الفصل الثالث

المياه والتلوث البيئي

(٣,١) تلوث المياه

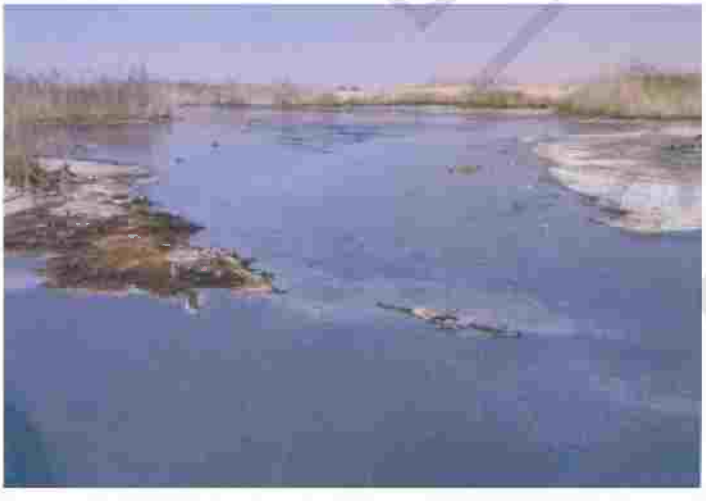
Water Pollution

الماء ذلك العنصر الحيوي الذي يعتبر أساس الحياة على كوكب الأرض. فحاجة الكائن الحي إليه ملحة واستمراريته وبقائه مرتبطة بتوفر الماء ونقاوته. كان البشر قديماً يكنون تقديراً واحتراماً خاصاً للماء وعبروا عن ذلك بالمحافظة عليه نقياً طاهراً. ويذكر أن تلوث المياه كان ممنوعاً ولم يكن مسموحاً للإنسان حتى أن يغسل يده في مياه النهر وذلك حفاظاً على قدسيته، وفرضت عقوبات صارمة على من يلوث المياه قديماً، ولكن للأسف نلاحظ أن الماء فقد في هذا العصر احترامه وتقديسه كمصدر طبيعي غالي الثمن ولا يمكن الاستغناء عنه. إن المجتمع البشري في العصر الراهن لم يحسن التعامل مع هذا العنصر الصغير في حجمه والكبير في مفهومه وأهميته مما أدى إلى تدهور وتلوث معظم المصادر المائية (الصورتان ٣,١ — ٣,٢).

يعتبر الإنسان الملوث الأول للبيئة بصفة عامة وللمياه بصفة خاصة وذلك بسبب تفاقم نشاط الإنسان في مجال الصناعة والزراعة والتعدين....إلخ. لاسيما في المناطق المجاورة لمصادر المياه، وأدى ذلك إلى حدوث تغير واضح في الخواص الفيزيائية والكيميائية والحيوية للمياه نتيجة لزيادة تركيز العديد من الملوثات في هذه المياه، لذلك

بدأت أعراض تلك الملوثات تدق ناقوس الخطر المتمثل في تدهور إنتاج البحار والمحيطات والأنهار، وموت الكائنات الحية خصوصاً بالمناطق الساحلية وأصبحت المياه السطحية في العديد من المناطق غير صالحة للاستهلاك البشري والبعض منها أصبح بيئة غير ملائمة لنمو وتكاثر الأحياء المائية (الصورتان ٣,٣- ٣,٤).

الصورة (٣,١). صورة جوية لموقع صب المياه الملوثة.



الصورة (٣,٢). البحيرة المتكونة من صب المياه الملوثة .

الصورة (٣,٣). مكب تفريغ المياه الملوثة.

الصورة (٣,٤). الجريان السطحي للمياه الملوثة.

والأمثلة على الأنهار الملوثة كثيرة منها على سبيل المثال نهر الراين الذي يعبر ألمانيا وهولندا أطلق عليه مجازاً اسم " مجاري أوروبا " وهذا الاسم يعبر عن حالة التلوث الشديد لمياه هذا النهر.

نهر التيمس الذي يخترق مدينة لندن درج سكان المدينة على إلقاء كل مخلفاتهم التي تحتوي على فضلات الإنسان والصناعة وغيرها في النهر وبمرور الوقت تحول هذا النهر إلى كتلة قذرة وأصبحت مياهه في منتصف القرن التاسع عشر شديدة التلوث وتطفو على سطحه كل أنواع الفضلات والمخلفات.

وكذلك الحال بالنسبة للأنهار التي تمر في الدول العربية مثل نهر النيل، دجلة والفرات كلها كانت والبعض منها لازال ملوث بمختلف النفايات الممرضة والقاتلة.

ولا يقتصر التلوث على الأنهار والبحيرات فقط، بل امتد هذا التلوث اليوم إلى مياه البحار والمحيطات رغم اتساع رقعتها ويلاحظ التلوث بوضوح حول المناطق الصناعية المقامة على شواطئ البحار، والموانئ التي تتكدس بها مختلف أنواع السفن والناقلات ومن الأمثلة على البحار الملوثة نأخذ البحر الأبيض المتوسط الذي يستقبل مخلفات ١٢٠ مدينة تقع على سواحله وتلقي هذه المدن بمخلفات سكانها ومصانعها في هذا البحر. وكذلك الحال بالنسبة للبحر الأحمر الذي يعتبر شبه بحيرة مغلقة والخليج العربي ونفوق الأسماك على سواحل دول الخليج مثل الكويت كل هذه البحار ملوثة بمختلف الملوثات ومن مصادر مختلفة. والمحيطات لا تقل سوءاً عن الأنهار والبحار من حيث درجة التلوث.

(٣,٢) تعريف تلوث المياه

توجد عدة مفاهيم لتعريف تلوث المياه ويعزى هذا الكم الهائل من التعاريف إلى كثرة المهتمين بتلوث المياه في الآونة الأخيرة. من هذه التعاريف نذكر الآتي :

١ – تلوث المياه هو : عبارة عن الاختلال أو الإخلال في التوازن الطبيعي للبيئة المائية بشكل يؤثر في حياة الأحياء المائية.

٢- تلوث المياه هو: كل تغير في الصفات الطبيعية والكيميائية أو الحيوية للماء مما يجعله مصدراً للإضرار بالاستعمالات المعتادة للإنسان والحيوان والنباتات والأحياء الدقيقة.

٣- تلوث المياه هو: كل ما يحدث تغير في تركيب الماء Water Composition أو حالة الماء Water Condition بحيث يصبح الماء أقل صلاحية لكل أو بعض الوظائف التي يقوم بها الماء عندما يكون في حالته الطبيعية (Helmer and Hespahol, 1997).

(٣,٣) أثر المياه في البيئة

تقوم المياه بتأثيرات مختلفة على الأرض فهي تفتت الصخور وتذيب بعض المكونات وتنقل التربة والطين وتعري بعض المناطق (تعرية) وتجري بالأنهار والبحيرات وفي بعض الحالات تكون شديدة الخطر خصوصاً في حالة الفيضانات.

وتعتبر الأمطار عاملاً رئيساً من عوامل التعرية وتؤثر بشكل واضح على سطح التربة عن طريق الفعل الميكانيكي (التعرية) والناتج عن التفتيت والنقل والترسيب أو حركة الماء فوق سطح التربة، أما العامل الآخر فهو الفعل الكيميائي (التجوية) حيث تتفاعل المياه مع بعض مكونات سطح التربة.

(٣,٤) طرق تلوث المياه

(٣,٤,١) تلوث المياه من الحوادث الطبيعية

تذيب الأمطار أثناء سقوطها بعض الغازات أو الشوائب الموجودة في الهواء مثل الأكسجين والنيتروجين وثاني أكسيد الكربون وقد تصل نسبته في بعض المناطق في ماء المطر إلى ٣٠ أو ١٠ مرات نسبته في الهواء.

وقد تحتوي مياه الأمطار على بعض الغازات الأخرى الذائبة مثل أكاسيد النيتروجين وثاني أكسيد الكبريت وهي أكاسيد حمضية أي أنها تكون أحماضاً مع الماء ولذلك تعرف الأمطار المحملة بهذه الأكاسيد بأنها أمطار حمضية وهي تسبب كثيراً من الأضرار والمشاكل البيئية كما حدث في مناطق الشمال الأمريكي لوجود المصانع الكبيرة والتي تنتج ثاني أكسيد الكربون والتي تنتج عن الإفراط في حرق مختلف أنواع الوقود مثل الفحم والبترول في المراكز الصناعية هذه.

وينتج عن حرق هذه الكميات الهائلة من الوقود المستخدم وخاصة في المصانع تكون كميات كبيرة جداً من الغازات الحمضية الضارة مثل ثاني أكسيد الكبريت وكبريتيد الهيدروجين وبعض أكاسيد النيتروجين أو بعض آثار من الفلزات السامة مثل الكادميوم الذي يتطاير مع الرماد الذي تحمله غازات الاحتراق الذي ينتشر في الجو.

وتتفاعل هذه الغازات مع بخار الماء الموجود في الهواء وفي وجود الأكسجين لتعطي أحماضاً قوية فيتحول غاز ثاني أكسيد الكبريت وكبريتيد الهيدروجين إلى حمض الكبريتيك وتتحول أكاسيد النيتروجين إلى حمض النتريك.

وفي حالة الجفاف فإن الأحماض الناتجة تنتشر في الهواء على هيئة رذاذ دقيق وتسقط في الجو الرطب على هيئة أمطار حمضية على أحواض المياه أو التربة.

وللأمطار الحمضية آثار ضارة فهي تتفاعل مع بعض المكونات القلوية بالتربة وتغير تركيبها فتقلل بذلك صلاحية التربة للزراعة ، وقد تفتت بعض الصخور وقد تسبب في إذابة بعض المركبات الهامة لنمو النباتات وتحملها معها بعيداً عن منطقة الجذور مثل أملاح الكالسيوم والماغنسيوم والبوتاسيوم.

كذلك تؤدي الأمطار الحمضية إلى تغير في طبيعة البحيرات أو المياه المقفلة مما قد يؤثر على مكوناتها الفطرية من نباتات وحيوانات ومن أشهر الأمثلة على ذلك هي

بحيرة إنتريو بكندا حيث تحولت من مياه معتدلة إلى مياه حمضية نتيجة لسقوط الأمطار الحمضية باستمرار مما أثر على أغلب الكائنات الحية بها.

وتعاني دول مثل أمريكا وألمانيا والسويد من مشاكل الأمطار الحمضية ففي السويد تحولت ٢٠٪ من بحيراتها إلى بحيرات حمضية (غرابيه و الفرحان، ١٩٨٧م).

كذلك قد تؤثر الأمطار الحمضية على مياه الشرب فهي ترفع من نسبة حموضة المياه في خزانات السدود وتؤدي إلى صدأ كثير من المعدات المستعملة في السدود كما أنها قد ترفع من نسبة الفلزات الثقيلة في المجاري المائية التي تؤخذ منها مياه الشرب نتيجة لإذابتها لبعض من هذه الفلزات من سطح التربة.

