مختصر أشكال ومضار هذا النوع من التلوث.

أولاً : تسربات النفط

قد يتسرب النفط من السفن إلى الخليج بشكل غير معتمد نتيجة الحوادث البحرية التي تحدث نتيجة التصادم أو جنوحها أو تعرضها للعواصف وغير ذلك مما يسبب غرق بعض السفن أو اضطرارها لتفرغ جزء من حمولتها لأي سبب من الأسباب (جدول ٥). وقد يكون تلويث المياه بالبترول نتيجة تسربه من أنابيب الحفر أو خطوط أنابيب البترول، أو نتيجة تسرب النفط من الخزانات المغمورة أو الطافية ، أو من الآبار تحت السطحية إلى خطوط الأنابيب الأرضية، بالإضافة إلى التسرب أثناء تحميل وتفريغ الناقلات حيث يوجد 25 ميناء نفطياً على الخليج العربي كما أن حوالي 30 ٪ من زيت الخليج ينقل بواسطة الناقلات.

جدول (٥) تسربات النفط في الخليج العربي من جراء الحوادث والكوارث خلال الفترة ١٩٦٦ -١٩٩١م

موقع الكارثة		العام	كمية النفط المتسرب (طن)
أم سعيد	قطر	1966	13000
خليج تاروت	السعودية	190	14000
جزيرة لافان	إيران	1971	14000
رأس تنورة	السعودية	1972	70
دبي	الإمارات	1972	99
خليج عمان		1972	115000
ميناء الأحمدي	الكويت	1974	205
ميناء سعود	السعودية	1974	5000
الخفجي	السعودية	1974	1000
بندر شاخبور	إيران	1974	160
عبدان	إيران	1978	لم يقدر
مصب شط العرب		1978	لم يقدر
جزيرة أبو على	السعودية	1979	لم يقدر
كزخستان	إيران	1979	66
رأس تنورة	السعودية	1979	111
غرب البحرين		1980	2750
عبدان	إيران	1980	لم يقدر
حقل الحصبة	السعودية	1980	12500
خور الأمية والفاو	العراق	1980	لم يقدر
ميناء الأحمدي	الكويت	1982	لم يقدر
جزيرة خرج		1983-1985	250000

تابع جدول (٥)

موقع الكارثة	العام	كمية النفط المتسرب (طن)
دبي الإمارات	1987	11000
السفانية السعودية	1987	110000
حقول النفط الإيرانية	1988	لم يقدر
مضيق هرمز	1988	لم يقدر
حرب الخليج الثانية	1991	1600000

وتتركز أكبر حقول النفط في العالم في الخليج العربي على الرغم من مساحته المحدودة. ويأتي نصف إنتاج نفط منطقة الخليج العربي من حقول النفط المغمورة، هذا بالإضافة لكونه ممراً مائياً تسلكه أكثر من مائة ناقلة نفط يومياً تحمل نحو ثمانية ملايين برميل. وقد يحدث تلوث المياه بالبترول بشكل متعمد أو غير متعمد ، فيكون التلوث متعمداً عندما يكون نتيجة لتفريغ مياه التوازن حيث تملأ خزانات ناقلات النفط بمياه البحر بعد تفريغ النفط لإحداث التوازن ، ثم تفرغ هذه المياه بعد ذلك حاملة بقايا النفط عند الوصول إلى ميناء التصدير لتحمل البترول، وهذا بالإضافة إلى عمليات نظافة السفن والتخلص من نفاياتها. وهذا أيضاً بخلاف ما يحدث بين الحين والحين من حوادث الغرق لبعض السفن فقد حدث تسرب للنفط من ناقلة بالقرب من شواطئ البحرين وكان لها آثار سيئة وكذلك حادثة الناقلة سي ستار عام 1972 بالقرب من الشواطئ العمانية حيث تسرب حوالي 115 ألف طن في خليج عمان (الجدول٥).

