الباب السابع

تلوث المياه

- تلوث المياه
- خواص الماء
- تلوث الماء
- السلوكيات التى تؤدى إلى تلويث المياه
- أقسام التلوث المائى
- طرق مكافحة تلوث المياه

أهمية الماء

الماء...لا يقل أهمية عن الهواء بالنسبة للإنسان ولجميع الكائنات الحية الأخرى. وليس هناك أبلغ وصفا لأهمية الماء من قوله تعالى: (وجعلنا من الماء كل شئ حى) الأنبياء: الآية 30. ولذلك، يعتبر الماء أهم مركب كيميائى فى الكون. فهو المكون الاساسى لمعظم الكائنات الحية، إذ أن ثلثى وزن جسم الإنسان – لحمه وعظامه – عبارة عن ماء، ويشكل الماء (90%) من دم الإنسان. كما أن من (80-95%) من وزن كثير من الخضروات هو الماء.

ونعتمد فى حياتنا على المياه فى مجالات شتى وأغراض متعددة، فالمياه يشربها الإنسان والحيوان ويرتوى منها النبات. كما تعد المياه مصدرا من مصادر الغذاء. والمياه عامل ملطف لدرجات الحرارة على اليابسة، فهى تساعد فى خفض درجات الحرارة المرتفعة، كما يمكن الاستفادة منها فى رفع درجات الحرارة المنخفضة.

وتعد المياه مذيبا جيدا، وهى تدخل فى تفاعلات كيميائية مهمة، منها ما له أهمية قصوى فى دورة الحياة كعملية التمثيل الضوئى للنبات، حيث يتحد مع ثانى أكسيد الكربون (CO_2) ليكون مواد عضوية وأكسجين (O_2).

كذلك، تلعب المياه دورا فعالا فى عمليات الانتقال إلى سطح الارض، وذلك من خلال استغلال البحار والمحيطات والأنهار كمجارى مائية تسير فيها السفن والقوارب وغيرها.

خواص الماء

الماء...سائل شفاف عديم اللون والطعم والرائحة، وهو يتكون من عنصرى: (H_2) (11.2%) وزنا، والأكسجين (O_2) (88.8%) وزنا. ويعبر عن الماء النقى بالصيغة (H_2O)، ودرجة غليان الماء النقى هى (100) درجة مئوية، بينما نجد أن درجة انصهار الجليد هى صفر درجة مئوية عند الضغط الجوى العادى (1 ضغط جوى).

والحرارة النوعية للماء هى واحد سعر لكل جرام لكل درجة مئوية. وكثافة الماء هى (1) جم/سم^3. ويزداد حجم الماء عند تجمده، وتنقص كثافته، أى أن كثافة الجليد أقل من كثافة الماء (لذلك يطفو الجليد على الماء). وتصل كثافة الماء إلى أقصى قيمة لها وهى (1) جم/سم^3 عند درجة الحرارة (4) ودرجة مئوية، ثم تبدأ بالانخفاض البطئ بارتفاع درجة الحرارة. ويفسر ذلك بأن: انصهار الجليد ينتج عنه تكسير بعض الروابط الهيدروجينية نتيجة لاختلال الترتيب المنتظم لجزيئات الماء عند الانتقال من حالة الصلابة إلى حالة السيولة. وينتج عن ذلك،

أن جزيئات الماء تستطيع الاقتراب من بعضها البعض، مما يجعلها أكثر تراصا، وبالتالى أكثر كثافة. ولكن، ارتفاع درجة الحرارة فوق الدرجة (4) يرافقه التمدد الحرارى الذى من شأنه أن يبعد الجزيئات عن بعضها، فتعود الكثافة إلى الانخفاض.

ومما لاشك فيه، أن لقوى الروابط الهيدروجينية التى تربط بين جزيئات الماء أكبر الأثر فى ارتفاع درجة غليان الماء (100) درجة مئوية مقارنة بالمركبات المماثلة.

والماء النقى موصل ردئ للكهرباء، وهو يتحلل كهربيا إلى العنصرين الكونين له، وهما: الأكسجين والهيدروجين.

الماء العسر Hard Water

الماء النقى الذى يمكن أن نعتبره صالحا لمعظم الأغراض المنزلية والصناعية يجب أن يكون صافيا، وعديم الرائحة وخاليا من العوالق والطعم والميكروبات المسببة للأمراض.

وفى الحقيقة، فإن ماء الشرب الذى نستعمله ليس نقيا كيميائيا، إذ أن الماء النقى كيميائيا يكون غير مستساغا. والماء الرقراق المندفع من جدول بين الصخور يكون عادة متمتعا بكل المزايا التى تجعله صالحا لأغراض الشرب. غير أننا نجد فى هذا الماء مواد ذائبة، مثل: الغازات الجوية، وآثار من غازات: الميثان (CH_4)، وكبريتيد الهيدروجين (H_2S)، وثانى أكسيد الكبريت (SO_2)، والنوشادر (NH_3)، وكثير من الأملاح غير العضوية المستخلصة من الصخور التى مر فوقها الماء أثناء جريانه. ولكن، إذا وصل تركيب بعض هذه المواد إلى حد عال، فإن الماء لا يعد صالحا لاستهلاك الإنسان أو للصناعة أو للأغراض المنزلية. ويقال عندئذ أن الماء أصبح "عسرا" أو "ملوثا".