• تؤثر المياه الحمضية على المباني. ويمكن مشاهدة ذلك في المباني بمدينة لندن حيث تآكلت بعض أحجار المباني.

• لا يمكن الاستهانة بكميات الغازات الحمضية المتصاعدة من المصانع حيث من المتوقع أن تصل في شرق كندا فقط إلى أكثر ٨ طن/هكتار في العام (Canada Annual Report, 2002) جلها من غازات SO_2 و NO_x. ولقد وصلت حموضة المياه (pH) في الأنهار في المنطقة إلى حوالي ٥.٤.

• ولقد تم التركيز على غاز ثاني أكسيد الكبريت SO_2 لتأثيره السيء في تكوين الأمطار الحمضية فإن مياه الأمطار تقوم بتفكيك الصخور النارية الصلبة تدريجياً وتحولها إلى ترب زراعية وتحت هذه الظروف ولفترات طويلة جداً لتكوين التربة والتي من عناصر تكوينها هي : المادة الصلبة– الزمن– الطبوغرافية– المناخ– الأحياء.

(٣,٤,٢) الفعل الميكانيكي للماء "الانجراف"

يتم الانجراف بعمليات ثلاث رئيسة وهي التفكيك والنقل والترسيب. وهناك أنواع مختلفة للانجراف المائي بالنسبة للترب فقد يكون طبقي ـ أخدودي ـ خندقي.

ويتسبب تحرك مياه الأمطار الغزيرة على هيئة سيول في نقل التربة من محل إلى آخر مما يقلل من صلابة التربة للزراعة والتي تحمل معها الطبقة الغنية من التربة إلى الجداول والأنهار والبحيرات والبحار، كما أن وجود النباتات في المنطقة يقلل من الفعل الميكانيكي للمياه ولهذا فإن قطع أشجار الغابات يتسبب في زيادة الانجراف المائي للطبقة السطحية للتربة. و تؤدي السيول الناتجة عن الأمطار الغزيرة إلى أضرار أخرى في بعض الأحيان فقد تسبب هذه السيول في تفتيت الصخور وتنقل معها الفتات بكميات كبيرة تدمر كل شيء في طريقها، وقد تسبب السيول في انهيارات جبلية تحمل معها المنشآت المقامة في المنطقة.

لا يقتصر تلوث المياه على المياه الناتجة من الأمطار فلقد بلغ التلوث إلى مياه المحيطات والبحار والأنهار في الطبقات السطحية وفي كثير من الأحيان إلى أعماق هذه المياه، وهناك مصادر متعددة لتلوث الماء، فالماء قد يتلوث بمياه الصرف الصحي التي قد تختلط به بسبب من الأسباب وقد يتلوث الماء بمخلفات البترول التي تلقيها الناقلات وقد يتلوث بالمخصبات الزراعية أو المبيدات الزراعية أو المواد الكيميائية التي تحذفها المصانع.

(٣,٤,٣) تلوث الماء بمياه الصرف الصحي

تتكون مياه الصرف الصحي من خليط من أنواع المياه فهي تتكون من مياه دورات المياه بالمنازل أو المتاجر أو المصانع الصغيرة القريبة من شبكات الصرف الصحي ومياه الأمطار، عند إلقاء مياه الصرف الصحي في المجاري أو الأسطح المائية مثل الخليج العربي أو البحر الأحمر فإنها تجعل هذه المجاري غير صالحة للحياة لكثير من الكائنات الحية لأن مياه الصرف الصحي تحمل معها كثير من المواد الضارة والتي تؤثر

تأثيراً بالغ الضرر على الأسماك وعلى غيرها من الكائنات كما أنها غير صالحة للاستخدامات الأخرى.

تستهلك المواد العضوية الموجودة بالمياه "الصرف الصحي" قدراً كبيراً من الأكسجين الذائب في المياه "الأنهار والبحيرات" وإذا قلت نسبة الأكسجين الذائب في الماء عن ٥ جزء بالمليون فإن المياه تصبح غير صالحة للكائنات الحية و عادة ما تحتويه المياه من الأكسجين الذائب بين ٠-١٨ جزء بالمليون (Lamb, 1985). يجب أن تكون نسبة مياه الصرف الصحي إلى المياه ١ : ٧٠ والمعالجة ١ : ٤٠ ولذا يمكن معالجة مياه الصرف الصحي معالجة أولية قبل رميها في البحار ومراعاة بعدها من الساحل وعمقها والاحتياطات الأخرى، عند إلقاء مياه الصرف الصحي في المناطق الصحراوية والبعيدة عن العمران فيجب أن يراعى ألا تختلط هذه المياه بالمياه الجوفية حتى لا يتسبب ذلك في تلوث المياه الجوفية ويفضل دائماً معالجة مياه الصرف الصحي قبل إلقائها في البحار أو في الصحراء تجنباً لحدوث التلوث (السعدي، ٢٠٠٦م).

(٣,٤,٤) تلوث المياه بمخلفات البترول

ظاهرة تلوث مياه البحار والمحيطات بزيت البترول ظاهرة ظهرت مع استخدام البترول ونقله عبر المحيطات والبحار، يمكن ملاحظة هذه الظاهرة في مناطق كثيرة من العالم سواء في منتصف البحار أو عندما يحركها الموج من على السواحل، هناك عدة أسباب لتلوث المياه بمخلفات البترول منها:

- الحوادث التي تقع في بعض آبار البترول البحرية.
- الحوادث التي تقع بين الناقلات.
- الحوادث التي تقع نتيجة تسرب البترول على الشواطئ.
- حوادث التلوث البترولي نتيجة الحروب في منطقة الخليج العربي.

عادة ما يكون الزيت المتدفق بقعة كبيرة تطفو فوق السطح وتبدأ البقعة بالانتشار تدريجياً لتغطي مساحة كبيرة من الماء، تتصاعد أبخرة من البقعة تلوث هواء المنطقة، يتكون مستحلب من الزيت وماء البحر يؤدي إلى تلوث جزء من مياه البحر العميقة. ويقوم المستحلب بامتصاص كثير من المواد العضوية الضارة مثل المبيدات الحشرية أو المنظفات الصناعية أو بعض العناصر مثل Cd، وعندما ينتشر زيت البترول فوق سطح الماء على هيئة طبقة رقيقة يحدث في الطبقة تفاعل كيميائي ضوئي يتأثر بأشعة الشمس والأكسجين فتأكسد السلاسل الهيدروكربونية التي يتكون منها زيت البترول وهي مواد يسهل ذوبانها بالماء ولكنها سامة تؤثر على الحياة، وعندما تتطاير الأجزاء الطيارة من بقعة الزيت بعد عدة أيام لا يبقى منها إلا الأجزاء الثقيلة غير قابلة للتطاير وتتحول بمرور الوقت إلى كتل صغيرة سوداء. والتي مكوناتها القار (الإسفلت). لقد استخدم المنظف الصناعي في بعض الحالات للتخلص من البقع الزيتية الكبيرة فهي تكون مستحلباً مع الزيت يسهل سحبه من مياه البحر ولكن هذه الطريقة تحتاج إلى استخدام كميات كبيرة من المواد الصناعية لإزالته، مثلاً تم استخدام ١٠,٠٠٠طن من المستحلب لإزالة ١٨,٠٠٠طن زيت (السعدي، ٢٠٠٦م). وتوضح كثير من الدراسات أن مياه البحار والمحيطات تلوث كل عام بعدة ملايين من الأطنان من زيت البترول، لقد تبين أن أحد مصادر التلوث للبحار هو ما يعرف باسم "ماء التوازن" وهو الماء الذي تملأ به الناقلة الصهريج الفارغ في حالة العودة إلى ميناء التصدير.

(٣,٤,٥) تلوث الماء بالمخلفات الصناعية

تقام كثير من المنشآت الصناعية على الشواطئ مثل المجمعات الصناعية في الجبيل وينبع وكثير من هذه المنشآت تقوم بإلقاء مخلفاتها في المياه، وتمثل المخلفات

الصناعية والمنتوجات الثانوية خطراً على جميع الكائنات الحية التي تعيش قرب هذه المنشآت ؛ لأن كثير من هذه المخلفات سامة وتتحلل بسرعة ويبقى أثرها طويلاً. وتختلف المخلفات الصناعية التي تلقى في المياه فقد يكون بعضها على هيئة مواد كيميائية تستهلك الأكسجين الذائب في الماء ومنها ما هو سام للكائنات الحية ، وأحياناً يزيد ما تستهلكه المخلفات الصناعية من الأكسجين إلى أربعة أضعاف ما يستهلكه مياه الصرف الصحي. إن بعض المواد الكيميائية الموجودة بالمخلفات تؤثر مباشرةً على الكائنات الحية وبعضها سام أيضاً مثل مركبات الفوسفور العضوية ، بالإضافة إلى بعض المنظفات الصناعية مثل الرصاص والزئبق. وتنقسم المنظفات الصناعية إلى قسمين ، أحدها سريع التفكك والتحلل بفعل الكائنات الحية الدقيقة والتي تعيش في المياه وتسمى المنظفات الميسرة Soft Detergents وهي لا تسبب تلوثاً شديداً للماء وينتهي أثرها بعد فترة قصيرة. والنوع الثاني يقاوم التحلل ويعرف بالمنظفات العسرة Hard Detergents وتبقى الآثار الضارة فترة طويلة (عطية وعماد ، ١٩٩٨م).

وتحتوي كثير من المنظفات الصناعية على مركبات الفوسفور وبذلك تساعد هذه المنظفات بطريقة غير مباشرة على وصول المجاري المائية إلى حالة التشبع الغذائي (السعدي ، ٢٠٠٦م). وتحتوي مياه الصرف الصحي على ما يقارب ٧٠ ٪ من مركبات الفوسفور و الناتج من الغسيل ، بينما تحتوي المياه التي تلقى بها المخلفات الصناعية على مواد شديدة السمية الناتجة من مصانع الطلاء حيث تحتوي على أيونات السيانيد وهي مادة سامة وقاتلة ، وفي بعض المصانع التي تستخدم طرق التحليل الكهربي بواسطة أقطاب الزئبق لإنتاج NaOH يتسرب منها الزئبق في المياه الصرف الصحي. وفي الدول الصناعية فإنه يحدث نفوق للكثير من الأسماك بالقرب من المصانع التي تقذف مخلفاتها والتي عادة تحتوي على الزئبق إلى البحيرات أو البحار ، وكان يعتقد أن تلوث

المياه بنسب قليلة من الزئبق لا تمثل خطورة ولقد تبين لاحقاً بأن هذا غير صحيح حيث أن الأسماك لها القدرة على تخزين الزئبق في أجسامها على هيئة مركب عضوي يسمى (ثنائي فنيل الزئبق)، تشترك مع الزئبق فلزات أخرى ثقيلة مثل الرصاص والكادميوم والزرنيخ وهي عناصر تجعل المياه غير صالحة للشرب، وقد تحتوي مخلفات المصانع على مركبات كيمائية ملوثة مثل مجموعة المركبات العضوية والتي تعرف باسم مركبات "ثنائي الفنيل متعددة الكلور" Polychlorinated Biphenyls (P.C.B.) حيث توجد في مخلفات مصانع الورق والنسيج وغيرها، المخلفات الصناعية قد تحتوي على مركبات الدايوكسين "Dioxin" وهي مواد شديدة السمية وقد تسبب السرطان حيث تستخدم في تصنيع المبيدات، كثير من المركبات شديدة الثبات ويبلغ نصف العمر لها نحو ١٠ سنوات أي أنه إذا وجد أجزاء منها بالماء يلزم ١٠ سنوات لتحلل ٠,٥٠ جرام (WHO, 2004).