ومن أمثلة التلوث المتعمد ما حدث لحقل "نوروز" في إيران أثناء حرب الخليج الأولى حيث بلغ حجم تسرب النفط يومياً منه إلى مياه الخليج نحو 4000 برميل، كون بقعة زيت بلغت مساحتها نحو 15 كيلو متراً مربعاً بعد نحو ثلاثة أشهر من التسرب، وقد بلغت كمية ما تسرب من النفط نحو 200 ألف طن. وبلغ التلوث أقصاه أثناء حرب الخليج الثانية في يناير من عام 1991م حيث تسربت كميات من الزيت من ميناء الأحمدي في الكويت تقدر بحوالي 2 مليون طن إلى مياه الخليج العربي وغطت سطح المياه مكونه بقعة بلغت مساحتها حوالي 600 ميل مربع وبلغ عمق بعضها نحو متر في بعض المناطق على امتداد سواحل الكويت والبحرين وقطر والمملكة العربية السعودية وقضت على الكثير من الأحياء المائية والطيور البحرية بالإضافة إلى الأخطار التي تعرضت لها المناطق المجاورة للخليج في عام 1991م . وقد استمر هذا

التلوث لفترة طويلة رغم تضافر جهود جميع دول العالم في مواجهة هذه الكارثة البيئية الخطيرة التي بلغت فيها منطقة الخليج أسوأ حالاتها.

وتسرب النفط لا يقتصر على الناقلات فقط حيث يتسرب أيضاً من الحقول البحرية مثل ما حدث في عام 1980م حيث تعرضت ست أبار على بعد 100 كيلومتر من شواطئ السعودية بالقرب من رأس تنورة إلى الانفجار بسبب تسرب الغازات المضغوطة حيث تكونت بقعة زيتية طولها 160 كيلو متراً وعرضها 55 كيلو متر وأثر هذا التلوث على الشواطئ القطر والإماراتية.

إن المخاطر التي تسببها تسربات الزيت من الناقلات على الحياة البحرية والأسماك وصحة الإنسان واستخدام الشواطئ للأغراض الترفيهية والأضرار الأخرى، كل ذلك يستدعي دراسة الوسائل الفنية والقانونية التي من شأنها منع مثل هذه المخاطر أو التهديدات. وعند انتشار النفط تبدأ مكوناته القطبية بالذوبان كما تبدأ في نفس الوقت أجزاؤه الطيارة مثل الجازولين الخفيف وزيوت الوقود الأخرى في التبخر وتبلغ النسبة المتطايرة من النفط المتسرب ما بين 35-50 ٪ حسب نوعية الزيت وكثافته ولزوجته .

ثانياً: التلوث الناتج من مصافي النفط

تصل طاقة مصافي تكرير النفط في دول الخليج العربي إلى نحو 5 ٪ من سعة مصافي التكرير في العالم بطاقة تشغيلية تقدر بنحو 4 مليون برميل يومياً في عام 2000 ويوجد في المملكة العربية السعودية وحدها 7 مصافي . ومن أهم الملوثات المنبعثة من مصافي تكرير النفط ثاني أوكسيد الكبريت وكبريتيد الهيدروكربونات والجسيمات الدقيقة وأول أوكسيد الكربون وأكاسيد النتروجين. ونظراً لاحتواء الزيت الخام على نسبة عالية من الكبريت فإن إحدى وسائل تقليل التلوث الناتج من تلك المصافي هو فصل الكبريتت ومركباته من الزيت الخام والاستفادة منه في الأغراض الصناعية الأخرى وكذلك استخدام أنظمة تكثيف الأبخرة.

وبعض مصافي تكرير النفط تستهلك كميات كبيرة من المياه أثناء عملية التكرير التي تعاد مرة ثانية إلى الخليج ملوثة بالنفط. كما يتم دفن المخلفات الصلبة من عملية التكرير (الحمأة) في حفر لا تبعد أكثر من عشرات الأمتار عن مياه الخليج ويمكن بسهولة أن تلوث مياه الخليج أما الحفر البعيدة عن الخليج كما في حالة مصفاة الرياض فإن هذا الدفن قد يؤدي إلى تلوث المياه الجوفية.

