ميكروبيولوجيا مياه الشرب

Microbiology of drinking water

تعتبر المياه هي أساس الحياة علي الأرض لجميع الكائنات الحية سواء كان هذا الاستخدام بطريقة مباشرة أو بطريقة غير مباشرة وترجع أهمية المياه في حياتنا إلي ما يلي:

١-يشكل الماء حوالي ٩٠٪ من تركيب الخلية الحيوانية أو النباتية لذلك فإن المياه عنصر ضروري في حياة الكائن الحي.

٢-يحتاج الإنسان إلي المياه في أغراض الشرب حيث يستهلك يوميا حوالي ٢ لتر أو أكثر معظمها في صورة مياه شرب وجزء منها علي هيئة مشروبات أخري ، يمثل الماء الجزء الأساسي في تركيبها كما يحتاج الإنسان يومياً إلي كميات أكبر كثيرا في أغراض النظافة وإعداد الأطعمة، ويحتاج الحيوان كذلك إلي كميات ضخمة من المياه للشرب والنظافة كما يحتاج النبات إلي كميات كبيرة من المياه.

٣-تعتمد كثير من الصناعات علي الماء ويمكن القول بأن جميع الصناعات تحتاج أساسا إلي المياه.

٤-تستخدم المياه في إنتاج الطاقة وذلك من خلال تكوين بخار الماء (الطاقة البخارية) كما تستخدم في إنتاج الطاقة الكهربائية كما هو الحال في إنتاج كهرباء السد العالي.

٥-تمثل المياه احدي وسائل النقل الهامة سواء داخل أو خارج البلاد (البحار – الأنهار) حيث تستخدم في نقل الأفراد والبضائع.

ونتيجة لأهمية المياه أصبحت الآن تشغل مساحة كبيرة من تفكير العلماء ويتوقع الكثير أن يشهد القرن الحالي صراعات كثيرة علي مصادر المياه والتي علي الرغم أنها تشغل حوالي ٧٠ ٪ من مساحة الكره الأرضية إلا أن معظمها مياه مالحة.

مصادر المياه Sources of water

يمكن أن نعدد مصادر المياه علي سطح الأرض بالأتي:

١-المياه السطحية Surface water

وهي إما أن تكون مياه عذبة وتتمثل في الأنهار – الجداول المائية – البحيرات العذبة ،أو مياه مالحة وتتمثل في المحيطات – البحار– البحيرات المالحة.

٢-المياه الجوفية Underground water

وهي المياه التي تتجمع في طبقات عميقة تحت سطح الأرض وتتميز بأن محتواها الميكروبي يكون منخفضا للغاية مقارنة بالمحتوي الميكروبي للمياه السطحية ويرجع ذلك إلي حدوث ترشيح للمياه في خلال طبقات الأرض المختلفة والتي سيتم خلالها حجز نسبة عالية جدا من الميكروبات .

وتختلف المياه العذبة عن المياه المالحة أساسا في نسبة الأملاح حيث تحتوي المياه المالحة علي حوالي ٣,٣٪ مواد صلبة منها حوالي ٢,٧ ٪ ملح كلوريد الصوديوم .

وعموما يتوقف مدي الحمل الميكروبي للمياه الجوفية علي مدي مسامية الأرض وعمق الطبقة التي تتجمع عندها المياه ، والمياه الجوفية الناتجة تكون علي درجة عالية من الجودة إذا روعي عند استخراجها استخدام الأعماق المناسبة مع عزل الأبار عن مصادر التلوث المحيطة .

أما المياه السطحية عموما فإنها تتعرض للتلوث من مصادر متعددة وبصورة متكررة فهي تتلوث أساسا خلال تساقط الأمطار المشبعة بميكروبات الهواء خلال غسيل الهواء بمياه الأمطار ، بالإضافة إلي تلوث المياه السطحية بمياه صرف الأراضي الزراعية هذا إلي جانب التلوث بمخلفات الإنسان والحيوان ومخلفات الصناعات المختلفة .

والمصادر الأساسية لمياه الشرب هي المياه العذبة والتي يمكن الحصول عليها من مياه الأنهار أو المياه الجوفية.