ويرجع سبب عسر الماء إلى وجود تراكيز عالية نسبيا من أيونات : الماغنسيوم (Mg^{2+}) أو الكالسيوم (Ca^{2+}) أو الحديديك (Fe^{3+}). حيث تتفاعل هذه الأيونات مع الصابون، وتكون مادة صلبة غير ذائبة أو خبث. ولذلك، فالماء العسر يخفض قدرة الصابون على التنظيف.

وفى الصناعة، يستخدم البخار لإدارة العديد من الآلات حيث يحول الماء إلى بخار فى محطات مركزية، ثم يعود الماء الناتج عن تكثفه إلى مراجل ليعاد غليه. فإذا استخدم فى محطة البخار ماء عسر يحتوى على كميات كبيرة من البيكربونات "الذائبة" وتتحول إلى الكربونات "غير الذائبة").

ويمكن معالجة الماء العسر، وتحويله إلى ماء يسر، بإمرار الماء العسر على أنواع من "الزيوليت" ذات الشحنات السالبة، حيث يتم استبدال الأيونات المسببة

للعسر (Mg^{2+}) أو (Ca^{2+}) بأيونات الصوديوم (Na^{2+})، ويكون الماء الخارج يسر. حيث أن وجود أيونات الصوديوم فى الماء ليس ضارا، فجميع أملاح الصوديوم المشهورة ذائبة.

$$\text{زيولويت} - Ca^{2+} + Na^{+}_{(aq)} \longrightarrow \text{زيولويت} - Na^{2+} + Ca^{+}_{(aq)}$$

وفى هذه العملية يتحول زيوليت الصوديوم إلى زيوليت كالسيوم بالتبادل الأيونى. وإذا أصبح الزيوليت مشبعا بالأيونات الثنائية الشحنة (المستبدلة) يجب أن يعالج هذا الزيولتيت بمحلول مركز من (NaCl) لإرجاعه مرة أخرى إلى حالته الصوديومية.

$$\text{زيولويت} - Na^{2+} + CaCl_2 \longrightarrow \text{زيولويت} - Ca^{2+} + NaCl_{(aq)}$$

ويتوفر الآن عدد كبير من المبلمرات الصناعية القادرة على التبادل الأيونى، وتسمى "أصماغ التبادل الأيونى". وهى عبارة عن جزيئات عضوية عملوقة ذات مجموعات سالبة أو موجبة. ويمكن استخدامها لإزالة الأيونات غير المرغوب فيها واستبدالها بأيونات أخرى غير ضارة.

تلوث الماء

لقد دأب الإنسان منذ وجوده على الأرض على تعميرها ومحاولة تحسين ظروف بيئته ومعيشته بها. وفى سبيل تحقيق هذه الغاية، انتهج الإنسان نهجا غريبا لم يراع فيه التوازن البيئى. وبسبب جهل الإنسان بديناميكية ذلك التوازن وسوء تقديره، نتج ذلك التخريب الكبير الذى أحدثه ويحدثه إنسان فى بيئته.

فقد صاحب ظهور المدن ونموها وتزايد أعداد سكانها، وبناء الصناعات المختلفة فيها وتنوع تلك الصناعات، بروز مشكلة تصريف النفايات المتخلفة عنها. وفى البداية، وجد الإنسان أن أسهل الطرق للتخلص من تلك النفايات، هو ربط شبكات المجارى من البيوت والمصانع بمجار المياه، مثل : الأنهار القريبة أو بشواطئ البحار. ولكن، اتضح مع الوقت أن تلك الأنهار والشواطئ أصبحت ملوثة، كما أن أعداد وأنواع الكائنات الحية الحيوانية والنباتية التى كانت توجد بها بدأت فى التناقص بدرجة ملحوظة. وذلك لأن مياه المجارى ومخلفات المصانع تنقل إليها آلاف الأطنان من النفايات والمواد الكيميائية السامة، مما قضى على معظم أشكال الحياة فيها.

كما أن آثار ذلك التلوث قد يصيب الإنسان ذاته عبر السلسلة الغذائية، إذ أن المواد الضارة والسموم تنتقل تدريجيا –ولو بنسب صغيرة– إلى النباتات والحيوانات المائية، ثم تنتقل إلى الإنسان إذا تغذى بتلك النباتات والحيوانات.

كذلك، فإن عدم مراعاة قواعد السلامة أو عدم اتخاذ الاحتياطيات اللازمة أثناء عمليات التصنيع فى المصانع، تسهم فى تخريب البيئة وإتلاف عناصرها.

ومن أمثلة ذلك تسرب الغازات السامة والإشعاعات الخطرة من المصانع والمفاعلات النووية ووصولها إلى مجارى المياه الطبيعية. كذلك، غرق ناقلات النفط المحملة بآلاف الأطنان من الزيت الخام أو أحد منتجاته، والتى تؤثر على الأحياء المائية الموجودة فى تلك المياه، وتقتل جميع مظاهر الحياة بها.

ولم يعبأ الإنسان بحاجته المتزايدة للمياه، فأخذ فى تعريض الوسط المانى كله لشتى أنواع الملوثات الناتجة عن زيادة الكثافة السكانية، وتنوع الأنشطة الزراعية والصناعية، وإلقاء المخلفات الناتجة عن الصرف الصحى وعن المصانع، مما جعل تلك المسطحات المائية تفقد القدرة على التخلص من تلك الملوثات وآثارها السيئة.

وكان من نتائج أعمال الإنسان غير المحسوبة أن ظهرت أعراض التدهور فى معظم مشروعات المياه فى العالم، حيث بدأت آثار الملوثات تظهر على الكائنات الحية التى تعيش فيها، حيث ماتت الأسماك فى البحيرات والأنهار، وقل محصولها فى البحار والمحيطات.