(٣,٤,٦) تلوث المياه بالمبيدات

انتشر استخدام المبيدات الحشرية لمكافحة الآفات الزراعية بعد الحرب العالمية الثانية وقد أسرف الإنسان في استخدامها، قد يصل نسبة الجزء المتبقي من المبيدات في التربة إلى ١٥٪. وقد تصل المدة التي يتحلل فيها المبيد على ١٠ سنوات، ففي الولايات المتحدة الأمريكية استخدم مبيد حشري (D.D.T.) على بحيرة "كلير Clear" بكميات صغيرة لا تتعدى ٠,٢ جزء بالمليون، وبعد تحليل المياه للمبيد تبين أن البحيرة لا تحتوي على تراكيز من المبيد ولكن تبين لاحقاً أن أسماك البحيرة وصل التركيز فيها إلى (5 ppm) وفي البط إلى ٢٠٠٠جزء بالمليون أي ١٠,٠٠٠ تركيز المضاف، هناك كثير من المبيدات التي تسربت إلى المياه والمجاري المائية أدت إلى تلوث المياه بالمخصبات الزراعية (السعدي، ٢٠٠٦م).

(٣,٥) مصادر تلوث البيئة المائية

Resources of Water Pollution

يمكن تقسيم هذه المصادر إلى أربعة أقسام رئيسة (العودات وباصهي، ١٣٩٣م) هي:

١ – التلوث الفيزيائي.

٢ – التلوث الكيماوي.

٣ – التلوث البيولوجي.

٤ – التلوث الإشعاعي.

١ – التلوث الفيزيائي

ينتج عنه تغير المواصفات القياسية للماء عن طريق تغير درجة حرارته أو ملوحته أو ازدياد المواد العالقة به، سواء أكانت من أصل عضوي أم غير عضوي. إن زيادة تبخر ماء البحر أو الأنهار يؤدي إلى زيادة تركيز ملوحة الماء لاسيما في الأماكن الجافة أو عندما تقل كمية الأمطار الساقطة. كما أن التلوث الفيزيائي الناتج عن ارتفاع درجة الحرارة يكون في الغالب بسبب إضافة مياه تبريد المصانع والمفاعلات النووية القريبة من المسطحات المائية مما يؤدي إلى ارتفاع درجة حرارة الماء ونقص الأكسجين وكل ذلك يؤدي إلى موت الكائنات الحية.

٢ – التلوث الكيماوي

سبب هذا التلوث هو ازدياد الأنشطة الصناعية والزراعية بالقرب من المسطحات المائية مما يؤدي إلى تسرب المواد الكيماوية المختلفة إلى المياه وتعتبر الأملاح المعدنية والأحماض والأسمدة والمبيدات من نواتج هذه الأنشطة الذي يؤدي اختلاطها بالماء إلى تلوثه وتغير صفاته وهناك العديد من الفلزات السامة في الماء تؤدي إلى التسمم

إذا وجدت بتراكيز كبيرة مثل Hg, Pb, Cd, Br فإن زيادتها في الماء يؤدي إلى بعض الأمراض للإنسان بالإضافة إلى تغير بعض الخواص الطبيعية للماء مثل الطعم وجعله غير مستساغ. كما أن بعض الملوثات العضوية مثل الأسمدة النيتروجينية والفوسفورية التي يؤدي وجودها في الماء إلى تغير رائحته ونمو الأعشاب والطحالب مما يؤدي إلى زيادة استهلاك الماء وزيادة البخر. وقد يؤدي ذلك إلى ما يسمى بظاهرة الشيخوخة المبكرة للبحيرات حيث تتحول إلى مستنقعات مليئة بالحشائش والطحالب.

٣- التلوث البيولوجي

ينتج هذا التلوث بسبب ازدياد الكائنات الحية الدقيقة المسببة للأمراض مثل البكتيريا والفيروسات والطفيليات في المياه. ومصدر هذه الكائنات الملوثة هو في الغالب اختلاط فضلات الإنسان والحيوان بالماء، بطريق مباشر عن طريق إضافة هذه الفضلات مباشرة إلى المسطحات المائية أو عن طريق غير مباشر عن طريق اختلاط المسطحات المائية بماء الصرف الصحي أو الزراعي. يمكن استخدام هذه المياه من قبل الإنسان بعد تعريضها للمعاملة بالمعقمات المختلفة مثل الكلور والترشيح بالمرشحات الميكانيكية.

٤- التلوث الإشعاعي

مصدر هذا التلوث يكون في الغالب عن طريق التسرب الإشعاعي من المفاعلات النووية أو عن طريق التخلص من هذه النفايات في البحار والمحيطات والأنهار. وفي الغالب لا يحدث هذا التلوث أي تغير ملحوظ في صفات الماء الطبيعية مما يجعله أكثر الأنواع خطورة، حيث تمتصه الأحياء المائية وتتراكم في أجسامها ثم تنتقل إلى الإنسان عند تناوله لهذه الأحياء المائية وتسبب له العديد من التأثيرات الخطيرة مثل الخلل والتحولات في الجينات الوراثية وبعض الأمراض السرطانية (العودات وياصهي، ١٣٩٣م).

(٣,٦) تلوث المياه السطحية (المياه العذبة)

تشمل المياه السطحية كالأنهار والبحيرات والوديان والعيون وتشكل هذه المياه جزءاً صغيراً جداً من سطح الكرة الأرضية إذا ما قورنت بمياه البحار والمحيطات. كما هو معروف فإن المياه تغطي حوالي ٧١٪ من سطح المعمورة وأقل من ٢٪ تمثل المياه العذبة. ورغم صغر مساحة هذه المياه إلا أن أهميتها بالنسبة لحياة الإنسان تعتبر كبيرة جدا ؛ لأنها المصدر الأساسي لمياه الشرب والاستعمالات اليومية المختلفة كالزراعة والصناعة وغيرها من النشطة البشرية لذلك يعتبر تلوث هذه المياه من أخطر أنواع التلوث على الإطلاق.

بدأ الإنسان في الآونة الأخيرة بالإضرار بهذا المصدر الحيوي الطبيعي وذلك من خلال أنشطته المختلفة ونتج عن ذلك تلوث هذه المياه. وأهم مصادر هذا التلوث هو صرف الملوثات الكيميائية المختلفة الناتجة عن المصانع والصرف الصحي في هذه المسطحات المائية ، كما أن الصرف الزراعي وما يحمله من الأسمدة العضوية والمبيدات ومياه السيول وما تحمله من مواد ذائبة عضوية وكيماوية كلها قد تعد من المصادر الملوثة لمياه الأنهار والبحيرات. كما أن زيادة النشاط الصناعي وتلوث الجو أدى إلى حدوث ظاهرة المطر الحمضي الذي يهدد مصادر المياه العذبة في العالم لاسيما في الدول الصناعية. و من أهم ملوثات المياه العذبة :

١- المجاري المنزلية.

٢- النفايات الصناعية.

٣- الأنشطة الزراعية.

٤- التلوث الحراري.

٥- التلوث بالنفط.

٦- التلوث الميكروبي.

٧- الأمطار الحمضية.

٨- التلوث الإشعاعي.

٩- الإثراء الغذائي.

(٣,٦,١) ملوثات المياه العذبة

(٣,٦,١,١) ملوثات المجاري المنزلية

تعتبر هذه الفضلات مصدراً هاماً للمواد الملوثة للبيئة المائية العذبة وذلك بسبب ماتحمله من مواد مختلفة تشمل ما يلي :

أ) الفضلات المستهلكة للأكسجين

تشمل المواد العضوية الذائبة والمواد العالقة التي تستهلك قدراً كبيراً من الأكسجين المذاب في الماء نتيجة لتفاعل وتحلل المواد العضوية ، وهذا يؤثر في حياة الأسماك وبقية الأحياء المائية وذلك بسبب حرمانها أو عدم توفير الأكسجين المذاب لهذه الأحياء. ومن المعروف أنه إذا قلت نسبة الأكسجين المذاب في الماء عن ٥ جزء بالمليون فإن هذه المياه تصبح غير صالحة لحياة الكائنات البحرية من نباتات أو حيوانات (Lamb, 1985) .

وفي العادة تشمل المواد العضوية المكونات الرئيسة الثلاثة وهي :

١-الكربوهيدرات ٢-البروتينات ٣-الدهون.

ب) المواد المترسبة

تشمل المواد العضوية وغير العضوية التي تستقر في قاع الأنهار والبحيرات. وتقوم المواد العضوية بإزالة الأكسجين عند تكسيرها وتحللها كما ذكر في السابق. وتكون المشكلة أكثر تعقيداً في حالة وجود المواد العضوية بطيئة التحلل. وعند تحلل المواد العضوية فإنها تضيف إلى البيئة المائية بعض الأملاح المغذية وهذه بدورها تفيد في

نمو النباتات والأعشاب المائية مثل الطحالب. أي أن ذلك يؤدي إلى تحول المياه العذبة إلى مستنقعات تنتشر بها الطحالب والنباتات المائية.

ج) الأملاح المغذية (المواد المغذية)

بعض المواد النيتروجينية والفوسفورية تعمل على إثراء البيئة المائية بالعناصر الضرورية لنمو النباتات وخاصةً الطحالب. وقد يكون هذا النمو بدرجة عالية غير مرغوب فيها مما يسبب خللاً في التوازن البيئي وهذا يسبب مشكلة إضافية عند تنقية المياه لغرض الشرب، أو قد تسبب كذلك تلوث البيئة المائية عندما تموت هذه الطحالب وتتحلل أجسامها وتستهلك الأكسجين المذاب وينتج عن ذلك نقص في كمية الأكسجين اللازم لنمو الأحياء المائية الأخرى. فالتركيزات العالية من NO_3^- في مياه الشرب قد تسبب مرض الزرقة عند الأطفال ويقلل من إنتاجية بعض الكائنات المائية. إن الحد المسموح به من النترات في مياه الشرب لا تتجاوز ١٠ مليجرام / لتر (WHO, 2004).

د) المواد الطافية على السطح

تشمل المواد العضوية وغير العضوية وكذلك المواد العالقة ، كل هذه المواد تقلل من نفاذية الضوء مما يؤثر على نشاط بعض الأحياء المائية.