ثالثاً: تحلل النفط

عند تسرب النفط إلى الخليج فإنه يتعرض للأكسدة العادية والأكسدة الضوئية ، فبعيد انتشار البقعة النفطية وعندما تصبح البقعة طبقة رقيقة جداً تستطيع أشعة الشمس اختراقها فتبدأ تفاعلات الشقوق الحرة محولة الهيدروكربونات إلى هيدروبيروكسيدات ثم تتحول الأخيرة إلى كحولات وأحماض والدهيدات وكيتونات ومركبات أخرى مؤكسدة . وتعتمد سرعة هذه التفاعلات على عوامل عدة منها درجة الحرارة وشدة أشعة الشمس والحالة الفيزيائية للنفط. وهكذا فإنه بعد انتشار بقعة النفط فوق سطح المياه تبدأ في التكوين فيها وحولها مواد عضوية أخرى لم تكن موجودة أصلاً في النفط المنسكب وقد تكون أكثر سمية من المواد الأصلية.

رابعاً: الآثار السيئة للتلوث بالنفط

المركبات العطرية أكثر سمية من الأليفاتية كما أن المكونات النفطية ذات الأوزان الجزيئية المتوسطة أكثر سمية من الأوزان الجزيئية العالية كالقار مثلاً . وتعتبر الهيدروكربونات أحادية الحلقة الأكثر سمية حتى بالنسبة للإنسان أما الثنائية والثلاثية الحلقة فهي شديدة السمية بالنسبة للأسماك.

ويمكن تقسيم التأثير الذي يحدث بسبب تسرب النفط إلى مياه الخليج إلى قسمين فيزيائي وكيميائي فالأثر الفيزيائي يمكن رؤيته واضحاً لدى مشاهدة طيور الماء الملوثة بالنفط لا تستطيع الطيران وريشها فاقداً لرونقه ولمعانه كما أن البقعة النفطية تنتشر على سطح الماء مكونة طبقة عازلة تمنع تبادل الأوكسجين بين الماء والهواء مما يؤدي إلى اختناق الأحياء المائية بسبب قلة الأكسجين أما الأثر الكيميائي فيظهر في تأثر العوالق النباتية التي تمثل حلقة هامة في السلسلة الغذائية للأحياء البحرية وهي المسئولة عن إنتاج 70 ٪ من المواد الغذائية العضوية حيث تمتص ثاني أوكسيد الكربون وتطلق الأوكسجين إلى الماء فإذا ما تعرضت هذه العوالق للتلوث النفطي قلت كفاءة التمثيل الضوئي وقلت هذه العوالق مما يؤدي إلى كسر السلسلة الغذائية حيث تتأثر العوالق الحيوانية التي تتغذى على العوالق النباتية ثم ترتفع السلسلة إلى أن نصل إلى الأسماك . أما العامل الكيميائي الآخر فهو أن البكتريا الهوائية التي تعمل على تحلل النفط تستهلك كميات كبيرة من الأوكسجين مما يؤدي إلى نقص كمية الأوكسجين الذائبة وبالتالي موت بعض الأحياء المائية.

ولقد تأثرت البيئة البحرية في الخليج العربي كثيراً أثناء حرب الخليج الثانية فقد أشارت الدراسات إلى أن 10 ٪ من مجموع الطيور في المنطقة قد نفقت كما نفق 50 ٪ من الشعب المرجانية و20 ٪ من نباتات الشورى بالنفط كما تأثرت الكائنات البحرية الأخرى المستوطنة في الخليج العربي مثل

السلاحف الخضراء والثعابين البحرية وعرائس البحر والدلافين والروبيان والسرطانات وغيرها. أما الإنسان فلم يلاحظ تأثير مباشر عليه وكان التأثير بطريقة غير مباشرة كتأثر محطات تحلية المياه بالبقع النفطية حيث كان لها تأثير سيء على محطات التحلية على شواطئ الخليج حيث أقفل العديد منها بشكل مؤقت وكذلك تأثير شواطئ الترفيه على طول ساحل الخليج العربي كما كان التأثير الاقتصادي كبيراً على دول المنطقة في محاربة التلوث.

خامساً : مكافحة بقع النفط

ونظراً لأن التلوث النفطي للبحار يسبب ضرراً كبيراً للبيئة خاصة البحرية منها فقد اهتم العالم كله بهذا الأمر وأبرمت الاتفاقيات الدولية للحد من تلوث البحار بالنفط كما ظهرت عدة منظمات إقليمية لمكافحة التلوث بالنفط منها المنظمة الإقليمية لحماية البيئة البحرية في الخليج العربي. يمكن مكافحة بقع التسرب النفطي والحد من انتشارها. "

الحقيبة

أهم الخطوات لحماية البيئة المائية وأهم خطوات التنقية

جميع الحقوق محفوظة للمؤسسة العامة للتعليم الفني والتدريب المهني

الجدارة: التعرف على أهم الخطوات الفعلية والعملية في حماية المياه من التلوث.

