تلوث المياه العذبة السطحية

تشمل المياه العذبة السطحية (الأنهار والبحيرات)، وهي تتعرض للتلوث بشكل كبير ومباشر مقارنةً مع محاور المياه الأخرى، وذلك بسبب قرب الإنسان ونشاطاته منها.

إن أي جزء من أجزاء الدورة الهيدرولوجية يمكن أن يعتبر مصدر للملوثات أذا كان هناك تغير غير مرغوب في الخصائص الطبيعية للمياه، إلا أن نشاطات الإنسان على سطح الأرض تعتبر المصادر الجوهرية للتلوث.

وتتوقف نسبة تلوث مياه المسطح المائي على عدة عوامل، من أبرزها:

١) كمية مياه الصرف الصحي المطروحة.
٢) سرعة جريان تيار الماء في المجرى المائي.
٣) كمية الأوكسجين الذائب في الماء.
٤) قابلية بعض أنواع الأحياء المجهرية كالبكتيريا على تحليل الملوثات.
٥) كمية الملوثات المطروحة.

مصادر تلوث المياه:

ويمكن أن تضم مصادر تلوث المياه ثلاث محاور هي:

I. **المصادر الزراعية:**

وتتمثل المصادر الزراعية للتلوث بثلاثة عناصر أساسية هي:

١) **المبيدات Pesticides:** والتي تم التطرق إليها بالتفصيل في المحاضرة السابعة، حيث تجد هذه المبيدات طريقها إلى المياه السطحية عند إنجرافها من الترب والأراضي الزراعية المجاورة لتطرح في المياه السطحية بصورة مباشرة مسببةً تلوثها، إذ تحوي هذه المبيدات على مركبات كيمياوية معقدة غير قابلة للتفكك الطبيعي إلا بشروط خاصة وبفترات زمنية متباينة تبعاً لنوع الأحياء المائية وقدرتها على تخزينها في أجسامها. حيث أن للكائنات الحية الحيوانية والنباتية القدرة على تخزين وتركيز هذه المركبات داخل أنسجتها، وعند تناولها من قبل الإنسان تسبب له أمراضاً خطيرة، فمثلاً مركبات الدايوكسين المستخدمة في مكافحة الأعشاب عند دخولها جسم الإنسان وبتراكيز عالية فإنها تعمل على الإضرار بالجملة العصبية وحالات من الشلل وتقرحات جلدية، وفي الحالات المتقدمة قد تؤدي إلى الموت.

٢) **الأسمدة:** بنوعيها الطبيعية الناتجة من فضلات الحيوانات أو المصنعة التي تحتوي على الفوسفور والنتروجين، حيث تتلوث المياه السطحية بهذه الأسمدة عند إستخدامها بشكل مفرط وغير مدروس علمياً وتكوين ظاهرة الإثراء الغذائي، مما يسبب تدهور جودة المياه كما ذكرنا في المحاضرة السابقة، حيث تحتوي مياه الصرف الزراعي على كميات عالية من مركبات النيتروجين والفوسفور والبوتاسيوم الزائدة عن حاجة النبات، وهذه تأخذ طريقها إلى المصارف الأساسية كمجاري الأنهار والبحيرات فتعمل على تردي نوعية المياه وتشجع على نمو الطحالب والأشنات خاصةً في مياه البحيرات الراكدة وكذلك في الأنهار بطيئة الجريان بسبب إقامة المنشآت المائية والسدود التي تعمل على ترسيب مادة الطمي خلف السد وتقلل من سرعة جريان الماء كما هو الحال في حوضي دجلة والفرات ونهر النيل في مصر مما يسبب إنتشار ونمو النباتات الوبائية مثل زهرة النيل ونبات الشمبلان، ولهذه النباتات الوبائية تأثيرات ضارة على السكان والبيئة أهمها:

- تعمل على زيادة معدل التبخر من المجرى والمسطحات المائية لنحو ثمانية أضعاف المعدل الطبيعي.
- قابليتها على التكاثر السريع يؤدي إلى تشكيل طبقة عازلة فوق سطح الماء وتعيق الكثير من العمليات البايوضوئية بين الهواء والماء.
- تعمل على سد مجاري الشبكات المائية وقنوات الري الفرعية فتعيق جريان الماء نحو الأراضي الزراعية، كما تعمل على إعاقة الملاحة النهرية.
- تعمل على قتل أنواع عديدة من الطحالب والأسماك نتيجة حجبها لضوء الشمس.
- تسبب تردي في نوعية المياه نتيجة إنخفاض نسب الأوكسجين المذاب.

٣) مخلفات الإنتاج الحيواني.

II. المصادر الصناعية:

وتشمل مختلف المواد الكيمياوية العضوية واللاعضوية والمعدنية المصنعة والتي تجد طريقها إلى المياه السطحية مسببةً تلوثها، كما أشرنا إليه في محاضرات سابقة.

III. المصادر المدنية (الصرف الصحي Sanitation):

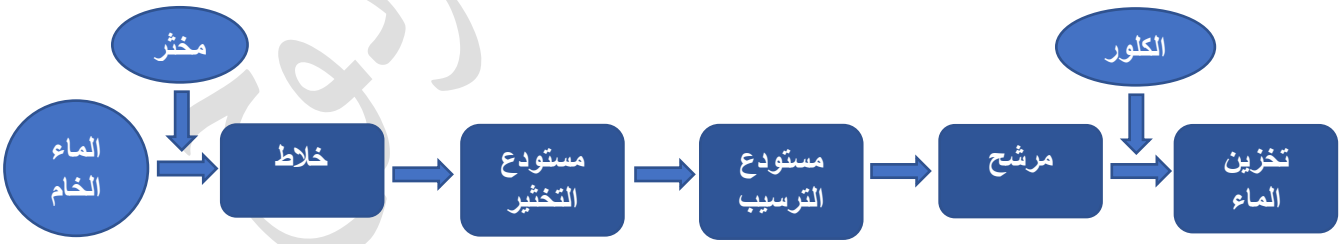
يعتبر الصرف الصحي أحد أخطر المشاكل البيئية التي تهدد الصحة العامة في معظم دول العالم الثالث، وذلك بسبب عدم وجود الشبكات ومشاريع المعالجة بصورة كافية وعلمية. فنرى أن الكثير من المدن تستخدم أسلوب خزن مياه الصرف الصحي بخزانات أرضية مدفونة تسمى بالـ Septic Tanks أو قد تلجأ تلك المدن إلى طرحها مباشرةً إلى المسطحات المائية كالأنهار والبحيرات.

وبصورة عامة تحتوي مياه الصرف الصحي على كميات من المواد الصلبة على هيئة مواد غروية وعالقة، وكذلك بصورة ذائبة، وتتمثل مكونات الصرف الصحي بالدرجة الأساس بما يأتي:

١. الأحياء المجهرية الممرضة.
٢. الكاربوهيدرات، وتشمل السكريات الأُحادية والثنائية والنشا والسيليلوز.
٣. أحماض عضوية، مثل حامض الفورميك وحامض البروبونيك وغيرها.
٤. أملاح أحماض عضوية، مثل أوكزالات الكالسيوم.
٥. الدهون والشحوم.
٦. المركبات العضوية النتروجينية مثل البروتينات.
٧. الأصباغ.
٨. الأملاح المعدنية.

أساسيات معالجة المياه:

تصمم مشاريع معالجة المياه لغرض رفع الماء الخام إلى مستوى ماء الشرب. وقد يشمل المشروع النموذجي الخطوات المتعاقبة الآتية: الخلط Mixing، التخثر Coagulation، الترسيب Settling، الترشيح Filtration، وأخيراً الكلورة Chlorination. وأساس الفكرة هي تخثير الجزيئات العالقة التي تسبب التعكير وسوء المذاق والرائحة واللون، والتي يمكن إزالتها بالترسيب والترشيح.