تعريف تلوث المياه

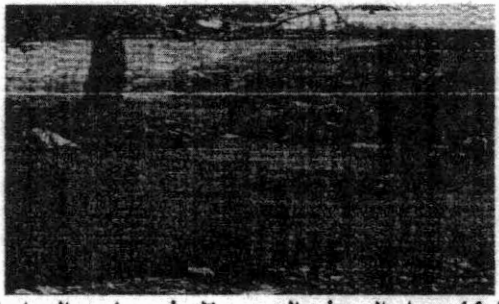
يمكن تعريف تلوث المياه بأنه: "وجود الملوثات والعناصر غير المرغوب فيها فى المياه بكميات ونسب كبيرة، أو بشكل يعيق استعمال المياه للأغراض المختلفة كالشرب والرى والتبريد، وغيرها، بحيث تصبح تلك المياه مصدرا لإصابة الإنسان والحيوانات بالأمراض الخطيرة".

مصادر تلويث مجارى المياه الطبيعية

يمكن تقسيم مصادر تلوث البحار والمحيطات إلى خمسة أقسام، وهى:

1- مياه الصرف الصحى

فى معظم مدن العالم، يتم تحويل مياه الصرف الصحى إلى المسطحات المائية ومنها البحار. كما أن معظم المصانع القريبة من هذه المسطحات تلقى نفاياتها فيها. ويزداد خطر هذه المخالفات إذا ضخت مياه الصرف إلى تلك المسطحات دون معالجة مناسبة وهو ما يحدث غالبا.

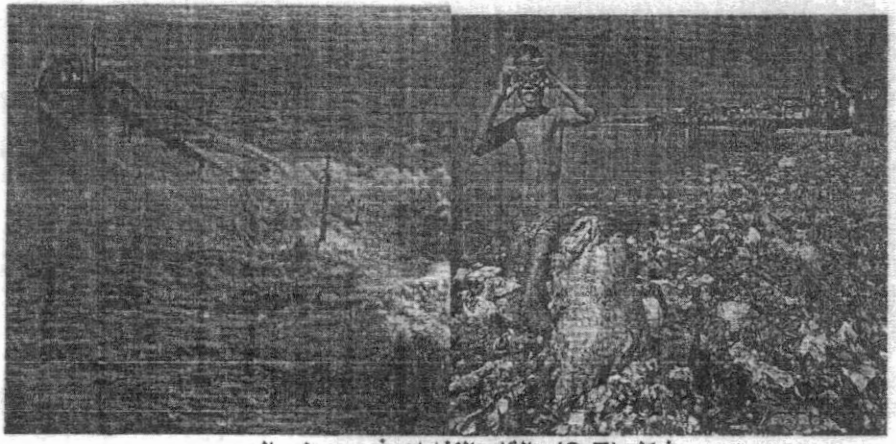


شكل (7-1): مياه الصرف الصحي تلوث مجاري المياه الطبيعية

ولقد أحدث هذا المصدر من مصادر التلوث أضرارا كبيرة فى بيئة البحر الأبيض المتوسط فى أول السبعينات من القرن العشرين الميلادى. ومن المتوقع أن تخف حدة التلوث فى هذا المجرى المائى مع اكتمال بناء محطات المعالجة فى جميع المدن الساحلية التى تطل على شواطئه، حيث اتفقت الدول المطلة عليه على تحقيق ذلك.

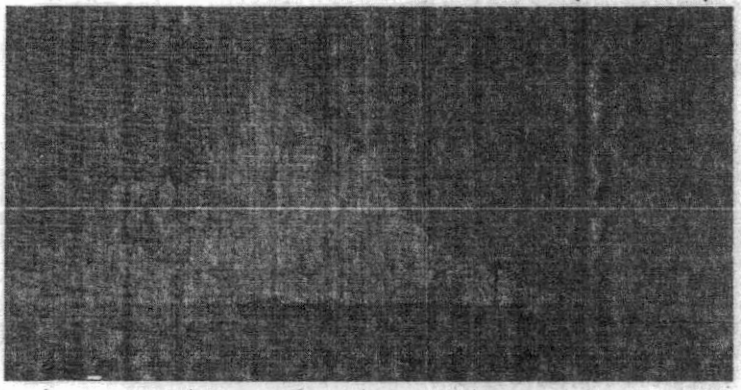
2- إلقاء النفايات فى عرض البحر

مازالت معظم الدول الصناعية الكبرى تتخلص من نفاياتها السامة، وخاصة الإشعاعية بإلقائها فى عرض البحر بواسطة السفن (شكل 7-2) أو الطائرات، أو بدفنها فى قيعانها.



شكل (7-2): إلقاء النفايات في عرض البحر

كذلك تقوم بعض هذه الدول بإجراء بعض تجاربها النووية فى مناطق تحت سطح الماء (شكل 7-3).



شكل (7-3): إجراء بعض التجارب النووية فى مناطق تحت سطح الماء

ولحماية البحار والمحيطات من هذه النوعية من الملوثات، فقد وقعت مجموعة من الدول معاهدة بهذا الخصوص فى عام (1972م)، تعرف باسم "معاهدة لندن".

3- استغلال البيئة البحرية

إن النشاطات المختلفة التى يمارسها الإنسان فى التنقيب عن البترول والغاز الطبيعى فى المناطق المغمورة بالماء (البحار والمحيطات)، قد تؤدى إلى تسرب الزيت إلى مياه البحار ونتيجة حدوث أخطاء أو أعطال أو حوادث.