مستوى الأداء المطلوب: يجب على المتدرب أن يتقن الجدارة بنسبة ٩٥٪.

الوقت المتوقع للتدريب على الجدارة : ٤ ساعات

الوسائل المساعدة: مختبر للمياه (كما ذكر في الوحدة الأولى).

متطلبات الجدارة: أن يكون المتدرب قادراً على معرفة أهم الخطوات القانونية والأنظمة التي تحمي مصادر المياه.

وضع القوانين والتوعية البيئية لحماية المياه

١ - حماية البيئة المائية من التلوث :

أ - يشرع قوانين لحماية مصادر المياه من الناحية النوعية والكيفية فمثلاً تشرع قوانين لحماية المياه من التلوث من المصانع ومن المبيدات الحشرية وكذلك مراقبة المياه والنسب الصحية التي تمنع زيادة بعض المواد عن المستوى المسموح به عالمياً.

ب - بتقنين المياه أي أن الإنسان يحتاج إلى ٣.٢ لتر في اليوم للشرب لذا يجب أن لا تزيد حاجته عن ذلك كذلك يحتاج أي الإنسان إلى حوالي ٥٠٠ لتر يومياً للغسيل والسباحة أو يزيد قليلاً فلا داعٍ أن يستهلك أكثر من ذلك .

ج - مراقبة الجودة والنوعية في الأسواق ويجب أن تتطابق مع المعايير العالمية للمياه .

د - يجب أن نحافظ على المياه الجوفية العميقة لأنها لا تعوض لذا يجب أن تكون هناك قوانين صارمة ضد الاستهلاك الجائر .

٢ - القوانين والتشريعات :

نوعية المياه تحتاج إلى قوانين وتشريعات تحد من تلوث المياه بواسطة النشاط البشري المختلف . ويمكن عمل هذه التشريعات والقوانين لمراقبة الملوثات الخارجية وبواسطة جهاز مختص عن هذه الملوثات ومراقبتها . فمثلاً صحة البيئة في وزارة البلديات تقوم بمراقبة نوعية المياه ونوعية المأكولات والمشروبات والمطاعم والكفتيريات للحد من انتشار الأمراض نتيجة استخدام مواد ضارة بصحة الإنسان كذلك هناك أقسام تراقب ما يخرج من المصانع والورش وحسب القوانين يجب على هذه المصانع والورش عدم إخراج مواد سامّة أو ضارة بالبيئة.

٣ - التوعية والتربية البيئية :

يجب على الإنسان أن يعرف معنى صحة البيئة ويعرف حدود هذه البيئة وبواسطة التعليم والتربية نستطيع أن نجعل الإنسان يدرك ماله وما عليه في البيئة والمحافظة عليها وهذه التربية تتمشى مع سن القوانين والتشريعات الآنفة الذكر.

٤ - تحديد مناطق حماية مصادر المياه سواء الجوفية أو السطحية :

يمكن لنا أن ندرس مجرى المياه السطحية أو الجوفية ومعرفة اتجاه الماء والرفد المائية وبناءً عليه يمكن حماية مصادر المياه من التلوث والناتجة عن الأنشطة البشرية المختلفة . وعليه أيضاً دراسة نوعية التربة الموجودة في مصدر المياه ونوعية الصخور وما هي إمكانية التلوث ومصدره . بعض المواد تتحلل إذا دخلت طبقات التربة والصخور ويتم ترشيح البكتيريا والفيروسات وللأسف الشديد المواد المشعة وملح الطعام يصل إلى المياه الجوفية ويلوثها.

ويمكن لنا أن نحدد ثلاث مناطق لحماية مصدر المياه :

١ - المنطقة الداخلة: وهي المنطقة المحيطة بمصدر الماء غالباً ما نحدد مائة متر حول هذا المصدر ونقوم بزراعة هذه المنطقة وعدم استعمال المبيدات أو الأسمدة أو حتى الري المكشوف وعادة يوضع سور حول هذه المصادر وخاصة البحيرات المغذية للمياه وإبعاد مصادر التلوث عن هذه المنطقة .