مصادر تلوث المياه Sources of water pollution

تتعرض المياه الطبيعية للتلوث من أربعة مصادر هي:

أ- التلوث بميكروبات التربة

Pollution with soil microorganisms

يبدأ ذلك بمجرد تساقط الأمطار حيث تحدث عملية غسيل الهواء وما يحمله من أتربة تعلق بها أنواع مختلفة من الأحياء الدقيقة التي تنتقل من الهواء إلي مياه الأمطار ثم يزداد الحمل الميكروبي بمجرد ملامسة مياه الأمطار لسطح الأرض فيختلط الماء بحبيبات التربة وما تحمله من خليط متنوع من الأحياء الدقيقة والمواد العضوية والغير عضوية الذائبة والمعلقة ويستمر التلوث بجريان الماء علي سطح الأرض في طريقه للتجمع في الأنهار أو البحيرات أو البحار بالإضافة إلي ذلك فإن مصادر المياه الطبيعية قد يحدث لها تلوث بميكروبات التربة نتيجة لوصول مياه صرف الأراضي الزراعية إليها بما تحتويه من عناصر غذائية وكائنات حية دقيقة.

ب- التلوث بمخلفات الإنسان والحيوان

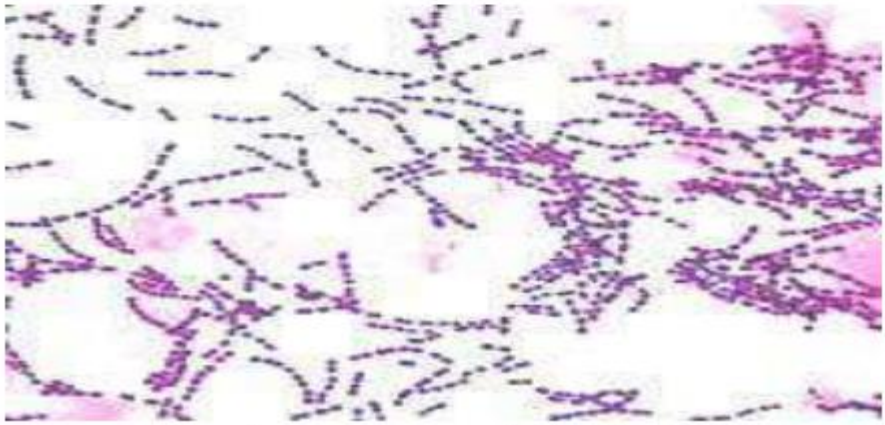
Pollution with human and animal wastes

يعتبر هذا المصدر من أخطر مصادر التلوث للمياه حيث يحدث نتيجة لوصول مخلفات الإنسان والحيوان (مياه المجاري أو مياه الصرف الصحي) كما بالشكل بصورة مباشرة أو غير مباشرة إلي مصادر المياه ، وترجع الخطورة إلي أن مياه المجاري تحتوي علي نسبة عالية من المواد العضوية الذائبة والمعلقة والتي تحتوي علي مواد صلبة بنسبة ١٪ من وزنها وتشكل خلايا الكائنات الحية الدقيقة كمية كبيرة من هذه المواد الصلبة ، ومن الناحية الميكروبيولوجية فقد وجد أن الأحياء الدقيقة التي تنتشر وتعيش طبيعياً في أمعاء الإنسان والحيوان هي التي تتواجد بكثرة في المياه الملوثة بمخلفات الإنسان والحيوان ومن أمثلتها ما يلي : ***Escherichia .coli , Streptococcus faecalis, Clostridium perfringens***

شكل (٤-١): يوضح بعض مصادر تلوث المياه

بجانب الميكروبات الممرضة والتي تكون مصاحبة بالطبع للأنواع البرازية، ولقد ثبت أن مياه المجاري تكاد تحتوي علي كافة أنواع الميكروبات الممرضة سواء كانت بكتريا أو فطريات أو بروتوزوا بالإضافة إلي الفيروسات ، ومن أهم الميكروبات المسببة لأمراض الكوليرا – النزلات المعوية ما يلي :

Vibrio cholera, Salmonella typhi , Salmonella paratyphi and Shigella dysenteriae، وتوضح الأشكال التالية نماذج لبعض الميكروبات المرضية الموجودة بالمياه الملوثة.