وتجدر الإشارة هنا إلى حادثة بقعة الزيت فى الخليج العربى عام (1983م)، والتى تسرب فيها النفط من آبار حقل النيروز الإيرانى لمدة عام بمعدل تدفق قدر بحوالى (2000) إلى (3000) برميل يوميا. وعاشت دول المنطقة وقتها رعبا بيئيا حقيقيا بسبب التخوف من آثار إصابة الأسماك والروبيان (الجمبرى) وتلوثها بالنفط، والتى تعد ضمن الأغذية المهمة لشعوب منطقة الخليج، ومصدر رزق لقطاع كبير منهم، وقد أدت هذه الحادثة إلى هلاك العديد من الأحياء المائية، كما جعلت سكان تلك المنطقة يعزفون عن تناول الأسماك تحسبا لتلوثها.

4- النقل والملاحة البحرية

لقد ساهمت الآثار البيئية والاقتصادية التى صاحبت حادثة ناقلة البترول "أمكوكاديز" والتى أدت إلى تلوث الشواطئ الفرنسية عام (1987م) إلى تنبيه الرأى العام العالمى لحقيقة احتمالية حدوث التلوث البحرى دون أية ضوابط أو إجراءات صارمة لمنعها.

ويشير تقرير صادر عن الأمم المتحدة: أن الخطر الحقيقى لتلوث مياه الخليج العربى يكمن فى النفايات التى تلقيها ناقلات النفط والسفن التجارية التى تمر بالخليج يوميا، حيث تستغل هذه السفن والناقلات عدم وجود قوانين بيئية فى المنطقة وتقوم بغسل خزاناتها فى مياه الخليج.

5- التلوث بالنفط

يعد التلوث بالنفط ومشتقاته من أهم الملوثات المائية وأوسعها انتشارا فى الفترة الأخيرة (شكل 7-4).

شكل (7-4): تلوث مجاري المياه بالنفط ومشتقاته

ويمكن إيجاز أهم مصادر تلوث المياه بالنفط فيما يلى:

- حوادث ناقلات البترول والسفن الأخرى. ومن الأمثلة المعروفة حادثة ناقلة البترول الضخمة (تورى كانيون)، وما نتج عن هذه الحادث من تدفق كميات هائلة من النفط تزيد عن (50) ألف طن.
- المصانع الشاطئية، وخاصة مصافى النفط. وقد قدرت كميات البترول التى تلقى فى مياه البحر الأبيض المتوسط من خمسين مصفاة فقط بنحو (20) ألف طن سنويا.
- مخلفات ناقلات البترول التى تفرغ مياه مستودعات الاستقرار فى المياه.
- انفجار آبار البترول فى البحار.

تلوث المياه الجوفية

حتى وقت قريب، لم يكن ينظر إلى المياه الجوفية على أنها قابلة للتلوث كما هو الحال فى المياه السطحية (البحار والمحيطات والأنهار)، فقد كان الاعتقاد السائد أن التربة السطحية يمكنها إزالة الملوثات من المياه المتسربة إلى باطن الأرض عن طريق عمليات الترشيح أو الادمصاص أو التحلل الحيوى. غير أن الشواهد التى تجمعت فى السنوات القليلة الماضية دلت على أن بعض المذيبات الصناعية والمبيدات الحشرية قد وجدت طريقها إلى طبقات المياه الحاملة (الطبقات الحاملة هى تلك التكوينات الجيولوجية التى تحوى الماء فى فجوات مادتها الصخرية، بحيث ينفذ ماؤها بسهولة وبكميات معقولة إلى الآبار والينابيع).

مصادر تلويث المياه الجوفية

يمكن حصر أهم مصادر تلوث المياه الجوفية، فيما يلى:

1- العمليات الزراعية

يؤدى الاستعمال المفرط للمبيدات الحشرية أو الأسمدة أو سوء التخلص من مخلفات الماشية إلى عدد من المشكلات. كما تؤدى عمليات الرى، وخاصة إذ لم تتوفر أنظمة الصرف الزراعى. المناسب إلى زيادة تركيز الأملاح والمعادن فى المياه الجوفية، كما تسبب الأسمدة الكيميائية زيادة النترات فى المياه الجوفية فتجعلها غير صالحة للشرب.

2- آبار الحقن

آبار الحقن...هى عبارة عن حفر عميقة تصمم على هيئة آبار تحت سطح الأرض تدفن بها النفايات.

وتستعمل آبار الحقن للتخلص من النفايات الصناعية والإشعاعية، وغيرها من المخلفات فى الطبقات الجوفية العميقة، كتلك الحاملة للمياه المالحة.

وقد ينتج عن هذه العمليات تلوث الطبقات العلوية المنتجة لمياه الشرب نتيجة لتسرب الملوثات المحقونة عن طريق أنابيب التغليف، أو عن طريق سريانها فى اتجاه الطبقات الحاملة عبر التصدعات فى الطبقات غير المنفذة.

3- التخلص السطحى من النفايات

حيث يتم النفايات فى أماكن مخصصة على سطح الأرض. فعلى سبيل المثال: يتم التخلص سنويا فى الولايات المتحدة الأمريكية من حوالى 390 مليون طن من النفايات الصلبة بدفنها فى أماكن على سطح الأرض أعدت خصيصا لهذا الغرض. كذلك يتم وضع حوالى (10) تريليون جالون من النفايات السائلة فى برك تخزين سطحية. ويعد حوالى (10%) من هذه النفايات الصلبة والسائلة مصدر خطورة على صحة الإنسان وبيئته، حيث يؤدى هطول الأمطار، وارتفاع منسوب المياه الجوفية، وعدم إحكام عزل برك التخزين إلى تسرب بعض هذه المواد إلى الطبقات الحاملة للمياه العذبة.