٢ - المنطقة الوسطى : وهذه المنطقة التي تحيط بالمنطقة الداخلية وعادة تبعد نصف كيلومتر بشكل قطر حول المنطقة الوسطى ومنظمة الصحة العالمية قد حددت هذه المنطقة بخمسين يوم أي أن البكتيريا والفيروسات لا تصل إلى المنطقة الوسطى إلا بعد الترشيح والتحلل خلال الخمسين يوم والمساحة ٥٠٠ متر ويسمح بالزراعة في هذه المنطقة ولا يسمح التعدين أو المحاجر في هذه المنطقة .

٣ - المنطقة الخارجة: وهي المنطقة التي تحيط بالمنطقة الوسطى وهذه المنطقة يمكن عمل مساكن ونشاط سكاني فيها ولكن يجب أن تتوفر مجاري عامة تعمل بكفاءة عالية لمنع التسرب إلى مصدر الماء وهذه المنطقة تقدر بحوالي ٢٠٠م قطراً حول المنطقة الوسطى ولا يسمح بإنشاء محطات وقود بهذه المنطقة .

٥ - التنقية الطبيعية للمياه:

تستطيع أن تقول إن من فضل الله وكرمه على الطبيعة والإنسان والمخلوقات الأخرى أن وجد على هذه الأرض ما هو يخفف التلوث . فلو وضحت ملوثات في نهر (ملوثات غير سامّة) لأمكن هذا النهر أن يتخلص من كثير من الملوثات خلال ١ -٣ كيلومتر . وأيضاً التربة يمكن أن تتخلص من كثير من الملوثات فلو وضعنا مواد ملوثة في بحيرة أو مستنقع فنجد أن الجراثيم الهوائية تبدأ بالعمل ومن بعدها الجراثيم غير الهوائية وبالتالي أيضاً كثير من الطحالب تنمو في هذه البحيرة والسدود وهي عملية في الواقع طبيعية تعتمد على عدة عوامل منها:

١ - توافر كمية كافية من الأوكسجين المذاب في الماء .

٢ - درجات حرارة مناسبة.

٣ - عدم وجود ملوثات سميّة تمنع التنقية البيئية.

٤ - توافر كميات كافية من المواد العضوية والأملاح.

٥ - توافر كمية هيدروجين بنسبة ٦,٥ – ٨.

ملحـق (١)

على المتدرب أن يعرف أن هناك جزء ثاني لهذه المادة وهي تشتمل على بعض الأعمال في المختبرات في خصوص الماء وتشتمل على :

١ - تقدير الكثافة النسبية للماء (عرف في هذه الحقيبة عن كثافة الماء) .

٢ - تقدير اللون والعكارة للماء (لقد تم شرح اللون والعكارة في هذا الجزء)

٣ - طريقة سحب عينة من مياه من الصنبور والآبار .

٤ - قياس تركيز الكلور المتبقي في المياه الصالحة للشرب وقياس تركيز الـ PH (القلوية) وقد شرح ما تعنيه PH في هذا الجزء .

٥ - قياس الأوكسجين الكيميائي المستهلك .C.O.D) وقد شرح في هذا الجزء عنه .

٦ - قياس الأوكسجين الحيو كيميائي المستهلك (.B.O.D) وقد شرح في هذا الجزء عنه .

٧ - قياس التوصيل الكهربائي للماء .

٨ - تقدير العسر الكلي (وقد شرح ما معنى عسر الماء) .

٩ - قياس تركيز التراث .

١٠ -قياس تركيز الأمونيا .

١١ -قياس تركيز الكلوريدات في الماء .

١٢ -قياس تركيز الكبريتات في الماء .

١٣ -الكشف عن المجموعة القولونية لعينة ماء .

قياس الأوكسجين الذائب في الماء .

(ملحـق ٢)

مياه المجاري والصرف الصحي

هي المياه التي تم استعمالها في المنازل والمطاعم والمحلات التجارية والأسواق ومياه الصناعات وقد اختلطت بمواد عضوية وغير عضوية مركزة وتحتاج إلى معالجة خاصة حتى تطلق في البيئة ومدخن تركيب ومواصفات مياه المجاري:

١ - مواد منحلة مثال كبريت الهيدروجين وثاني أو كسيد الكربون .