شكل (٤-٢): بكتريا ***Streptococcus*** **sp.**

شكل (٤-٣): . *Clostridium* sp

شكل (٤-٤) : *Vibrio cholera*

ولهذا يجب أن نضع في الاعتبار أن وصول مياه المجاري إلي مصادر مياه الشرب يحمل معه مخاطر جسيمة تؤدي إلي انتشار الأوبئة والأمراض.

ج) التلوث بمخلفات المصانع Pollution with factories wastes

تحتوي مخلفات المصانع علي نسب أقل من المواد العضوية والكائنات الحية الدقيقة مقارنة بمياه المجاري ولكنها في نفس الوقت تحتوي علي نسبة كبيرة من المركبات الكيماوية والعناصر الضارة بصحة الإنسان مثل المعادن الثقيلة ومنها النحاس والزنك والزئبق والكادميوم.

وعموما يختلف تركيب المخلف الصناعي باختلاف الصناعة ذاتها الناتج عنها هذا المخلف حيث يختلف فعلا تركيب مخلفات صناعة الحديد والصلب أو صناعات البتروكيماويات عن مخلفات الصناعات الغذائية ، ولهذا نجد أن خطورة التلوث بمخلفات المصانع يرجع إلي التلوث الكيميائي حيث أمكن بالفعل عزل الكثير من

المركبات الكيميائية ذات السمية الشديدة بل والبعض منها ثبت أن لها تأثير سرطاني.

د) التلوث بالمخلفات الزراعية (المبيدات والمخصبات الزراعية)

Pollution with pesticides and fertilizers

حيث تحمل هذه المخلفات متبقيات المخصبات الزراعية ومبيدات الأفات التي قد تصل مع مياه الري والصرف إلي موارد المياه العذبة .

ومن المعروف أن معظم المجتمعات تحصل على المياه اللازمة للشرب من المياه السطحية كمياه الأنهار والبحيرات ، وهى مياه عرضة دائما للتلوث من مخلفات المنازل والمزارع والمصانع . وتزداد حدة مشاكل التلوث بازدياد عدد السكان لزيادة ما ينتج عنهم من مخلفات .

وتسبب المياه الحاملة لميكروبات مرضية مشاكل صحية خطيرة ،إذ ينتقل عن طريق المياه الميكروبات المعوية المرضية التى تسبب عدوى للجهاز المعوي مثل بكتريا التيفود والكوليرا والدوسنتاريا الباسيلية والأميبية ، وفيروسات شلل الأطفال والالتهاب الكبدى الوبائى وتوجد هذه المسببات المرضية فى بول وبراز المرضى وحاملى العدوى وتنساب هذه الميكروبات مع مياه المجارى فتنتقل إلى مياه الشرب وتلوثها.

وتستخدم المبيدات الحشرية في مجالات الزراعة والصحة العامة للقضاء على الأفات والحشرات، وبصفة عامة يؤدي استخدام المبيدات إلى اختلال التوازن البيئي من خلال تلويث عناصر البيئة المختلفة من تربة وماء ونبات وحيوان بشكل يصعب إعادة توازنها، وتشمل المواقع المعرضة للتلوث بالمبيدات عن طريق المياه الجوفية والأبار والينابيع والأنهار والبحيرات والخزانات المائية والبرك، وتتلوث مياه الشرب بالمبيدات بأكثر من وسيلة منها الانتقال العرضي من المناطق المجاورة أثناء عملية الرش أو من جراء التسرب من الأراضي التي تتعامل مع مبيدات بالتزامن مع حركة الماء، وبالتالي تمثل مخلفات المبيدات مشكلة خطيرة سواء بالنسبة لصحة

الإنسان من حيث تأثيرها على الجهاز التنفسي والجلد والعين أو باعتبارها مهلكة للأسماك ، كما أن المبيدات ضارة بالحيوانات المنتجة للبن عند شربها لمياه ملوثة بها.