وقد تم الكشف مؤخرا عن حالات تخلص من النفايات الكيميائية بطرق غير مشروعة وذلك بدفنها أو إلقائها فى المسطحات المائية، حيث أدت إلى تلوث المياه الجوفية.

السلوكيات التى تؤدى إلى تلويث المياه

يمكن القول بأن كل فرد يتسبب فى تلويث البيئة بطريقة ما، وبأسلوب خاص، نتيجة ممارسات وسلوكيات خاطئة.

وسوف نتعرض فى السطور القادمة لأهم تلك السلوكيات التى تقع فى بعض الأفراد وتؤدى إلى تلويث المياه.

1- إلقاء الحيوانات النافقة فى مجارى المياه

من الممارسات والسلوكيات الخاطئة التى تؤدى إلى تلوث المياه، تلك التى تمارس بواسطة بعض الفلاحين والمزارعين. ففى الريف، بمجرد موت الحيوان يقوم المزارعون بإلقاء هذه الحيوانات فى مياه الترع أو النيل (الشكل 7-5)، وهم يعلمون تماما أن هذه الحيوانات قد ماتت نتيجة إصابتها بأحد الأمراض.

شكل (7-5): إلقاء الحيوانات النافقة في مجاري المياه

وبعد إلقاء هذه الحيوانات فى المياه هو المسئول عن انتشار هذه الأمراض فى جميع القرى والنجوع التى تمر بها مجارى هذه المياه.

2- استحمام الحيوانات فى مجارى المياه

يلجأ بعض الأشخاص من الفلاحين ومربى الماشية إلى استخدام مجارى المياه. مثل الترع والأنهار كحمامات لتنظيف أجسام الماشية والخيول وغيرها من الحيوانات التى يقومون بتربيتها.

وتعد هذه السلوكيات أحد مصادر تلوث المياه بروث تلك الحيوانات وغيرها من البكتريا والميكروبات، التى تتخذ من جلودها وأجسادها مأوى لها.

وهكذا، تصبح تلك المياه ملوثة ومصدرا لبث الأمراض للإنسان، من خلال استخدامه لتلك المياه فى الشرب أو غيرها من نواحى الاستخدام اليومية.

3- التبول والتبرز فى مياه الترع والنيل

يعد التبول والتبرز فى مياه الترع والنيل إحدى العادات والسلوكيات الأكثر خطورة، التى يزاولها بعض أهل الريف من الفلاحين والمزارعين. وهذا السلوك – غير الحضارى – لقضاء الحاجة والذى يصدر عن بعض معدومى الثقافة والتعليم، يعد أحد مصادر تلوث المياه وجعلها مصدرا لإصابة الناس بالعديد من الأمراض، وأهمها وأخطرها: مرض البلهارسيا.

فعندما يقضى إنسان مصاب بمرض البلهارسيا حاجته فى مجرى مائى – كالترعة مثلا – فإنه يخرج مع بوله أو برازه بويضات البلهارسيا، والتى تفقس فى الماء العذب ويخرج منها يرقات تسبح فى الماء، فإذا وجدت نوعا خاصا من القواقع دخلته وتكاثرت فيه، حيث يخرج من القوقع طور معد هو (السركاريا). فإذا ما نزل شخص سليم للاستحمام أو التوضأ من مياه هذه الترعة، أسرع الطور المعدى (السركاريا) واخترق جلده، وأصبح ذلك الشخص مصابا بديدان البلهارسيا، التى تمارس حياتها داخل جسم الإنسان، حيث تبيض ويخرج بيضها مع بول أو براز ذلك الشخص المصاب عند قضاء حاجته، وهكذا تستكمل دورة حياة تلك الديدان.

ولذلك، بعد الاستحمام فى مياه الترع أحد السلوكيات الخاطئة، التى يتسبب عنها انتشار الإصابة بمرض البلهارسيا فى الريف المصرى بوجه خاص.

4- إلقاء المخلفات من السفن والعائمات (العوامات)

تعد المخلفات التى تلقيها السفن والعائمات أحد مصادر تلوث مجارى المياه الطبيعية، وبخاصة البحار والأنهار. ولا يمكن التقليل من حجم هذه المخلفات وأثرها المباشر فى تلويث تلك المجارى المائية. وتزداد خطورة هذا المصدر

نظرا لتزايد أعداد السفن التى تجوب البحار، وزيادة أعداد العائمات التى تنتشر – وبصفة خاصة – على ضفاف الأنهار ذات المياه العذبة، والتى تعد المصدر الرئيسى لمياه الشرب فى الدول التى تمر بها تلك الأنهار.

ويمكن تحديد التلوث الناشئ عن السفن والعائمات فى ثلاثة أنواع من التلوث، وهى:

أ- التلوث الناشئ عن الزيت أو الوقود المستخدم لإدارة محركات تلك السفن والعائمات.

ب- التلوث بمخلفات الصرف الصحى والقمامة الصلبة، الناتجة عن أنشطة الإنسان المختلفة ومعيشته على سطح هذه السفن أو داخل تلك العائمات.

ج- التلوث بالمواد الضارة للبيئة المائية، وذلك عن طريق تسرب جزء من حمولة تلك السفن. ويعد البترول آخر المواد التى يمكن أن تتسرب من خلال ناقلات البترول، ويسبب تلوث البيئة المائية.