٢ - مواد عضوية ذات المنشأ الحيواني والنباتي .

٣ - مواد غروية كالصابون .

٤ - مواد غير منحلة كالرمال وبقايا الخضار والفواكه والعنصر السائد هو عنصر الكربون .

٥ - التلوث البيكتر ولاجي : توجد ملايين البكتيريا في مياه المجاري بشكل مركز وتسبب كثيراً من الأمراض كالدزنطاريا والتبخوية والكوليرا وللتخلص من هذه المجاري يجب أن تجرى عليها عمليات معالجة كبيرة ومكلفة حتى تكون تتماشى مع الطبيعة البيئية .

ملحـق (٣)

ملوثات جرثومية (بيولوجية)

هنـاك جـراثيم إذا وصـلت إلى الميـاه فتكـون مـادة ملوثـة كمـا هـو الحـال في جرثومـة البكتيريـا كجرثومة السالمونيلا (Salmonella) وبكتيريا المكورة العنقودية (Streptococci) .

١ - هناك بكتيريا تعيش في عدة أنواع من أجواء الحرارة . فالبكتيريا التي تحب أن تعيش بواسطة حر وتتكاثر فيه تسمى ترموفلس (بكتيريا حرارية) ويمكن أن تعيش حتى درجة ٥٥° درجة مئوية (Thermophile) والبكتيريا التي تحب أن تعيش في جو وسط تسمى (بكتيريا وسطية) ميسوفلس (Mesophiles) ويمكـن أن تعـيش بـين ٥ – ٢٥ درجـة مئويـة وهنـاك بكتيريـا تحـب أن تعـيش في جـو بـارد وتسمى (بكتيريا باردة) سايكروفيلس (Sychrophiles)

٢ - هناك بكتيريا تأتي عن طريق الصرف الصحي والبيارات كبكتيريا اشر يشيا كولاي (E .coli) وهي عادة تلوث المياه والغذاء وتسبب إسهال ومغص مع العلم أن هذه الجرثومة تأتي من فضلات الإنسان والحيوان وهي الجرثومة المسئولة عن تحويل المواد الغذائية في جسم الإنسان (في الأمعاء) إلى مواد أولية يمكن امتصاصها ولكن هذه الجرثومة إذا خرجت إلى خارج الجسم تصبح جرثومة ملوثة وممرضة .

٣ - تلوث إشعاعي :

المياه قابلة لامتصاص الإشعاعات وخاصة المضرة بصحة الإنسان وبالتالي يمكن للماء أن يحمل مواد مشعة إذا تعرض لها وأهم مصادر الإشعاعات في الماء هي المستشفيات والمختبرات ومحطات توليد الكهرباء بواسطة القوة النووية .

٤ - التلوث الفيزيولوجي :

وهو اختلاف طعم الماء بسبب وجود مواد كيميائية أو عضوية كذلك لون الماء يتغير إذا تعرض لبعض المواد الكيميائية والعضوية كذلك رائحة الماء تختلف إذا تعرض لأي مواد كيميائية وعضوية .

ملحـق (٤)

قياس الأوكسجين الحيوي المستهلك (B.O.D.) (Biological oxygen demand)

عندما تريد أن تقيس كمية المواد العضوية الملوثة للماء والمستهلكة للأوكسجين وعادة تصل هذه المواد العضوية من المخلفات الصناعية ومشتقات النفط ومخلفات البشر . وتحلل (أكسدة) المواد الملوثة للماء بواسطة البكتيريا بين الحد الذي تكون فيها الحياة مستحيلة وهنا يمكن معرفة مدى تلوث المياه للمتر الواحد . يمكن أن يلاحظ بأنه تؤخذ عينة من الماء وتفحص كمية الأوكسجين الموجود بالماء أولاً ثم توضع نفس العينة في الساخن بدرجة ٢٠ درجة مئوية لمدة خمسة أيام ثم تقاس نفس العينة مرة أخرى وفحصها عن كمية الأوكسجين والفرق بين المقياسين لنفس العينة هو كمية الأوكسجين المستهلك للمياه الصافية ويرمز له B.O.D وبالتالي هذه النتيجة تعطينا كمية المواد الملوثة والعضوية الموجودة في الماء (يمكن عمل هذه التجربة وتطبيقها في جزء المختبرات لهذه المادة)