وهناك تأثيرات صحية ضارة للمبيدات المذابة في المياه التي قد تنتقل إلى التربة وينتج عنها زراعة نباتات ملوثة أو نتيجة تناول الحيوانات لنباتات تمت سقايتها بالماء الملوث أو شربها من الماء الملوث مباشرة وهي:

- ظهور أعراض مظاهر الحساسية الصدرية والربو وتصلب الشرايين، وظهور أعراض السرطان.
- تضخم الكبد، وظهور الأمراض الجلدية وأمراض العيون، وحدوث اضطرابات في المعدة.
- فقدان الذاكرة وبعض مظاهر التبلد والخمول.
- تدمير العناصر الوراثية في الخلايا، وتكوين أجنة مشوهة.

ورغم المأسي التي تحيط بالتعامل مع المبيدات، إلا أنه لا يمكن الاستغناء عنها كلية، لأن ذلك يعني انتشار الحشرات والأفات بصورة مخيفة.

أما بالنسبة للتلوث المائي بالمخصبات الزراعية، سواء كانت نيتروجينية أو فوسفاتية أو بوتاسية، والتي يتزايد استخدامها نظراً لمحدودية التربة الصالحة للزراعة، والاتجاه نحو التوسع في الزراعة الكثيفة لزيادة إنتاجية الزراعة من الغذاء مع النمو المضطرد للسكان، فمثلاً ينشأ التلوث المائي بالمخصبات الزراعية في حال استخدامها بطريقة غير محسوبة، مما يؤدي إلى زيادتها عن حاجة النبات، فتذوب في مياه الري التي يتم التخلص منها في المصارف، أو تتراكم بمرور الزمن لتصل إلى المياه الجوفية التي ترتفع فيها نسبة مركبات النترات والفوسفات، كما تلعب الأمطار دوراً في حمل ما تبقى منها في التربة ونقلها إلى المجاري المائية المجاورة.

وتعد المركبات الفوسفاتية من أهم الملوثات المائية، حيث يترتب على زيادة نسبتها في المياه إلى الإضرار بحياة كثير من الكائنات الحية التي تعيش في المياه، وينجم عن الإفراط في المركبات الفوسفاتية أثاراً ضارة منها:

- يتصف هذا النوع من المخصبات بثباته الكيميائي بحيث يجعله يستمر في التربة لفترة طويلة، فالنباتات والمحاصيل لا تستطيع أن تمتص كل ما يضاف منها إلى التربة، فضلاً عما تتصف به من سمية وتحدث ضرر لكل من الإنسان والحيوان، مما يستوجب عدم زيادة مركبات الفوسفات في مياه الشرب عن حدود معينة تقررها السلطات المحلية المعنية بالأمر.
- تعمل المركبات الفوسفاتية على النمو الزائد للطحالب وبعض النباتات المائية في المسطحات المائية المغلقة كالبحيرات، والتي تستقبل في أغلب الأحيان مياه الصرف الصحي، حتى تصل لحالة تشبع غذائي يؤدي بمرور الزمن إلى خلوها من الأكسجين، وبالتالي القضاء على ما بها من أسماك وكائنات بحرية أخرى.
- تساهم مياه الصرف الزراعي ومياه الأمطار والمياه الجوفية بنسبة مركبات فوسفورية إلى المجاري المائية تفوق بكثير تلك التي تحمله مياه الصرف الصحي والملوثات الصناعية.

أما التلوث المائي بمركبات النترات يعتبر من أكبر وأخطر مشكلات التلوث في العالم ومن أهم هذه المشكلات ما يلي:

- يؤدي الإسراف في استخدام الأسمدة النيتروجينية إلى زيادة تركيزها في المجاري المائية لوجود فائض عن حاجة النباتات، وتتسرب مع مرور الوقت إلى المياه الجوفية، أو تجرفها مياه الأمطار معها إلى المجاري المائية التي يستخدمها الإنسان.
- وجود نسبة عالية من النترات في عديد من النباتات التي تستخدم في تحضير طعام الإنسان.
- التوسع في استخدام مركبات النترات والنيتريت كمادة حافظة، سواء في المعلبات الغذائية أو في بعض أنواع اللحوم المملحة والمحفوظة انطلاقاً مما تتصف به من خواص مضادة للجراثيم وإضافتها لوناً خاصاً ورائحة مميزة.