أقسام التلوث المائى

يقسم التلوث المائى إلى أربعة أقسام، وهى:

1- التلوث الفيزيائى

ينشأ هذا النوع من تلوث المياه نتيجة وجود المواد العضوية وغير العضوية العالقة بالمياه، والتى تؤدى إلى تغيير لون وطعم ورائحة المياه.

ويعد ارتفاع درجة حرارة الماء نتيجة لصب مياه تبريد المصانع والمفاعلات النووية فى المسطحات المادية إحدى صور التلوث الفيزيائى والذى يعرف بـ "التلوث الحرارى". ويؤدى ذلك النوع من التلوث إلى نقص كمية غاز الأكسجين المذاب فى المياه، مما يؤدى إلى الإضرار بالأحياء المائية إلى الحد الذى قد يؤدى إلى هلاك أعداد كبيرة منها، أو هلاكها جميعا.

وكما هو معروف، فإن درجات ذوبان الغازات فى المياه – وخاصة غاز الأكسجين (O_2)– تقل مع زيادة درجات الحرارية. ويوضح جدول (7-1) ذائبية بعض الغازات فى الماء عند درجات الحرارة المختلفة وتحت ضغط واحد جوى. ويتضح من هذا الجدول أن جميع الغازات المذكورة بالجدول تقل ذائبيتها فى المياه بارتفاع درجة الحرارة، ولو أن مقدار الانخفاض فى الذائبية بارتفاع درجة الحرارة ليس منتظما. وعندما ترتفع درجة حرارة المياه، فإن ذائبية غاز الأكسجين فى هذه المياه سوف تقل (كما ذكرنا)، ولكن هذه الزيادة فى درجة الحرارة تزيد النشاطات الحيوية للأحياء المائية الموجودة بتلك المياه. وبناء على ذلك، فهناك عمليتان متضادتان تحدثان بسبب زيادة الحرارة. وينتج عن ذلك،

ازدياد التنفس على كميات الأكسجين القليلة الذائبة (غاز الأكسجين غاز شحيح الذوبان فى الماء) والمتناقصة، مما يسبب أضرارا بالغة لا حصر لها على جميع الأحياء المائية.

جدول (7-1): معاملات الامتصاص لبعض الغازات فى الماء عند درجات الحرارة المختلفة (سم^3 من الغاز/ 1سم^3 من الماء عند ضغط واحد جوى.

م	درجة الحرارة الغاز ورمزه		0°C	15°C	25°C	60°C	1000 °C
1	النوشادر	NH_3	1300	8.2	635	---	195
2	كلوريد الهيدروجين	HCl	506	458	430	339	---
3	ثانى أكسيد الكربون	CO_2	1.713	1.019	0.759	0.360	---
4	الأكسجين	O_2	0.049	0.034	0.09	0.020	0.017
5	النيتروجين	N_2	0.024	0.0184	0.014	0.010	0.010
6	الهيدروجين	H_2	0.022	0.019	0.17	0.016	0.016
7	الأرجون	Ar	0.058	0.040	0.031	---	---

2- التلوث الكيميائى

هذا النوع من تلوث عن وجود كميات زائدة من الأملاح المذابة والأحماض والقلويات والفلزات والمواد العضوية والأسمدة والمبيدات. فالفلزات – مثلا معظمها فى الماء إلى حد ما، ومنها ما هو سام، مثل: الباريوم والكادميوم والرصاص والزئبق. أما الفلزات غير السامة فتشمل الكالسيوم والماغنسيوم والحديد والنحاس والصوديوم، وتسبب زيادتها بعض الأمراض للإنسان. فزيادة تركيز الصوديوم – مثلا – تجعل الماء غير مستساغا، وتؤدى إلى مخاطر صحية لمرضى القلب والكلى، كما تؤدى إلى تسمم النباتات.

ويبلغ عدد العناصر والمركبات الكيميائية المصنعة فى نطاق واسع، والتى تعد من المنتجات السامة، أكثر من خمسمائة نوع، ولذلك، سوف نقتصر الحديث هنا عن المخلفات الصناعية كملوثات وآثارها القاتلة على الكائنات الحية، وخاصة الإنسان، حيث إن هذه المواد تؤثر على نمو وتكاثر تلك الكائنات. كما أن العديد من هذه العناصر والمركبات الكيميائية له قابلية التراكم فى أجسام الكائنات الحية، أى أن الكائن الحى لا يستطيع التخلص من الكميات التى تكون ضئيلة جدا وغير سامة عند هذا التركيز. وباستمرار التعرض لهذا الملوث يزداد تركيزه فى جسم الكائن الحى حتى يصل إلى درجة السمية، والتسمم قد لا يحدث للكائن المركز لهذه السموم، ولكن لكائن آخر يعتمد عليه فى السلسلة الغذائية.

ومن الملوثات الكيميائية الناتجة عن عمليات الصناعة عنصر الزئبق فالمصدر الرئيسى للتلوث بالزئبق هو النفايات الناتجة من خلايا التحليل الكهربى فى

صناعة هيدروكسيد الصوديوم وغاز الكلور. وتعد كمية النفايات الناتجة ضئيلة جدا، حيث تبلغ (0.1) ملى جرام/ لتر فى الماء المهدور (waste water)، كما أن هذه الكمية تخفف أكثر بعد صبها فى النهر (المجرى المائى)، ولقد وجد أن الأحياء الدقيقة تحول الزئبق غير العضوى إلى كاتيون ميثيل الزئبق. وهذا المركب يتحد بشـــدة مع البروتينات الموجودة فى الجســـم عن طريق مجموعة (SH-) التى توجد بها، وهذا يؤدى إلى تركيزها فى السلسلة الغذائية. ومن هنا، يتضح أن مجرد تخفيف النفايات السامة قبل صبها فى المياه قد لا يحل مشكلة التلوث.