قياس الأوكسجين الكيميائي (C.O.D)

عزيزي القارئ : يجب أن تعرف أن هناك نوعان من البكتيريا بكتيريا هوائية (aerobic) وهي التي تعيش وتتكاثر بوجود الأوكسجين (O2) بينما البكتيريا اللاهوائية (anaerobic) وهي البكتيريا التي تعيش وتتكاثر بغياب الأوكسجين . وكما نعلم بأن الحياة البحرية كالأسماك وكل كائن يعيش في الماء يحتاج إلى الأوكسجين وبدون الأوكسجين في الماء سوف تموت وتهلك هذه الكائنات فعندما تتلوث هذه المياه بمياه المجاري والملوثات العضوية (inorganic organic) وغير العضوية فيؤدي ذلك إلى استهلاك الأوكسجين وللمعلومية (كل ما هو يتحرك وينمو ويتكاثر فهو عضوي كالإنسان والحيوان والنبات وعادة يبدأ بالمصطلحات الإنجليزية بـ Bio) وعندما ينقص الأوكسجين في الماء تبدأ البكتيريا اللاهوائية تتكاثر ويبدأ الماء بظهور روائح كريهة وتعفن . وهناك عدة طرق لقياس الأوكسجين الذائب بالماء . منها طريقة فلنذكر (طريقة الحل يمكن تطبيقها في جزء المختبرات لهذه المادة) .

المـراجع

١. علوم التلوث البيئة.

٢. ملوثات البيئة ا(إخراجها – مصدرها – طرق مكافحتها) .

٣. مدخل إلى علوم البيئة.

٤. أساسيات علم البيئة.

٥. التلوث وحماية البيئة.

٦. الإنسان وتلوث البيئة . د. محمد ارناؤوط.

٧. تكنولوجيا معالجة الماء والصرف الصناعي . د. أحمد النجعاوي.

٨. الماء وسائل الحياة (خواصه – أنواعه – تنقيته – تحليله – تلوثه) د. أحمد إسلام.

٩. مخاطر تلوث البيئة على الإنسان . نعمة الله عنيسي.

١٠. التقنية البيئية . د. هاني مكروم.

١١. قياس التلوث البيئية . د. نوري الطيب . د. بشير حرار.

١٢. كيمياء البيئة . د. إبراهيم الزامل . محمد كرار .

المحتويات

الموضوع	الصفحة
المقدمة	1
الوحدة الأولى	
الفصل الأول: إدارة وأهمية وخواص المياه	8-3
الفصل الثاني: توزيع ومعالجة ومعرفة الأنشطة البشرية	31-9
الوحدة الثانية	
الفصل الأول: تأثير الإنسان والمجتمعات السكنية على منسوب المياه	33
الفصل الثاني: ملوثات ومؤشرات تلوث المياه	40-34
الفصل الثالث: أنواع ملوثات المياه	57-41
الفصل الرابع: التأثيرات الفيزيائية الكيميائية	60-58
الفصل الخامس: تأثير الكائنات الحية مع الأمثلة	70-61
الوحدة الثالثة	
وضع القوانين والتوعية البيئية لحماية المياه	74-72
الملاحق	78-72
المراجع	79

فهرس الجداول

اسم الجدول	الصفحة
جدول (١) نسب أشكال المياه في الغلاف المائي	11
جدول (٢) المواصفات القياسية لمياه الشرب	22-21
جدول (٣) مصادر وتأثيرات أهم العناصر التي تتواجد في المياه بكميات ضئيلة	44- 43
جدول (٤) تغير ذوبانية الأوكسجين عند ضغط 760mm بتغير درجة الحرارة	48
جدول (٥) تسربات النفط في الخليج العربي من جراء الحوادث والكوارث خلا الفترة ١٩٦٦ -١٩٩١	67-66

تقدر المؤسسة العامة للتعليم الفني والتدريب المهني الدعم

المالي المقدم من شركة بي آيه إي سيستمز (العمليات) المحدودة

GOTEVOT appreciates the financial support provided by BAE SYSTEMS