هـ) مسببات الأمراض

تعتبر فضلات الحيوانات والمجاري من أهم المصادر للميكروبات المسببة للأمراض. (البكتيريا، الفيروسات والطفيليات) ومن الأمراض التي تسببها فضلات المجاري: التيفوئيد، الكوليرا، الحمى الصفراء، البلهارسيا وغيرها.

و) المنظفات الصناعية

هناك ثلاث فئات من المنظفات شائعة الاستعمال هي:

١ – منظفات سالبة التأين وهي الأكثر استعمالاً وهي صعبة التحلل وسامة للأسماك حتى في تراكيز منخفضة حوالي ٧.٦ مليجرام / لتر (السعدي، ٢٠٠٦م).

٢- منظفات موجبة التأين تستخدم ضد البكتيريا وهي خطرة بتركيز بضع مليجرامات / لتر.

٣- منظفات غير متأينة وهي تمثل المنظفات الشائعة الاستعمال، بصفة عامة تؤدي هذه المنظفات إلى تكون رغوة في المياه وهذه الرغوة تقلل من كمية الأكسجين الذائب. وحديثاً تم تصنيع منظفات لا تكون رغوة حيث إن المركبات الداخلة في تصنيع هذه المنظفات تتكسر وتتحلل بواسطة البكتيريا الموجودة في مياه المجاري. بالإضافة إلى ذلك فإن بعض المنظفات تحتوي على كميات كبيرة من الفوسفات التي تلقى في المياه وقد أدى ذلك إلى أن بعض الدول مثل الولايات المتحدة منعت استخدام المنظفات التي تحتوي على الفوسفات والتي تعتبر أكثر فاعلية في تنظيف الملابس.

(٣,٦,٢) الملوثات الصناعية

تحتوي هذه المنظفات على المواد التالية:

أ) مواد طافية: مثل الزيوت، الدهون والرغوة هذه المواد تشوه منظر المياه وتتلف الكساء الخضري عند الشواطئ، وتسمم الأحياء المائية وتعيق التهوية في الماء وتقلل من نفاذية الضوء في الماء.

ب) مواد عالقة: هي مواد تبقى عالقة في الماء لا تترسب إلا ببطء شديد وتسبب عكارة لاسيما في الأنهار وينتج عن ذلك تأثير سلبي على حياة الأحياء المائية من خلال تأثيرها على وسائل تحلل الضوء المطلوب كمصدر للطاقة في عملية البناء الضوئي. كما أن التصاق بعض الحبيبات العالقة على سطح النباتات المائية مثل الطحالب يعيق من نموها.

ج) مواد مذابة: مثل الأحماض والقلويات والمعادن والمبيدات الحشرية وغيرها، والتي تؤثر على نشاط الأحياء المائية فضلاً عن تغير الطعم والرائحة

واستهلاك الأكسجين المذاب في تفاعلات كيماوية (السعدي، ٢٠٠٦م، العودات وباصهي، ١٣٩٣م).

(٣,٦,٢,١) الملوثات الفيزيائية

وتشمل الصفات التالية : ١- اللون. بعض المواد الكيماوية الناتجة عن المصانع تسبب تغير في لون المياه كما هو الحال في مخلفات ونفايات مصانع الورق والأصباغ، وتغير اللون يؤثر سلباً من الناحية البيئية في تحلل الضوء فضلاً عن تغير الطعم.

٢- الطعم والرائحة. يعزى مصدر الروائح أساساً على الغازات الذائبة في الماء مثل غاز كبريتيد الهيدروجين H_2S والمركبات العضوية المتطايرة لاسيما في المسطحات المائية البطيئة التصريف. أما الطعم فإنه يعزى إلى وجود بعض المواد الكيماوية مثل الأملاح المذابة مثل أملاح الحديد والمنجنيز Zn, Na, Mg, K, cu فضلاً عن وجود المواد العضوية.

٣- العكارة Turbidity. وجود المواد العالقة تسبب عكارة المسطح المائي ومصدر هذه المواد العالقة هو الفضلات الصناعية التي تزيد من عكارة الماء مثل دقائق الطين والغرين (السلت) مما يقلل من نفاذ الضوء في الماء وينتج عن ذلك قلة عمق الطبقة الضوئية المنتجة. وتتراوح قيم العكارة في المياه السطحية بين ١- ١٠٠٠ NTU) حسب كميات ما يضاف من المواد المختلفة إلى المياه الجارية (Lamb, 1985) .

٤- درجة الحرارة: تلقي بعض المصانع مخلفات سائلة ذات حرارة مرتفعة جداً وهذا يؤدي إلى موت كثير من الأحياء المائية أو تؤثر في إمكانية بعض الأحياء المائية القيام بنشاطها الطبيعي .

(٣,٦,٢,٢) الملوثات الكيماوية

وتشمل ما يلي :

١- قيم درجة تركيز الهيدروجين: (pH)

تلقي المصانع بعض المواد الكيماوية ذات طبيعة حمضية أو قاعدية عالية مثل معامل إنتاج الأسمدة ومصافي تكرير النفط ومعامل إنتاج الزيوت ينتج عن إضافة هذه المواد إلى الماء تغيراً في قيم pH المياه يؤثر على الأحياء المائية بالإضافة إلى جعل المياه غير صالحة للاستهلاك البشري. أما المواد المسببة للحموضة فمصدرها في الغالب مناجم الفحم الحجري حيث تتلوث مناطق واسعة من الأنهار القريبة ، وتتضمن المواد الحمضية مثلاً أكسدة كبريتيد الحديد وحامض الكبريتيك وأكاسيد الحديد. وعلى سبيل المثال فإن قيم حموضة المياه في شرق كندا و القريبة جدا من المصانع تصل إلى ٤.٥ وهي قيمة منخفضة للمياه وقد تسبب مشاكل صحية كثيرة (Canada Annual Report, 2002) .

٢- المواد العضوية

تقوم أغلب المنشآت الصناعية بإلقاء كل نفاياتها ومخلفات أو فضلاتها العضوية الحاوية على مركبات عضوية في المجاري المائية. ولهذه النفايات صور مختلفة من التلوث هي :

أ) مخلفات سامة التأثير ولا تتحلل بفعل العوامل الطبيعية مثل أشعة الشمس والأكسجين وبعض أنواع البكتيريا بسهولة لذلك يبقى أثر هذه المواد طويلاً في المياه ومنها ما هو سام لجميع الكائنات المائية النباتية والحيوانية مثل ايونات السيانيد والمركبات الفينولية المكلورة.

ب) مخلفات أو مواد تستهلك الأكسجين الذائب في المياه وتؤدي إلى موت الأحياء المائية في البيئة المائية ذات الطلب المرتفع من الأكسجين الذائب. لذلك يستمر

الاحتياج للأوكسجين الحيوي (BOD) كمؤشر للتلوث العضوي للمياه وقد تم تصنيف مياه الأنهار حسب قيمة BOD والتي تحسب عادة بعد خمس أيام BOD_5 كما يلي (أحمد، ١٩٩٥م ؛ Lamb, 1985) (الجدول ٣,١).

الجدول (٣,١). تصنيف مياه الآبار حسب قيمة BOD. (أحمد، ١٩٩٥م ؛ Lamb, 1985)

تصنيف مياه الآبار	BOD_5 (جزء في المليون)
نظيف جداً	١ أو أقل
نظيف	٢
نظيف إلى حد ما	٣
مشكوك في نظافته	٥
ردئ	١٠ أو أكثر

بصفة عامة فإن تلوث المياه بالمواد العضوية يشجع نمو البكتيريا والفطريات والتي بدورها تمتص الأكسجين الذائب مما يؤدي إلى قلة تركيزه في المياه، مما يشجع على نمو بعض الأحياء المائية ذات المقاومة العالية للعيش في مثل هذه البيئة المائية (مثل الديدان العديدة الأهداب، لذلك تعتبر أسماك السلمون الحساسة لمثل هذا التلوث كمؤشر حيوي لقلة الأكسجين الذائب فعند تواجد أسماك السلمون فإن ذلك يعتبر مؤشراً جيداً بأن المياه غير ملوثة وصالحة لعدة استعمالات.

ج) موت البكتيريا والفطريات المحللة للمواد العضوية يؤدي إلى تجمع كميات من المواد غير العضوية التي كانت داخلة في تركيب خلايا البكتيريا والفطريات هذه المواد غير العضوية تعتبر مواد مغذية للنباتات ونتيجة لذلك يزداد نمو النباتات وينتج عن ذلك زيادة في كمية الأكسجين كأحد نواتج عملية البناء الضوئي الذي تقوم به هذه النباتات. مما يزيد من تركيز الأكسجين المذاب. ويطلق على هذه الحالة بالتنقية الذاتية Self Purification (السعدي، ٢٠٠٦م).

٣- العناصر الثقيلة

تعتبر مخلفات أو نفايات بعض المصانع مصدراً للمعادن الثقيلة ذات التأثير الضار والسام للأحياء المائية لاسيما تلك التي تتركز في أجسامها هذه العناصر. وتتوقف سمية المعادن الثقيلة على عدة عوامل أهمها: نوع المعدن ، درجة تركيزه في المياه ، نوع الأحياء المائية. بعض العناصر الثقيلة مثل Zn, Cu, Mn, B هي من العناصر الغذائية الضرورية التي تحتاجها الأحياء المائية والنباتات العادية وتمتصها بكميات ضئيلة جداً وإذا زاد تركيزها عن حد معين فإنها تكون سامة. ويعتبر الكادميوم Cd المستعمل في صناعة النحاس والرصاص وغيرها ساماً وقد يسبب أمراضاً سرطانية. كما أن عناصر الزئبق والرصاص ذات تأثيرات سامة خاصة عند تراكمها في أجسام الأحياء المائية وصولاً إلى الأسماك وعند تناول الإنسان لهذه الأسماك فإن تأثير الرصاص قد يؤدي إلى خلل في الدماغ والعقم. ولقد أجريت العديد من الأبحاث لمعرفة تراكيز العناصر الثقيلة لأسماك المياه الحلوة والتي توضح زيادة تراكيز العناصر في الأسماك ، ولقد وجد (Rashed, 2004) إن هناك زيادة في تركيز الرصاص و الكادميوم في الأسماك التي تعيش في بحيرة أسوان مما يدل على تلوث مياه البحيرة، علما بأن الهيئة المصرية للقياس و الجودة قد حددت بأن تركيز الكادميوم و الرصاص و النحاس و الزنك في الأسماك يجب أن لا يزيد على ٠,١ و ٠,١ و ٢٠ و ٥٠ جزء بالمليون على التوالي (EOSQC, 1993). كما أن بعض الفضلات الصناعية تحتوي على الزئبق والرصاص ومركبات الفلور العضوية التي تستخدم كمبيدات للحشرات Organochloride insecticides. وينتقل عنصر الكادميوم Cd بواسطة مياه الري التي مصدرها الأنهار الملوثة به لذا نجد هذا العنصر في بعض المحاصيل الزراعية مثل الأرز بصورة خاصة لطبيعة نموه بشكل مستمر مغمور بالمياه. وقد تنساب المعادن المنجرفة من التربة بفعل

الأمطار الحمضية إلى الأنهار والبحيرات العذبة وتهدد الحياة المائية خاصة الأسماك التي تتأثر بعنصر الألمونيوم الذي يتجمع في خياشيم الأسماك ويؤدي إلى موتها.