والتسمم بالمركبات غير العضوية للزئبق يؤدى إلى حدوث خلل عصبى، يسمى "رعشة هانز" أى "رعشة القبعة". ويرجع هذا الاسم إلى أن الزئبق كان يستعمل كعامل مساعد فى صناعة حشو القبعات، أما التعرض لعنصر الزئبق فيؤدى إلى الصداع والرعشة والتهاب المثانة، وفقدان الذاكرة.

أما مركبات الزئبق العضوية، وخاصة: ميثيل الزئبق، فهو أكثر سمية لسهولة نفاذيته خلال الأغشية، حيث يتركز فى الدم، ويؤثر على العقل والجهاز العصبى المركزى.

ونذكر هنا كارثة "مياناتا" فى اليابان فى عام 1952م، والتى مات فيها أكثر من 25 شخصا، وأصيب المئات الآخرون بضرر دائم، وقد اتضح أن سبب ذلك هو اعتماد أفراد هذه القرية فى غذائهم على الأسماك التى كانت تحتوى على تركيزات مرتفعة من مركب الزئبق (CH_2HgSCH_3)، وكان مصدر الزئبق هو مصنع محلى يستعمل أملاح [Hg(H)] كعامل حفاز فى تحضير الاسيتيلين من الاسيتاالدهيد، حيث كان يصب ذلك المصنع مخلفاته ونفايته فى مياه البحيرة المجاورة. مما تسبب فى تلويث الأسماك التى تعيش فى تلك البحيرة بمركبات الزئبق السامة.

وكذلك، فإن الكادميوم (Cd) يعد من أخطر الملوثات لتشابهه مع الزئبق فى أن له خواص تراكمية فى أجسام الكائنات الحية، حيث يتجمع فى كلى الإنسان. كما أن هذا العنصر ومركباته يتحد مع مجموعة (SH-) فى السيستين الموجودة فى البروتين. ولذلك، فهو يثبط نشاط الأنزيمات المحتوية على المجموعة (SH-). والرصاص ومركباته من الملوثات ذات الأثر التراكمى المميت والقاتل. ويعد الرصاص ومركباته من المواد السامة، حيث أنه يتحد عن طريق مجموعات أكسو (OXO-groups) التى توجد فى الأنزيمات فى جميع خطوات تخليق الهيم. وهو كذلك عامل مثبط لوظائف العديد من الأنزيمات. كما أنه مثبط لعمليات تخليق البروتين وذلك بتغيير طبيعة الـ (Transfer-RNA). وكذلك يمكن

للرصاص أن يكون متراكبات عن طريق الاتحاد بمجموعة (SH-) فى الأنزيمات التى تحتويها، وإن كانت درجة الاتحاد أقل حدة من حالات الزئبق والكادميوم.

ومن أعراض التسمم بالرصاص: المغص، والمغص الكلوى، والتشنج، والصداع، والأنيميا، كما يؤدى التسمم بالرصاص إلى حدوث خلل فى المراكز العصبية. ومن طرق معالجة التسمم بالرصاص استعمال الكلابيات (Chelates) التى تكون متراكبات مع الرصاص، مثل: (EDTA).

والزرنيخ مثل باقى المعادن الثقيلة الأخرى ومركباتها، فإن له تأثير ضار وسام على الكائنات الحية. والزرنيخ يدخل فى عديد من الصناعات، ومن أهمها: صناعة المبيدات، حيث تستخدم مركبات الزرنيخ كمبيد للأعشاب وللحد من الحشرات والحيوانات الضارة.

وفى الحقيقة، فإن ما يزيد من حدة تأثير هذه المواد أنها تتراكم فى جسم الكائن الحى، وذلك بالاتحاد مع جزئيات البروتين والإنزيمات عن طريق المجموعات الوظيفية، مما يؤدى إلى حدوث خلل فى الوظائف الحيوية بجسم الإنسان، مما قد يؤدى إلى موته.

3- التلوث الحيوى (البيولوجى)

وينشأ هذا النوع من التلوث نتيجة الإصابة بالملوثات الحيوية كالبكتيريا والفيروسات والطفيليات التى تسبب عديد من الأمراض والأوبئة. ومصدر هذه الملوثات فضلات الإنسان والحيوان، حيث تنتقل هذه الملوثات إلى مجارى المياه من خلال الصرف الصحى أو الصرف الزراعى، حيث تؤدى إلى إصابة الإنسان بأمراض عديدة، مثل: الكوليرا وغيرها.

4- التلوث الإشعاعى

فى النصف الثانى من القرن العشرين الميلادى أزداد استخدام الطاقة النووية فى أغراض متعددة، مثل: استعمال النظائر المشعة فى الأغراض العلاجية والبحثية والصناعية، وما يصاحب ذلك من تسرب إشعاعى.

والمواد المشعة لها عواقب وخيمة على الأحياء كافة، حيث تكون المواد التى لها نصف عمر قصير (ثوان أو دقائق أو أيام ذات خطورة وقت إنتاجها، ولكن ليس لها تأثير طويل المدى على البيئة. أما المواد المشعة ذات أنصاف الأعمار الطويلة (شهور أو سنين). فلها خطورة طويلة المدى على البيئة، وتعد أخطر أنواع المواد المشعة على الإطلاق.