- توجد مركبات النترات بنسبة عالية في بعض أنواع المشروبات مثل الجعة، نتيجة شمول جزء كبير من أيون النترات المستخلص من الشعير إلى أيون النيتريت السام، أثناء تحضير الشراب عن طريق التخمر.

وقاية المياه من التلوث Protection of water from pollution

يظل تلوث المياه العذبة مسبباً رئيسياً للأمراض والوفاة في معظم دول العالم النامي ويأخذ الأشكال التالية:

١-استنزاف كميات كبيرة من الأكسجين الذائب في الماء، نتيجة ما يخلط من صرف صحي وزراعي وصناعي مما يؤدي إلى تناقص أعداد الأحياء المائية.

٢-تؤدي زيادة نسبة المواد الكيميائية في المياه إلى تسمم الأحياء حيث تكاد تخلو أنهار من مظاهر الحياة بسبب ارتفاع تركيز الملوثات الكيميائية فيها.

٣-ازدهار ونمو البكتريا والطفيليات والأحياء الدقيقة في المياه مما يقلل من قيمتها كمصدر للشرب أو للري أو حتى للسباحة والترفيه.

٤-قلة الضوء الذي يخترق المياه لطفو الملوثات على سطح المياه، والضوء يعتبر ضرورياً لنمو الأحياء النباتية المائية كالطحالب والعوالق.

وللحفاظ على المياه الطبيعة يجب سن الكثير من القوانين والتشريعات الحازمة لمحاولة الحد من تلوث المياه، بجانب بناء الحكومات محطات لتنقية المياه ومعالجتها من المخلفات والنفايات، كذلك وضع حد أعلى لتركيز الملوثات في المياه ليضمن حد أدنى لسلامة المياه، كل هذا بجانب التوعية في وسائل الإعلام المختلفة وشبكة المعلومات الدولية وفي دور العبادة بأهمية المحافظة على المياه.

ومن بعض الحلول الأخرى لمعالجة المياه من التلوث

١-سرعة معالجة مياه الصرف الصحي قبل وصولها للتربة أو للمسطحات المائية الأخرى، والتي يمكن إعادة استخدامها مرة أخرى في ري الأراضي الزراعية لكن بدون تلوث للتربة والنباتات التي يأكلها الإنسان والحيوان.

٢-التخلص من نشاط النقل البحري وما يحدث من تسرب للنفط في مياه البحار أو الأنهار الملاحية من خلال الحرق أو الشفط.

٣-محاولة دفن النفايات المشعة في بعض الصحاري المحددة، لأنها تتسرب وتهدد سلامة المياه الجوفية.

٤-فرض احتياطات أمنية على نطاق واسع من أجل المحافظة على سلامة المياه الجوفية كمصدر أمن من مصادر مياه الشرب، وذلك بمنع الزراعة أو البناء أو قيام أي نشاط صناعي قد يضر بسلامة المياه.

٥-محاولة إعادة تدوير بعض نفايات المصانع بدلاً من إلقائها في المصارف ووصولها إلى المياه الجوفية بالمثل طالما لا يوجد ضرر من إعادة استخدامها مرة أخرى.

٦-التحليل الدورى الكيميائى والميكروبيولوجي للماء بواسطة مختبرات متخصصة لضمان المعايير التي تتحقق بها جودة المياه وعدم تلوثها.

٧-الحد من تلوث الهواء الذي يساهم في تلوث مياه الأمطار وتحولها إلى ماء حمضي يثير الكثير من المشاكل المتداخلة

٨-يجب توافر الوعي البشري الذي يؤمن بضرورة المحافظة على المياه من التلوث.

وقد تكون المياه صالحه للشرب أو غير صالحة للشرب.

(١)المياه الصالحة للشرب: وهى مياه عديمة اللون والطعم والرائحة خالية من المواد المعلقة والمواد الكيميائية والمواد المشعة والميكروبات المرضية .

(٢) مياه غير صالحة للشرب: هذه المياه عكس المياه السابقة الصالحة للشرب فقد تحتوى على معلقات أو كيماويات أو مواد مشعة أو ميكروبات ضارة بالصحة.