٤- الأملاح المعدنية

أ) NO_3^-، NO_2^- (النترات والنيتريت) زيادة هذه الأملاح النيتروجينية يؤدي إلى نمو النباتات المائية ومنها الطحالب في المسطح المائي. هذه الزيادة في النمو تشكل تغيراً ملحوظاً في النظام البيئي الذي يعد ظاهرة طبيعية تسمى ظاهرة الإثراء الغذائي التي قد تقود إلى تلوث المياه. زيادة هذه الأملاح تسبب أمراضاً فسيولوجية عند بعض الأحياء. مثلاً تفاعل NO_2^- مع صبغة الهيموجلوبين الذي ينقل الأكسجين في الدم ينتج عنه مركب أقل كفاءة في نقل الأكسجين مما يقلل من نشاط الحيوان. وجود NO_3 بكمية أكبر من ١٠ مليجرام / لتر في المياه تسبب مرض عند الأطفال يسمى زرقة الأطفال. حيث يتحول NO_3^- إلى NO_2^- وهذا بدوره يتحد مع الهيموجلوبين ليعطي مركب النيتروهيموجلوبين المسبب لمرض الزرقة عند الأطفال (WHO, 2004) .

ب) الكبريتات مصدره هو مصانع الورق وتكرير النفط وإذا زاد تركيزه عن ٢٥٠ مليجرام / لتر يعتبر ساماً لبعض الكائنات المائية والإنسان.

ج) النفط. مصدره الصناعات النفطية مثل عمليات التكرير والتصفية وغيرها. ويعطي النفط ومشتقاته طعماً غير مقبول أو مستساغ للأسماك والأحياء المائية الأخرى عند تناولها كطعام للإنسان. أوضحت أو برهنت بعض الدراسات أن التلوث بالنفط قد يؤدي إلى بعض الظواهر السرطانية ويؤدي كذلك إلى تقليل نسبة الأكسجين الذائب في المياه نتيجة لاستعماله من قبل الأحياء الدقيقة التي تعمل على تكسير وتحليل النفط ومشتقاته.

د) الملوثات الحيوية. تحتوي فضلات معامل الدباغة والجلود والمجازر والصناعات الغذائية المختلفة مثل مصانع الألبان وتعليب الأغذية والمؤسسات الصحية ، كل هذه الفضلات تلوث المياه بالجراثيم والأحياء التي تسبب الأمراض والأضرار للأحياء المائية : من هذه الأحياء البكتيريا الممرضة والطفيليات المعدية والميكروبات الأخرى.

(٣,٦,٣) الملوثات الزراعية

(٣,٦,٣,١) التسميد أو الأسمدة الكيماوية

تحتوي الأسمدة بصورة رئيسة على عنصر النيتروجين والفوسفور. ووصول جزء من هذه الأسمدة إلى المسطحات المائية كالأنهار والبحيرات قد يسبب تلوث لمياه هذه المسطحات. بعض هذه الأسمدة يدخل في تركيبها بعض العناصر السامة مثل الأسمدة الفسفورية حيث يدخل الكادميوم ضمن محتوياتها. والأسمدة النيتروجينية يدخل فيها NH_4 ، NO_3 وكلها تسبب تلوث للمياه (العودات وباصهي، ١٣٩٣م ؛ غرايبه و الفرحان، ١٩٨٧م).

(٣,٦,٣,٢) المبيدات العضوية

تصل إلى المياه السطحية مباشرة وتؤدي إلى تلوثها أو تصل إليها عن طريق مياه الصرف الزراعي المعالجة بهذه المبيدات أو عن طريق الرش بالطائرات أو إضافتها مباشرة إلى المسطحات المائية لمقاومة الحشرات أو الأعشاب غير المرغوبة. ومن هذه المبيدات : د.د.ت.- الأندرين - توكسافين - الماريثون بعض هذه المبيدات تبقى لمدة طويلة في البيئة مثل المبيدات الحشرية مجموعة الهيدروكربونات ، والمبيدات الفطرية الزئبقية التي تتجمع في أنسجة الكائنات الحية والتي عندها يكون الخطر عندما يتناولها الإنسان. وبصفة عامة فإن المياه الملوثة بالمبيدات تكتسب طعماً ورائحة غير مستساغة لاسيما

عند استعمالها للشرب (WHO, 2004). هذه التراكيز المنخفضة قد لاتسبب ضرراً مباشرة على المستهلك ولكن الأثر التراكمي لها يؤدي إلى زيادة تركيزها في الأنسجة الدهنية والكبد مما يؤدي إلى أضرار صحية بالغة.

(٣,٦,٤) التلوث الحراري

تلقي بعض المصانع فضلاتها الساخنة في المسطحات المائية كالأنهار والبحيرات مما يؤدي إلى الحد من نشاط الأحياء المائية أو قتلها. وتقل قابلية الماء للاحتفاظ بالأكسجين عندما ترتفع درجة حرارته لذا فإن فقدان الأكسجين يعتبر أحد العوامل البارزة في التلوث الحراري. ويكون من الصعوبة على الأحياء المائية العيش في درجات الحرارة العالية وتكون أكثر صعوبة في حالة عدم توفر الأكسجين المطلوب لحياتها ؛ لأن ارتفاع الحرارة يقلل من قابلية ذوبان الأكسجين في الماء حيث يجب أن لا يقل تركيز الأكسجين المذاب في الماء عن ٥ مليجرام /لتر لتستطيع الأحياء العيش في الماء (Lamb, 1985).

(٣,٦,٥) التلوث بالنفط

يعد النفط المصدر الرئيس للمواد العضوية. وتلوث المياه العذبة كالأنهار والبحيرات يكون في العادة بسبب حركة الزوارق وطرح بعض مخلفاتها في المسطحات المائية وبصفة عامة فإن التلوث بالنفط يكون أكثر خطورة في البحار والمحيطات وليس في مياه الأنهار أو البحيرات (العودات و باصهي، ١٣٩٣م).

(٣,٦,٦) التلوث الميكروبي

تتعرض المياه العذبة للتلوث بمختلف الميكروبات لاسيما المسطحات المائية القريبة من المناطق السكنية أو بعض المناطق الصناعية (معامل التغليف ، مصانع الأغذية ، المجازر) تحتوي بعض المياه العذبة على عدة أنواع من البكتيريا المرضية

ويزداد ذلك في المياه الساكنة أو القليلة الحركة. كما أن ارتفاع نسبة الفطريات في مياه الشرب يؤدي ذلك لحدوث أمراض في الأسنان والمعدة.

بعض المياه تكون ملوثة بالجراثيم الممرضة مثل الديدان المعوية التي تتطفل على الإنسان والحيوان كمضيف وسطي لكمال دورة حياة هذه الطفيليات.

بصفة عامة تعتبر فضلات المجاري المنزلية وفضلات الحيوانات من أهم مصادر مسببات الأمراض ، مثل البكتيريا والطفيليات والفيروسات التي تؤدي إلى تفشي الأمراض مثل التيفوئيد والكوليرا وغيرها (العودات وباصهي، ١٣٩٣م).

(٣,٦,٧) المطر الحمضي Acid Rain

أول من استعمل هذا التعبير هو العالم Robert Angos عند وصف المطر الذي يتساقط على مدينة مانشستر ـ أنجلترا وكان ذلك منذ أكثر من نصف قرن في ١٩٧٢م أثيرت مشكلة المطر الحمضي كمشكلة دولية لأول مرة في مؤتمر الأمم المتحدة عن البيئة والإنسان (عابد وسفاريني، ٢٠٠٣م).

إن أكسدة الغازات المتصاعدة من المصانع ومحطات الكهرباء والمحملة بالنيتروجين والكبريت وذوبان نواتج أكسدة هذه الغازات في بخار الماء الجوي أدى إلى تكوين حامض النيتريك والكبريتيك مما تسبب في انخفاض قيم pH مياه المطر إلى أقل من ٥ وقد يصل إلى ٤.٥ كما ذكر سابقاً خصوصا في شرق كندا ؛ لوجود كثير من المصانع في تلك المنطقة (Canda Annual Report, 2002). أما مياه الأمطار النقية بالرغم من كونها حمضية نتيجة ذوبان غاز CO_2 في قطراتها لتكوين H_2CO_3 إلا أنها لا تعتبر أمطاراً حمضية حيث إن متوسط قيم pH ٥.٦. وعلى العموم فإن المطر الحمضي يسبب اختلالاً في البيئة المائية وبالتالي في الأحياء المائية وعددها ، كما ينتج عن المطر الحمضي

تغيراً في لون المياه وطعمها وتؤدي كذلك إلى زيادة ذوبانية بعض العناصر مثل عنصر الحديد وتآكل شبكات المياه وتآكل بعض المباني مما يسبب خسائر مادية كبيرة.

والمعادلات التالية توضح خطوات تكون حامض النيتريك والكبريتيك

$$2\,NO + O_2 \longrightarrow 2NO_2 \xrightarrow{H_2O} HNO_3 + HNO_2$$

Nitrite Oxide — Nitrogen Dioxide — Nitric Acid — Nitrous Oxide

$$2\,SO_2 + O_2 \longrightarrow 2SO_3 \xrightarrow{H_2O} 2H_2SO_4$$

S-Dioxide — S-Trioxide — Sulfuric Acid

(٣,٦,٨) التلوث الإشعاعي

انتشر استخدام الأشعة في عدة مجالات منها الطب والزراعة والصناعة والتجارب العلمية المختلفة. وقد أوضحت عدة حالات حدوث بعض الأضرار للأنسجة الحية وزيادة الضرر بزيادة مدة التعرض وتركيز الأشعة ونوعها وقد يؤدي إلى حالات مرضية كالعقم والسرطان وغيرها. وقد تتسرب كميات من المواد المشعة إلى المياه العذبة من خلال نفايات الصناعات النووية المختلفة أو مفاعلات الذرة أو التفجيرات الذرية و المصادر الإشعاعية في الطب والصناعة (العودات وباصهي، ١٣٩٣م).

(٣,٦,٩) الإثراء الغذائي Eutrofication

هذه ظاهرة طبيعية ناتجة عن زيادة تركيز بعض العناصر الغذائية الضرورية لنمو الأحياء المائية من هذه العناصر النيتروجين والفوسفور والتي بدورها تؤدي إلى ازدهار الطحالب والنباتات المائية الأخرى. وفي الغالب فإن مصدر هذه العناصر الغذائية هو فضلات المجاري المنزلية وفضلات الحيوانات والمعاملات الزراعية المتمثلة في استخدام الأسمدة النيتروجينية والفوسفاتية (السعدي، ٢٠٠٦م).