تخطيط إنسيابي لمحطة معالجة المياه

ففي الخلاط يمكن إضافة مادة مخثرة مثل الشب Alum إلى الماء الخام ويخلط بسرعة. وتساعد المادة المخثرة الجزيئات الغروية على الإلتصاق ببعضها عند تلامسها، مكونةً بذلك نواةً للتلبد Floc-nucleus وفي هذه المرحلة يعتبر الحصول على إنتشار سريع ومتجانس للمخثر مهم لضمان حصول تفاعل كامل.

معالجة مياه الصرف الصحي Sanitation or Sewage water treatment:

تتضمن معالجة مياه الصرف الصحي ثلاث عمليات أساسية هي: عمليات فيزيائية وعمليات كيميائية وعمليات بايولوجية. وتتم هذه العمليات الأساسية ضمن مراحل مختلفة حسب مقدار جودة المياه المراد معالجتها، وتشمل هذه المراحل ما يأتي:

١. المعاملة التمهيدية Preliminary Treatment
٢. المعاملة الأولية Primary Treatment
٣. المعاملة الثانوية Secondary Treatment
٤. المعاملة الثالثية Tertiary Treatment
٥. المعاملة المتقدمة Advanced Treatment

وسنذكر طبيعة عمل ووظيفة كل من هذه المراحل بالتفصيل وكما يأتي:

أولاً: المعاملة التمهيدية Preliminary Treatment:

وهي عملية فصل أو إزالة الأجسام الكبيرة كالقناني وقطع الأخشاب وغيرها، حيث يمرر الماء خلال شبكة من القضبان المعدنية تقوم بحجز هذه الأجسام وتنقلها عبر حزام ناقل إلى مستودع خاص لمعالجتها لاحقاً.

ثانياً: المعاملة الأولية Primary Treatment:

وتسمى أيضاً بالمعاملة الإبتدائية، وتهدف بشكل عام إلى التخلص من المواد الصلبة العالقة السهلة الترسيب Suspended Solids (SS)، من خلال نوعين من الأحواض:

١- أحواض التعويم: وتستخدم لإزالة المواد الطافية مثل الزيوت والشحوم، تجنباً لإعاقة مراحل المعالجة التالية.

٢- أحواض الترسيب: وتستخدم لغرض إزالة المواد الصلبة الناعمة القابلة للترسيب بشكل كامل والتي تشكل المواد اللاعضوية نسبةً منها، والتي تعتبر عبئاً على مرحلة المعالجة البايولوجية اللاحقة.

إن كفاءة عملية المعاملة الأولية في إزالة الملوثات ليست عالية جداً، وخلال هذه المرحلة يمكن تخفيض ما نسبته 35% من قيمة BOD_5 و 30% من COD وإزالة حوالي 60% من المواد الصلبة العالقة، ولا شيء من المعادن المذابة.

ثالثاً: المعاملة الثانوية Secondary Treatment:

تتضمن المعاملة الثانوية إستعمال طرق حياتية، خصوصاً المرشحات الوشيلة - (التي هي عبارة عن قيعان معمولة من الحجر المسحوق الذي يستعمل لترشيح ماء الفضلات وتكوين الـ Biological Slimes) - والحمأة المنشطة، التي تقارب عمليات الإنحلال الطبيعي. وتعد المعاملة الثانوية من أهم مراحل معالجة مياه الصرف الصحي، وتتضمن عمليات بايولوجية لغرض أكسدة المواد العضوية وتحويلها إلى مركبات بسيطة يمكن فصلها عن المياه. وفي بعض الأحيان تشمل منشآت المعاملة الثانوية استخدام عملية الكلّورة لإتمام عملية الأكسدة الكيمياوية والتطهير.