وفى الوقت الحالى، ينحصر الاهتمام والقلق بصورة رئيسية حول التأثير البيئى للمواد المشعة والنفايات المشعة (Radioactive wastes) الناتجة من

استخدامات الناتجة من استخدامات اليورانيوم، واليورانيوم مادة مشعة توجد فى الطبيعة. ولها نصف عمر يقدر بملايين السنين.

ولقد بدأ الاهتمام بالتلوث الإشعاعى بعد الازدياد الكبير في استعمال الطاقة النووية مما أدى إلى ازدياد النفايات المشعة وتصريف بعضها فى مجارى المياه أو تسربها إلى مياه الشرب عن طريق المياه الجوفية ومياه الأمطار، ولذلك، فإن النفايات المشعة السائلة (Liquid waste) الناتجة من تشغيل المفاعلات النووية، والنفايات الناتجة عن استعمال النظائر المختلفة، والمتساقطات (الهطل) المشع من اختبارات الأسلحة النووية، قد أضاف كميات محسوسة من الإشعاعات فوق الخلفية الطبيعية.

ومن أهم المصادر غير الطبيعية للتلوث الإشعاعى، ما يلى:

- استخراج الخامات.
- التفجيرات النووية.
- المفاعلات النووية.
- توليد الطاقة الكهربائية باستعمال الطاقة النووية.

طرق مكافحة تلوث المياه

وفى ضوء ما سبق، كانت أهمية وضرورة المحافظة على المياه وحمايتها وصيانتها من جميع أنواع صور وأشكال التلوث التى يمكن أن تصيبها.

ويمكن تحقيق ذلك من خلال ما يأتى:

- عمل الاحتياطات اللازمة لمنع تسرب مياه الصرف الصحى إلى مياه الشرب أو مصادر المياه الطبيعية، مثل: الأنهار، كذلك عدم إلقاء مياه الصرف الصحى فى مجارى المياه العذبة، وتجريم ذلك قانونا، وتجريم هذا السلوك.
- التشديد على عدم صرف مخلفات المصانع، سواء كانت سائلة أم صلبة أم غازية إلى المسطحات المائية. قبل معالجتها بطريقة مناسبة، للإقلال من الآثار التلويثية لها على تلك المسطحات.
- الاهتمام بتنقية مياه الشرب والمياه التى تخلط مع الأغذية أثناء التصنيع، وحتمية مطابقتها للشروط الصحية فى هذا الشأن، وكذلك الاهتمام بخزانات مياه الشرب بأسطح المنازل، ومتابعة صيانتها وتنظيفها بطريقة دورية.
- تحريم إلقاء الحيوانات الميتة فى مجارى المياه، وبخاصة العذبة منها مثل: الأنهار، وتجريم ذلك السلوك.
- عدم إلقاء القاذورات والمخلفات والمواد الصلبة والبلاستيكية فى مجارى المياه.

- نشر الوعى الصحى بين الفلاحين، وجذب الانتباه إلى ضرورة عدم تلويث مجارى المياه بفضلات الإنسان، لما لهذه العادة السيئة من أثر سئ فى تلويث المياه، وجعلها إحدى وسائل انتقال العدوى بالأمراض الخطيرة، مثل: البلهارسيا والكوليرا.
- نشر الوعى الصحى بين المزارعين، والتنبيه عليهم بضرورة عدم غسل آلات ومعدات رش المبيدات الحشرية فى مياه الترع والقنوات.
- عمل الاحتياطات اللازمة فى أثناء سير ناقلات البترول العملاقة فى المجارى المالية، وسرعة التحرك فيما لو حدث تسرب نفطى من إحدى هذه الناقلات، لتلافى الأخطار البيئية – أو التقليل منها قدر الإمكان – الناشئة عن تلوث المياه بالنفط.
- اتخاذ كافة الإجراءات اللازمة نحو تطبيق القانون الخاص بحماية المجارى المائية من التلوث، وبخاصة الأنهار.
- إنشاء مراكز قياسات ثابتة على المجارى المائية، لمراقبة التلوث الذى يطرأ على هذه المجارى.
- ضرورة عمل صرف خاص بمخلفات المعامل العلمية، وبعض المصانع، مثل: مصانع الكيمياويات والأسمدة والبطاريات، حيث تجمع تلك المخلفات فى أماكن خاصة، ويتم معالجتها، ثم تصريفها إلى المناطق الصحراوية بعيدا عن مجارى المياه الطبيعية.
- مكافحة جميع صور التلوث الأخرى، فالهواء الملوث بأكاسيد النيتروجين والكبريت مثلا، يؤدى إلى تكوين "المطر الحمضى"، الذى يتسبب بدوره فى تلويث المسطحات المائية.
- تجريم ما تقوم به بعض الدول المتقدمة من إلقاء مخلفاتها الصناعية والنووية بالقرب من سواحل بعض البلاد النامية، وفى مياهها الإقليمية.
- تجريم استخدام مجارى المياه، مثل : الأنهار "كحمامات" لتنظيف أجسام الحيوانات، وفرض الغرامات المناسبة على مرتكبى هذه السلوكيات.
- يجب عدم التبول أو التبرز أو الوضوء أو الاستحمام أو غسل الأوانى أو الملابس فى مياه الترع. كذلك يجب عدم السير حفاة الأقدام فى أراضى مروية بمياه الترع.