من المعروف أن النيتروجين يفقد من التربة بسهولة سواء كان مصدره أسمدة عضوية أو معدنية أو عن طريق تثبيته بواسطة البكتيريا والأحياء الدقيقة الأخرى المثبتة للنيتروجين الجوي. ويتم فقد النيتروجين عن طريق مياه الصرف ويزيد العنصر بزيادة الأمطار.

زيادة تركيز النيتروجين في المسطح المائي (أكثر من ٣٠ جزء في المليون) يسبب خطورة عند استعمال المياه للشرب. وبالرغم من أن تصفية المياه تزيل كميات كبيرة من الملوثات إلا أن النترات المذابة تبقى عادة في المياه. وخطورة النترات على الإنسان البالغ محدودة ولكن تكمن الخطورة عند الأطفال وصغار الحيوانات في حالة تناول مياه ملوثة بالنترات، حيث تتحول إلى نيتريت الذي يتحد مع هيموجلوبين الدم لتكوين مركب الميثاهيموجلوبين والذي بدوره ليس له القدرة على نقل الأكسجين من الرئتين إلى الأنسجة مما يؤدي إلى موت الأطفال والحيوانات الصغيرة (WHO, 2004).

ويؤثر الإثراء الغذائي في الغطاء الخضري للمياه حيث يلاحظ ازدهار نمو الطحالب وتسبب هذه الطحالب مشكلة كبيرة عند استعمال هذه المياه كمصدر لمياه الشرب وعملية تصفيتها. لهذا تتسبب في انسداد قنوات محطات التصفية في بعض الحالات. كذلك تشجع هذه الطحالب على خفض كمية الأكسجين الذائب في المياه. عند موت هذه الطحالب فإن تكسرها وتحللها يحتاج إلى كمية من الأكسجين المذاب حتى يتم تحللها من قبل الأحياء الدقيقة وبذلك يقل مستوى الأكسجين في المنطقة التحت سطحية لاسيما إذا كان المسطح المائي معزولاً بطبقة من الطحالب.

ومن المصادر الأخرى للعناصر الغذائية (النيتروجين والفوسفات) وهي لا تقل أهمية عن المصادر السابق ذكرها ، هذه المصادر هي استخدام المنظفات أو حتى مياه الفضلات المنزلية كلها تعتبر مصادر مهمة لهذه العناصر. كما أن مخلفات الطيور

هي الأخرى غنية بالعناصر الغذائية الضرورية خاصة عندما تتجمع آلاف الطيور قرب المسطحات المائية التي تعتبر مأوى مفضل للطيور حيث تطرح هذه الطيور برازها وتسبب زيادة في العناصر الغذائية التي تزيد من سرعة ازدهار الطحالب.

(٣,٧) تلوث المياه الجوفية
Ground Water

كان الاعتقاد السائد لدى أغلبية البشر حتى عهد قريب أن المياه الجوفية تعتبر من مصادر المياه النقية التي يصعب تلوثها على اعتبار أن التربة السطحية يمكنها إزالة الملوثات التي تتسرب إلى باطن الأرض عن طريق عمليات الترشيح Infiltration أو الادمصاص Adsorption أو التحلل الحيوي Biotic degradation أو الترسيب وحالياً تغير هذا الاعتقاد حيث أكدت نتائج دراسات وأبحاث أجريت في عدة دول بما لايدع مجالاً للشك أن هناك الكثير من حالات التلوث للمياه الجوفية بالمذيبات الصناعية والمبيدات الحشرية والعناصر السامة من مركبات البترول وغيرها من الملوثات. وتعتبر هذه النتائج العلمية في غاية الخطورة ؛ نظراً لمحدودية المياه السطحية لاسيما في بعض الدول التي تعتمد على مصادر المياه الجوفية كمصدر أساسي لتوفير المتطلبات المائية لمختلف الأغراض لحياة الإنسان. بصفة عامة تعتبر الأنشطة المختلفة التي يقوم بها البشر هي المصادر المسببة لتلوث المياه الجوفية ويمكن في بعض الحالات أن يحدث تلوث للمياه الجوفية دون تدخل الإنسان.

إن موضوع تلوث المياه الجوفية يعتبر مسألة يجب أن تولى اهتماماً خاصاً نظراً لأن هذا المصدر يستعمل في جميع الأغراض الرئيسة المنزلية والصناعية والزراعية لاسيما في المناطق الصحراوية. ومما يزيد من خطورة تلوث المياه الجوفية هو صعوبة إزالة ملوثات هذه المياه ؛ لأنها عملية شاقة وباهظة التكاليف (سري الدين، ٢٠٠٦م ؛ مخلف، ٢٠٠٧م).

(٣,٧,١) مصادر تلوث المياه الجوفية

(٣,٧,١,١) الملوثات الصناعية

الملوثات العضوية الناتجة عن الصناعات الكيماوية تصل إلى مصادر المياه الجوفية محملة بمواد عضوية مختلفة ينجم عنها تلوث المياه. ومن أخطر هذه الملوثات العضوية هي مركبات الفينول ومشتقاتها ، فهي مركبات سامة بالإضافة إلى أنها تسبب رائحة كريهة وطعماً غير مقبول لمياه الشرب وبالذات بعد معالجتها بالكلور في محطات تنقية المياه. أوضحت نتائج دراسات وأبحاث سابقة أن وجود مركبات الفينول بتركيز ٠,٠١ جزء في المليون يمكن أن يسبب رائحة كريهة ، لذلك اتفق على ألا يزيد تركيز هذه المركبات عن ٠,٠٠١ جزء في المليون.

بالرغم من أن الفينول يتكسر ويتحلل بفعل البكتيريا عندما تلقى المخلفات الفينولية في الأنهار أو المياه السطحية ولكن هذا التكسير أو التحلل لا يحدث عادة عندما تصل هذه المركبات إلى المياه الجوفية. وتبعاً لذلك فإن عملية المعالجة لهذه المياه بالكلور تزيد من سوء الطعم والرائحة نتيجة تكون مركبات الكلوروفينول بعد اتحاد الفينول مع الكلور.

ومن أخطر المركبات الكلوروفينولية تأثيراً على الطعم والرائحة المواد التالية :

* الكلوروفينول 2- chlorophenol .
* ثنائي الكلوروفينول 2,4 dichlorophenol .

لهذه المركبات رائحة أسوا من الفينول نفسه. ومن المعروف أن كثيراً من هذه المركبات تستعمل كمبيدات للفطريات، كذلك نواتج تكسير المبيدات الحشرية التي تصل إلى المياه الجوفية (السعدي، ٢٠٠٦م).

(٣,٧,١,٢) الملوثات الزراعية

إن الاستعمال المفرط للمياه أو المبيدات الحشرية أو الفطرية أو الأسمدة أو سوء التخلص من روث الحيوانات كلها تعتبر من المصادر الزراعية الرئيسة لتلوث المياه الجوفية ومن الأمثلة على ذلك:

١- الإسراف في استعمال مياه الري مع عدم توفر المصارف الفعالة سوف يؤدي ذلك إلى حمل الأملاح المغسولة من الطبقات العلوية إلى المياه الجوفية مما يزيد من ملوحتها ويجعلها غير صالحة للشرب.

٢- تسرب المبيدات وبعض المخصبات أثناء التعامل معها ووصولها إلى المياه الجوفية.

٣- التسرب الناتج عن غسل معدات الرش.

٤- تخزين الكيماويات الزراعية في أماكن مكشوفة دون حمايتها من الأمطار والرياح.

٥- خلط المبيدات أو الأسمدة مع مياه الري يمكن أن يؤدي إلى تلوث المياه الجوفية إذا كانت الكمية المضافة قابلة للغسيل والتسرب مع مياه الصرف.

٦- روث الحيوانات تلوث المياه الجوفية بالنترات وبكتيريا الكلوريستدرم والمواد الصلبة الذائبة.

٧- غسل وصيانة الآلات الزراعية يمكن أن يؤدي إلى تلوث المياه الجوفية بالمواد التي تحتوي على الرصاص والباريوم (الأصباغ) كذلك البنزين وزيوت التشحيم كلها تحتوي على مركبات عضوية، وقود الديزل يحتوي على الباريوم. بصفة عامة فإن تلوث المياه الجوفية يكون أكثر وضوحاً في الآبار القريبة من المزارع حيث تكون هذه الآبار عرضه لوصول المبيدات والكيماويات الزراعية الأخرى، لذلك يجب

اتخاذ عدة إجراءات احتياطية في مقدمتها إجراء الاختبارات الدورية لمياه الآبار التي تستخدم للشرب للتأكد من خلوها من البقايا الخطيرة لهذه المواد (غرايبه و الفرحان، ١٩٨٧م؛ عطيه وعماد، ١٩٩٨م).

(٣,٧,١,٣) آبار الحقن

هي آبار تستخدم لحقن النفايات الصناعية والإشعاعية في الطبقات الجوفية العميقة كالطبقات الحاملة للمياه الملحية، وقد ينتج عن هذه العملية تلوث الطبقات العلوية أو الطبقات الحاملة للمياه المستخدمة في الشرب نتيجة لتسرب الملوثات من الأنابيب غير المحكمة أو عن طريق سريانها في اتجاه الطبقات الحاملة للمياه العذبة عن طريق أنابيب التغليف المتآكلة.

(٣,٧,١,٤) خزانات الصرف

يقصد بها الحفر الأرضية بجميع أشكالها والتي تستعمل كوسيلة للخزن والتخلص من الفضلات والمياه المستعملة في المدن والقرى التي لاتتوفر فيها شبكات الصرف الصحي. تسرب ماتحمله هذه الخزانات من كائنات حية مثل البكتيريا والمواد العضوية وغير العضوية ووصلها إلى المياه الجوفية مما يسبب تلوثها.

(٣,٧,١,٥) تداخل المياه المالحة

تحدث هذه العملية في الآبار الجوفية القريبة من شواطئ البحار ، وذلك نتيجة السحب والاستخدام المفرط للمياه العذبة مما يؤدي إلى تسرب المياه المالحة من البحر في اتجاه الطبقات الحاملة للمياه العذبة مما يزيد من ملوحتها مع مرور الوقت وتصبح غير صالحة للشرب أو الأغراض الزراعية، وهناك العديد من مشاكل تداخل مياه البحر المالح والتكوينات العذبة في مناطق شرق المملكة العربية السعودية وسواحل الإمارات وعمان. وهناك العديد من الدراسات عن تداخل مياه البحر المالح للتكوينات العذبة

خصوصا في سلطنة عمان ففي دراسة قام بها (Shammas and Jacks, 2007) وجدا أن هناك تداخل لمياه البحر في منطقة صلالة مما أدى إلى زيادة ملوحة التكوين الحامل للمياه العذبة في المنطقة نتيجة سحب المياه الكبير للاستخدام في الزراعة و القطاعات الأخرى، ونفس المشكلة موجودة في منطقة الباطنة في عمان (Zekri, 2008).