تتم مرحلة المعاملة البايولوجية في وحدتين رئيسيتين هما:

١- **أحواض التهوية:** في هذه الأحواض يتم ضخ الأوكسجين بوساطة مضخات متخصصة لغرض تحفيز البكتيريا وزيادة فعاليتها على أكسدة المواد العضوية، حيث أن الفضلات العضوية العالقة والذائبة المهواة والممزوجة جيداً تخضع للإمتزاز والتلبيد والأكسدة والإنحلال الحياتي ولفترات محددة قبل تمريرها إلى أحواض الترسيب.

٢- **أحواض الترسيب الثانوية:** وتستخدم لغرض ترسيب ماتبقى من المواد الصلبة العالقة. وفيها تستقر الحمأة الغنية بالأحياء المجهرية النامية، حيث يستعمل قسم من الحمأة لمعالجة الوجبة القادمة من الفضلات، وتقدم الحمأة المنشطة Activated Sludgeفائدتين هما:

- ترويق الماء بإمتزاز معظم المواد الصلبة الغروية والعالقة على سطوح دقائق الحمأة.
- تؤكسد المادة العضوية.

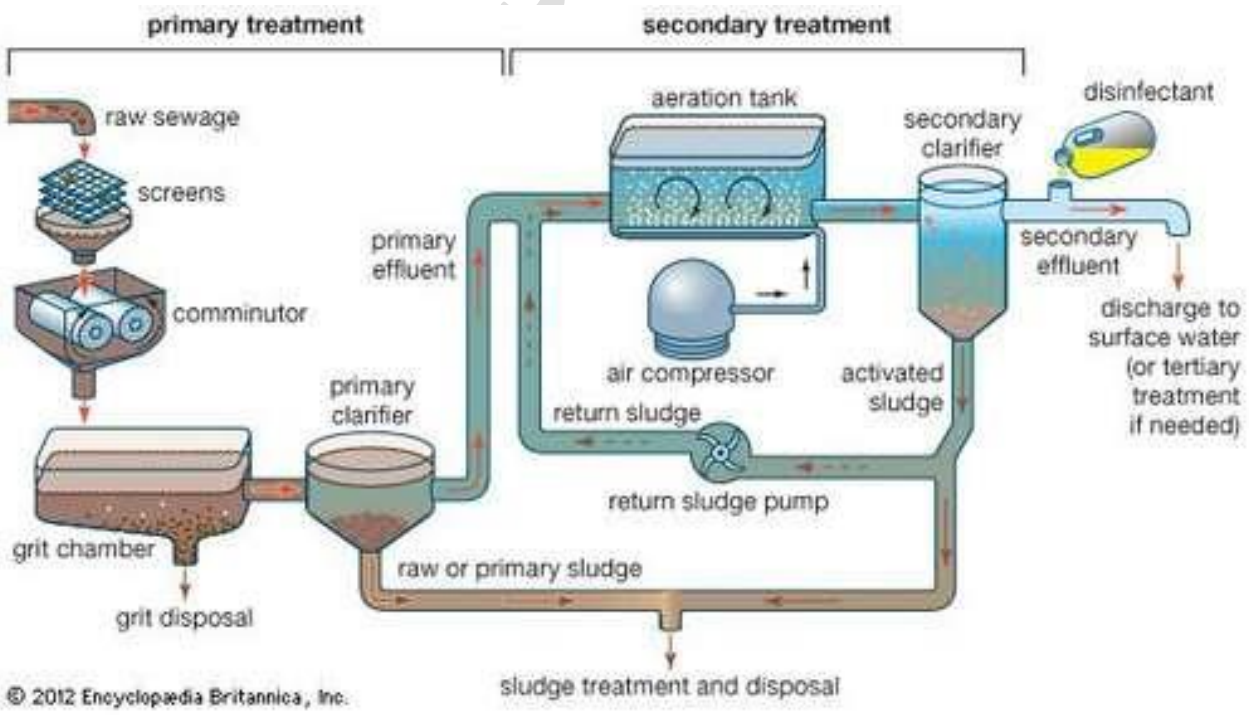
وإعتماداً على سرعة تحليل المواد والمركبات العضوية، هناك عدة أنواع من المعاملة الثانوية نخص منها:

- **عمليات عالية المعدل:** منها عملية الحمأة المنشطة Activated Sludge Process وعملية الترشيح التنقيطي Trickling Filter وعملية التلامس الحيوي الدوار Rotating Biological Contactors.
- **عمليات منخفضة المعدل:** ومنها تقنية البرك ذات التهوية Aerated Ponds وبرك الإستقرار Stabilizing Ponds لغرض ترسيب ما تبقى من المواد الصلبة العالقة.