(٣,٧,١,٦) التخلص السطحي من النفايات

تقوم بعض الدول الصناعية بالتخلص من بعض النفايات وذلك بدفنها في برك على أعماق مختلفة في باطن الأرض يؤدي هطول الأمطار وارتفاع مستوى الماء الأرضي وعدم إحكام عزل هذه البرك إلى تسرب بعض المواد الخطرة والملوثة الداخلة في مكونات هذه النفايات ووصولها إلى الطبقات الحاملة للمياه العذبة عند حدوث تلوث للمياه الجوفية بهذه النفايات يكون من الصعوبة بمكان أو ربما يستحيل إزالة هذا التلوث فضلاً عن أن أي معالجة للمياه المستخرجة ستكون مكلفة جداً. ومما يزيد من خطورة تلوث المياه الجوفية هو وجود هذه المياه في باطن الأرض وبطء حركتها. معدل سريان هذه المياه لا يتجاوز عدة أمتار في اليوم بل ربما في السنة. وهذا يعني مرور عشرات السنين قبل اكتشاف حدوث التلوث.

في الولايات المتحدة الأمريكية يتم التخلص سنوياً من حوالي ٣٩٠ مليون طن من النفايات الصلبة وذلك بدفنها في أماكن مخصصة على سطح الأرض. كما يتم وضع حوالي ١٠ تريليون ($١٠^{١٢}$) جالون من النفايات السائلة في برك تخزين سطحية. وقد وجد أن حوالي ١٠٪ من هذه النفايات الصلبة والسائلة هي مصدر خطر لصحة الإنسان والبيئة (السعدي، ٢٠٠٦م).

بالإضافة إلى مصادر التلوث المشار إليها سابقاً، هناك مصادر تلوث طبيعية للمياه الجوفية دون تدخل للإنسان. تتوقف هذه المصادر على التركيب الجيولوجي

لطبقات الأرض التي تتحرك فيها أو خلالها المياه الجوفية. تتحرك المياه الجوفية عبر طبقات صخرية أو طينية تحتوي على عناصر مختلفة وبتراكيز مختلفة بعض هذه العناصر قابل للذوبان مثل الزرنيخ والبورون والسلينيوم ويتوقف مدى تلوث المياه الجوفية في هذه الحالة على نوع الملوث وخواصه وتركيزه في المياه. ومن أهم العناصر المتوفرة في الطبقات الصخرية والطينية والتي يمكن أن تتحول إلى ملوثات هي :

Al, Cr, Pb, Zn, Cl, Fe, NO_3, SO_4, Br, Ag, Na, Cu, Mn, Hg.

ويعد التلوث الناتج عن الأملاح هو الأكثر وضوحاً في ترب المملكة العربية السعودية حيث أظهرت العديد من الدراسات حدوث تراكم للأملاح بالترب الزراعية وفقدان الكثير من المحاصيل التي لا تتحمل الملوحة في الواحات المختلفة بالمملكة، أما التلوث الناتج عن العناصر الثقيلة فإن الدراسات لم تأكد وجودها في ترب المملكة باستثناء عنصر الرصاص في الترب القريبة من الطرق والناتج من عوادم السيارات.

مثال (تقريبي) على التلوث

تربة متجانسة عميقة تستخدم كموقع للتخلص من الماء الملوث الناتج عن المصانع Waste Water والذي يحتوي على الفوسفور الذائب في صورة فوسفات بمقدار ١٠ مليجرام / لتر. السعة الادمصاصية للتربة تقدر بحوالي ٢٠٠ مليجرام / كجم تربة.

كمية الماء الملوث التي يتم إلقائها في التربة تقدر بحوالي ٦٠٠ لتر يومياً وتوزع بالتساوي على مساحة ٧٠م^2.

المطلوب

حساب عمق حركة الفوسفات في التربة بعد عشر سنوات وإذا فرض وجود بئر بعمق ١٠م بالقرب من المساحة الملوثة هل تعتقد أن هذا البئر سوف يصبح ملوثاً بالفوسفات؟

الحل

كمية الفوسفات الكلية المضافة إلى المساحة المستخدمة :

كمية المياه الملوثة الملقاة يومياً ٦٠٠ لتر. وتحتوي على ١٠ مليجرام P / لتر.

مقدار الفوسفور = ٦٠٠ × ١٠ = ٦٠٠٠ مليجرام / يوم.

مقدار الفوسفور بعد عشر سنوات= ٦٠٠٠ × ٣٦٠ × ١٠ = ٢١,٩ × $١٠^{٦}$ مليجرام P

السعة الادمصاصية للتربة ٢٠٠ مليجرام / كيلوجرام تربة.

وزن التربة الذي يمكنه امتصاص الكمية الكلية من الفوسفور المضاف =

(٢١,٩ × $١٠^{٦}$) / ٢٠٠ = ١,١٥ × $١٠^{٥}$ كجم تربة.

نفرض أن كثافة التربة ١,٥ جم / سم^{٣} (١٥٠٠ كجم / متر مكعب)

الكثافة = الكتلة / الحجم

الحجم = الكتلة / الكثافة = (١,١٥ × $١٠^{٥}$) = ٧,٣ × $١٠^{٤}$ = ٧٣م^{٣} .

وبما أن الماء يوزع على مساحة ٧٠م٢ فإن عمق اختراق الفوسفات يمكن حسابه

= ٧٣ / ٧٠ = ١م

أي أن الفوسفات يتحرك لعمق واحد متر فقط خلال عشر سنوات وبذلك لا يصبح البئر الملاصق للمساحة المستخدمة عرضة للتلوث بالفوسفات.

أما في حالة استبدال عنصر الفوسفات بعنصر النترات NO_3 فإن البئر يصبح عرضه للتلوث ؛ لأن النترات والبورون تعتبر أيونات متحركة.

(٣,٨) تلوث مياه البحار والمحيطات

تكمن أهمية هذه المياه في النقاط التالية :

١- تعتبر مستودعاً يزود الإنسان وغيره من الأحياء بالمياه العذبة (عن طريق التبخير والترسيب).

٢- تعتبر مصدراً رئيساً للأكسجين المتحرر من نباتاتها الخضراء (الطحالب).

٣- مصدر أساسي للثروة السمكية.

بالرغم من هذه الأهمية إلا أن الإنسان أساء استخدام هذه المياه ويتمثل ذلك في استخدامه لهذه المياه في تصريف فضلاته ونفاياته دون أن يخففها للحد الأدنى من المعالجة. كما أن المصانع تلقي جملة من العناصر الثقيلة والمواد العضوية وغير العضوية السامة وبقايا المواد المشعة، كل هذه المواد تشكل خطراً كبيراً على الأحياء المائية وفي الغالب يكون هذا التأثير لفترات طويلة. ومما يزيد الأمر سوءً أن المياه الملوثة لمياه البحار والمحيطات تبقى في المياه القريبة من السواحل لسنوات عديدة بسبب الرياح والأمواج المتجهة نحو السواحل. برهنت عدة دراسات أن حوالي ٩٠٪ من هذه الملوثات لا يصل إلى المياه العميقة مما يؤثر على الأنشطة السائدة في المواقع الساحلية فضلاً عن تلويثها للأسماك والأحياء الأخرى. ويجب الإشارة هنا إلى أن حوالي ٢٠ ألف نوع من الأسماك و ٣٠ألف نوع من الأحياء المائية الأخرى مصدرها المياه الساحلية، لذلك فإن تلوث مياه السواحل سوف يلحق ضرراً اقتصاديا واضحاً (السعدي، ٢٠٠٦م).

(٣,٨,١) مصادر تلوث مياه البحار ومحيطات

(٣,٨,١,١) مياه المجاري ونفايات المنازل والزراعة والصناعة

يؤدي إلقاء مخلفات المنازل والزراعة والصناعة إلى إلحاق الضرر الكبير في البيئة البحرية وبالتالي عدم صلاحيتها لحياة الأحياء المائية بالإضافة إلى انبعاث الروائح

الكريهة وتوفير الظروف المناسبة لنمو البكتيريا وتكاثرها. وقد سبق التطرق إلى كل ذلك عند مناقشة ملوثات البيئة المائية السطحية (العذبة).

(٣,٨,١,٢) النفايات السامة والمواد الإشعاعية

تتخلص معظم الدول الصناعية من النفايات السامة والمواد الإشعاعية الناتجة عن نشاطها الصناعي وذلك بإلقائها في البحار والمحيطات ويتم ذلك باستخدام السفن أو الطائرات أو بدفنها في قيعان هذه المسطحات المائية. ومن الطبيعي أن تلحق مثل هذه الممارسات الضرر الكبير في بيئة هذه المسطحات ولأمد طويل جداً مما يهدد حياة الكائنات المائية في تلك المناطق المجاورة لها.

(٣,٨,١,٣) التلوث الحراري

أسباب هذا النوع من التلوث مرده محطات توليد القوى الكهربائية ومحطات إزالة الملوحة التي تلقي بكميات من المياه المرتفعة الحرارة مما يرفع درجة حرارة مياه البحار والمحيطات ولكن هذا التأثير يكون في منطقة محدودة مما يؤثر على تكاثر ونمو الأحياء المائية في هذه المناطق وذلك بسبب تغير بيئة المياه فيها كزيادة الملوحة ونقص الأكسجين وارتفاع درجة الحرارة. كما أن بعض محطات الطاقة النووية المقامة على السواحل تستخدم مياه البحر لعملية التبريد والمياه الناتجة عن هذه العملية تشجع على نمو يرقات بعض الكائنات المائية حيث تنمو بشكل سريع وغير عادي في المياه الدافئة الناتجة من تلك المحطات. وازدياد ونمو وتكاثر هذه اليرقات يؤدي إلى عرقلة حركة المياه في أنابيب التبريد مما يقلل من كفاءة عمل هذه المحطات.

(٣,٨,١,٤)العناصر الثقيلة

بصورة عامة توجد كل المعادن والعناصر في البيئة البحرية والبعض منها يوجد بكمية متوسطة والبعض الآخر يوجد في تراكيز قليلة جداً. ومعظمها يتراكم في أجسام

الأحياء المائية، وفي العادة فإن العناصر هي الأكثر بقاءً في البيئة حيث إنها لا تتحول ولا تتكسر لكنها قد تتحد لتكون مركبات مختلفة ومعقدة. وتجدر الإشارة إلى أن هناك عناصر معينة تتحد مع مركبات عضوية لتكون مواد معقدة. وترتب العناصر الثقيلة من حيث سميتها للأحياء البحرية كالتالي: الزئبق ـ الفضة ـ النحاس ـ الزنك ـ النيكل ـ الرصاص ـ الكادميوم ـ القصدير ـ الكروم ـ الحديد ـ المنجنيز ـ الألمنيوم ـ البريليوم ـ الليثيوم. ومن الملاحظ أن التراكم البيولوجي لبعض هذه العناصر كالكاديوم مثلاً يمكن أن يسبب تهديداً للإنسان عندما يتناول هذه الأحياء.