ومن خلال عملية المعاملة الثانوية يمكن خفض قيمة الـ BOD_5 إلى حوالي 90% وقيمة COD إلى 80% وإزالة ما يقارب 90% من المواد الصلبة العالقة و 5% من المعادن الذائبة.

رابعاً: المعاملة الثالثية Tertiary Treatment:

وهي المرحلة التي تتضمن تفعيل المعالجات الكيمياوية لغرض التعقيم والتطهير، كحقن محلول الكلور إلى حوض خاص معد لهذا الغرض، إذ تتراوح جرعة الكلور ما بين 5 – 10 ملغم للتر الواحد ولمدة لا تقل عن خمسة عشر دقيقة.



خامساً: المعاملة المتقدمة Advanced Treatment:

تستخدم هذه المعاملة عندما يراد للمياه المعالجة أن تكون بدرجة عالية من النقاوة، وهي تتضمن عمليات ليست بالتقليدية لإزالة الملوثات التي لم تعالج بالمعاملات السابقة، ومن هذه الملوثات التراكيز العالية للفوسفور والنتروجين والمواد العضوية صعبة التحلل إضافةً إلى المواد السامة، وتتضمن هذه العمليات مايأتي:

١. **التخثر الكيمياوي والترشيح Chemical Coagulation and Filtration:** تستعمل هاتان العمليتان معاً في تنقية الماء، ويمكن أيضاً أن تستعمل كطريقة لمعاملة مياه الفضلات. وهو عبارة عن إضافة مواد كيميائية مثل مركبات الحديد والألمنيوم والبوليمرات التي تساعد الجسيمات العالقة على إلتصاقها مع بعضها البعض كي تترسب بأحواض خاصة تسمى بأحواض التلبيد. ويمكن أن تنجز خطوة الترشيح التالية للتخثر عن طريق الرمل أو التراب الدايتومي أو مواد مرشحة مختلفة.

٢. **إمتزاز الكاربون Carbon Adsorption:** ويستخدم فيها الكاربون المنشط ، الذي هو شكل مسامي من الكاربون، ذو قابلية أمتزاز عالية، مع مساحة سطحية كبيرة جداً، ويكون على شكل مسحوق يستعمل لإزالة وإمتزاز الطعوم والروائح من الماء.

٣. **الأكسدة الكيمياوية Chemical Oxidation:** وتكون بإستعمال مؤكسدات قوية مثل الأوزون O_3 وبيروكسيد الهيدروجين H_2O_2 ، أو الجذر الحر للهيدروكسيل OH.

٤. **التبادل الآيوني Ion Exchange:** ويتم بوساطة هذه العملية إزالة المواد غير العضوية المتبقية، بإستخدام مواد طبيعية مثل الزيولايت أو مواد صنعية مثل راتنجات التبادل الآيوني.

٥. **التناضح أو التنافذ العكسي Reverse Osmosis:** هي عملية فصل الأملاح بوساطة ضخ الماء تحت ضغط عالي جداً من خلال غشاء رقيق يسمح بمرور جزيئات الماء فقط ويمنع مرور جزيئات الأملاح.

٦. **الإنتزاع بالهواء Air Stripping:** وفيها تزال الأمونيا NH_3 من الماء بوساطة الإنتزاع الهوائي، حيث يتم رفع الرقم الهيدروجيني للماء وتُطرد الأمونيا من المحلول بالتحريك القوي بوساطة الهواء.