لقد أوضحت الدراسات البيئية الحديثة أن الرصاص هو العنصر المستقر الوحيد الذي يظهر زيادة في تركيزه في المحيطات. ويعزى هذا إلى أنشطة الإنسان في مجال صناعة السيارات.

كذلك نال الزئبق اهتماماً كبيراً في بعض دول العالم مثل اليابان حيث سجلت عدداً من حالات التسمم بالزئبق نتيجة لتناول بعض الأسماك، ومن المعروف أن الزئبق يوجد في المياه البحرية بشكل طبيعي بنسبة قليلة جداً ولكن تراكمه منذ القدم أدى إلى زيادة سميته. يتكون الزئبق العضوي في الطبيعة بواسطة أنشطة الإنسان من الزئبق الغير عضوي وهو سم خطر يتحد مع البروتين والأنزيمات في الجسم ويتلف الأنسجة والخلايا ويسبب الموت والهلاك للكائنات الحية (السعدي، ٢٠٠٦م).

كذلك ينقل الرصاص من الجو الملوث لاسيما في المناطق التي تزدحم فيها وسائل النقل كما حدث في ولاية كاليفورنيا بالولايات المتحدة الأمريكية. بصفة عامة فإن هذه الملوثات من المعادن تلعب دوراً سلبياً في استثمار المحيطات والبحار.

يوضح الجدول (٣.٢) التراكيز الطبيعية للمعادن في ماء البحر مقدرة بالميكروجرام/لتر (ppb) جزء بالبليون(السعدي، ٢٠٠٦م).

الجدول (٣,٢). التراكيز الطبيعية للعناصر في مياه البحر مقدرة بالميكروجرام / لتر.
(UNESCO, 1978)

المعدن	التركيز	المعدن	التركيز
التيتانيوم Ti	١	الربديوم Rb	١٢٠
الأنتيموني Sb	٠,٣٣	الباريوم Ba	٢٠
الفضة Ag	٠,٢٨	المولبدنيوم Mo	١٠
الكروم Cr	٠,٢	الحديد Fe	٣,٤
الزئبق Hg	٠,١٥	اليورانيوم U	٣,٣
الكادميوم Cd	٠,١١	الزرنيخ As	٢,٦
الكوبلت Co	٠,٠٥	النحاس Cu	٢
الرصاص Pb	٠,٠٣	النيكل Ni	٢
البسموث Bi	٠,٠٢	الزنك Zn	٢
الثاليوم Tm	أقل من ٠,٠١	الماغنسيوم Mg	١,٩
البريليوم Be	٠,٠٠٠٦	الفاناديوم V	١,٩
الثوريوم Th	أقل من ٠,٠٠٠٥	الألمنيوم Al	١

(٣,٨,١,٥) النفط

بدء اهتمام المجتمع البشري بتلوث المياه بالنفط في السنوات الأخيرة وذلك بسبب الحوادث المتكررة في بعض دول العالم. وتعد الصناعات النفطية من الصناعات الهامة في العالم واحتمالات التلوث من هذه الصناعات يعتبر شيئاً متوقعاً إذا علمنا أن ناقلات النفط تقوم بنقل أكثر من ٨ × ١٠^٨ طن من النفط الخام سنوياً في أنحاء مختلفة من العالم (السعدي، ٢٠٠٦م).

مصادر التلوث بالنفط

يمكن حصر مصادر تلوث البيئة البحرية بالنفط في النقاط التالية :

١- تصدع مكامن النفط الطبيعية القريبة من السواحل البحرية والمسطحات المائية الأخرى ويكون ذلك بسبب الزلازل وانفجار البراكين.

٢- عمليات التنقيب واستخراج النفط الخام ومشتقاته من البحار والمناطق القريبة من الممرات المائية مما يؤدي إلى التسرب إلى مياه البحار.

٣- انفجار الآبار النفطية وتسرب النفط إلى البحار كما حدث في عدة دول مثل المكسيك وبعض دول الخليج.

٤- انفجار الأنابيب الحاملة للنفط وتسرب محتواها إلى البحار كما حدث في تسرب النفط في عام ١٩٨٠م على الخليج العربي بمقدار حوالي ١٥ ألف طن وتكرار ذلك في السنوات اللاحقة نتيجة الحروب في المنطقة وما يسمى بحرب الناقلات النفطية.

٥- تسرب النفط من موانئ التحميل والتفريغ للنفط الخام.

٦- عمليات التنظيف الدوري لناقلات النفط وإزالة الترسبات وتفريغ مياه موازنة السفن.

٧- إلقاء المخلفات النفطية من ورش تصليح وصيانة السفن إلى المياه البحرية وكذلك نفايات المصانع ووحدات تكرير النفط القريبة من الممرات المائية.

بصفة عامة فإن معظم مصادر التلوث بالنفط تأتي من المخلفات النفطية للصناعات النفطية والعمليات المختلفة الخاصة بمحتويات الناقلات النفطية والتي تصل إلى حوالي ٥٣٪ من مجموع المصادر (السعدي، ٢٠٠٦م).

(٣,٩) معالجة تلوث المياه

توجد عدة طرق ووسائل لمعالجة مشاكل تلوث المياه وتعتمد هذه الطرق أساساً على نوع الملوثات المائية وعلى حجم التأثيرات الضارة لتلك الملوثات على البيئة المائية. فكلما تنوعت مصادر الملوثات وأنواعها وزادت تراكيزها، أصبحت معالجة المشكلة أكثر صعوبة، ويمكن الرجوع إلى العديد من المراجع في معالجة التلوث سواء كان ميكانيكياً، كيميائياً أو بيولوجياً. إن إدارة المشاكل البيئية أصبحت جزءاً من الحياة اليومية التي يجب

الاهتمام بها في منطقتنا بالإضافة إلى مشاكل المياه والمحافظة عليها ومشاكل التصحر (مخلف، ٢٠٠٧م ؛ سري الدين، ٢٠٠٦م ؛ Morris and Therivel, 2001).

(٣,١٠) أسئلة

س١: ماهي أهم مصادر تلوث المياه الجوفية؟

س٢: عرف التلوث المائي و ما هو المقصود من التلوث الفيزيائي للمياه؟

س٣: مياه ملوثة ناتجة عن المصانع تلقى في موقع مساحته ٧٠٠م^2 وتربة الموقع تربة جيرية. يحتوي الماء الملوث على عنصر الكادميوم بتركيز ٠.٨ ملليمكافئ / لتر والسعة الادمصاصية لتربة الموقع تقدر بحوالي ٢٠٠ ملليجرام / كجم تربة، كمية الماء الملقاة يومياً ٦٠٠٠لتر. احسب عمق حركة أيون Cd بعد ١٠ سنوات وإذا كانت هناك بئر بعمق ١٠م بالقرب من المساحة الملوثة هل سيتلوث البئر بالكادميوم؟

س٤: نوعان من المياه، مياه ملوثة (A) والأخرى غير ملوثة (B) نتائج تحليل العينات كما يلي:

العنصر	مياه (A) ppm	مياه (B) ppm	الوزن المكافئ
Pb	٠,٠٠٥٥	٠,٠٠١٢٤	١٠٣,٥٩
Zn	٠,١٩١٤	٠,١٠٥٦	٣٢,٦٧
Cu	٠,٠٢٩٤	٠,٠١٥٩	٣١,٧٧
Hg	٠,٠٠٠٨	٠,٠٠٠١	١٠٠,٣٠

إذا كانت نسبة الخلط = ٦٠٪ من المياه الأولى و ٤٠٪ من الثانية فما هي تراكيز العناصر في المياه المختلطة؟

(٣,١١) المراجع

أولاً: المراجع العربية

احمد، عصام محمد عبد الماجد. ١٩٩٥م. *الهندسة البيئية* . دار المستقبل للنشر و التوزيع/ عمان – الأردن.

سري الدين، عايدة العلي ٢٠٠٦م. *التصحر ومشاكل المياه في دول شبه الجزيرة العربية- آفاق وحلول*. دار الهاديز بيروت- لبنان.

السعدي، حسين علي. ٢٠٠٦م. *أساسيات علم البيئة و التلوث*. دار اليازوري العلمية للنشر و التوزيع. عمان- الأردن.

السعدي، حسين علي. ٢٠٠٦م. *البيئة المائية*. دار اليازوري العلمية للنشر و التوزيع. عمان- الأردن.

عابد، عبد القادر و غازي سفارني. ٢٠٠٣م. *أساسيات علم البيئة* . دار وائل للطباعة و النشر. عمان – الأردن.

عطية، عاطف و عبد الغني عماد. ١٩٩٨م. *البيئة و الإنسان*. منشورات جروس برسز طرابلس- لبنان.

العودات، محمد عبدو و عبد الله يحي باصهي. ١٩٩٣م. *التلوث وحماية البيئة*. عمادة شئون المكتبات- جامعة الملك سعود – الرياض.

غرابيه، سامح و يحي الفرحان. ١٩٨٧م. *المدخل إلى العلوم البيئية*. دار الشروق للنشر و التوزيع. عمان- الأردن.

مخلف، عارف صالح. ٢٠٠٧م. *الإدارة البيئية: الحماية الإدارية للبيئة*. دار اليازوري العلمية للنشر و التوزيع. عمان- الأردن.

اليوسف، يحي بن احمد و يوسف يعقوب الدخيل. ١٤٢٨ هـ. *فيزياء التربة: تطبيقات زراعية و بيئية* — ترجمة. مركز الترجمة و التأليف و النشر- جامعة الملك فيصل- الإحساء المملكة العربية السعودية.

ثانياً: المراجع الأجنبية

Annual progress report on Canda- wide acid Canada, (2002).

EOSQC. 1993. Maximum level for heavy metal contamination in Food. E.S # 2360. Egyption Organization for Standarization and Quality Control.

Helmer, R. and I. Hespahol. (1997). Water pollution control- A guide to use of water quality management priniciples. UNEP- WHO.

James, DW., R.J. Hanks, J.J. Jurinak. (1982). *Modern Irrigation Soils*. John Wiley & Sons. New York.

Lamb, (1985). *Water quality and its control*. John Wiley and son. New york, USA

Morris, P. and R. Therivel. (2001). Methods of environmental impact assessment. 2nd edition. Spon press, London.

Rashed, M.N. (2004). Cadmium and Lead level in fish (Tilapia Nilotica) tissues as biological indicator for lake water pollution. Environmental Monitoring Assessment. 68(1):75-89.

Shammas, M.I. and G. Jacks. (2007). Seawater intrusion in Salalah plain aquifer, Oman. Environmental Geology. 53(3):575-587.

WHO. 2004. Guidelines for drinking water quality. 3rd edition. Vol. 4.

UNESCO. (1978). Unesco Technical Papers in Marine Science, No.37, Division of Marine Sciences, Unesco, Place de Fontenoy, 75700, Paris, France.

Zekri, S. (2008). *Using economic incentives and regulation to reduce seawater intrusion in Batinah coastal area of Oman*. Agricultural Water Management. 95(3):243-252.