يحدث التلوث المائي عندما يُلقي الناس بكميات من المخلفات في نظام مائي ما، بحيث تصل إلى درجة لا يكون معها في وسع عمليات التنقية الطبيعية التابعة له أن تؤدي وظيفتها على الوجه المطلوب. وبعض المخلفات، مثل الزيت والأحماض الصناعية والمبيدات الزراعية، تسمم النباتات المائية والحيوانات، بينما تلوث بعض المخلفات الأخرى مثل المنظفات الفوسفاتية والأسمدة الكيميائية والمخلفات الحيوانية، بمد الحياة المائية بمزيد من المغذيات. وتسمى هذه العملية الإثراء الغذائي، وتبدأ عندما تنساب كميات كبيرة من المغذيات إلى أنظمة المياه حيث تعمل المغذيات على تحفيز النمو الزائد للطحالب. وكلما ازداد نمو الطحالب، ازداد فناؤها بالمقابل. وتستهلك البكتيريا الموجودة في الماء كميات كبيرة من الأكسجين لتهضم بذلك الفائض من الطحالب الميتة .ويؤدي ذلك إلى نقص مستوى الأكسجين في الماء مما يتسبب في موت الكثير من النباتات المائية وكذلك الحيوانات.

التلوث الحراري يحدث حينما يضاف الماء الساخن إلى الجسم المائي. ويعتبر الماء الأكثر حرارة أكثر تلونا من بقية المياه. ويتسبب الماء الساخن في أضرار بالأسماك والنباتات المائية عن طريق تقليل كمية الأكسجين في الماء. ويمكن للمواد الكيميائية والزيوت أن تحدث تلوثًا مائيًا مدمرًا يتسبب في قتل الطيور المائية والمحار والحياة الفطرية الأخرى ويأتي الماء الساخن من محطات توليد طاقة والمصانع .

يحدث التلوث المائي من مصادر كثيرة، منها نفايات المجاري والكيميائيات الصناعية والكيميائيات الزراعية ومخلفات المواشي. ففي المناطق التي تفتقر إلى محطات حديثة لمعالجة مياه المجاري، يمكن أن تنساب المياه التي تحمل معها المخلفات البشرية إلى مصادر المياه. مما يؤدي إلى اختلاط البكتيريا الناقلة للأمراض بماء الشرب وتتسبب في الإصابة بأمراض مثل الكوليرا والدوسنتاريا .أما في المناطق التي تحظى بصرف صحي جيد فإن معظم المخلفات البشرية تنساب في أنابيب وضعت في باطن الأرض، حيث ينتهي بها المطاف إلى محطات معالجة خاصة تقتل البكتيريا الضارة وتزيل المخلفات الصلبة.

1-1مصادر للتلوث المائي من حيث النوعية

و تقسم مصادر التلوث المائي من حيث النوعية إلى أربعة أقسام هي: التلوث الفيزيائي و التلوث الكيميائي و التلوث البيولوجي و التلوث الإشعاعي.

1.التلوث الفيزيائي: وينتج عن تغيرفي المواصفات القياسية للماء، عن طريق تغير درجة حرارته أو ملوحته، أو ازدياد المواد العالقة به، سواء كانت من أصل عضوي أو غير عضوي. وينتج ازدياد ملوحة الماء مع ازدياد عملية التبخر لماء البحيرة أو الأنهار في الأماكن الجافة، دون تجديد لها، أو في وجود قلة من مصادر المياه. كما أن التلوث الفيزيائي الناتج عن ارتفاع درجة الحرارة

نتيجة صب مياه تبريد المصانع والمفاعلات النووية، القريبة من المسطحات المائية، في هذه المسطحات، مما ينتج عنه ازدياد درجة الحرارة، ونقص الأكسجين، مما يؤدي إلى موت الكائنات الحية في هذه الأماكن.

2.التلوث الكيميائي: وينتج هذا التلوث من كثرة العمليات الصناعية، أو الزراعية، بالقرب من المسطحات المائية، مما يؤدي إلى تسرب المواد الكيميائية المختلفة إليها. وتعد كثيرةٌ من الأملاح المعدنية والأحماض والأسمدة والمبيدات، من نواتج هذه العمليات التي يؤدي تسربها في الماء إلى التلوث، وتغير صفاته. وهناك العديد من الفلزات السامة الغذائية في الماء، تؤدي إلى التسمم إذا وجدت بتركيزات كبيرة، مثل الباريوم والرصاص والزئبق والكادميوم. أمّا الفلزات غير السامة، مثل الكالسيوم والمغنيسيوم والصوديوم، فإن زيادتها في الماء تؤدي إلى بعض الأمراض، إضافة إلى تغير خصائص الماء الطبيعية، مثل الطعم وجعله غير مستساغ. واما التلوث بالمواد العضوية، مثل الأسمدة الفوسفاتية النيتروجينية، التي يؤدي وجودها في الماء إلى تغير رائحته، ونمو الحشائش والطحالب، مما يؤدي إلى زيادة استهلاك الماء، وزيادة البخر. وقد يؤدي الى تتحول هذه البحيرات إلى مستنقعات مليئة بالحشائش والطحالب، وقد تتحول في النهاية إلى أرض جافة.

3.التلوث البيولوجي: وينتج هذا التلوث عن ازدياد الكائنات الحية الدقيقة المسببة للأمراض، مثل البكتريا والفيروسات والطفيليات في المياه. وتنتج هذه الملوثات في الغالب عن اختلاط فضلات الإنسان والحيوان بالماء بطريق مباشر عن طريق صرفها مباشرة في مسطحات المياه العذبة، أو المالحة، أو عن طريق غير مباشر عن طريق اختلاطها بماء صرف صحي أو زراعي. ويؤدي وجود هذا النوع من التلوث، إلى الإصابة بالعديد من الأمراض. لذا، يجب عدم استخدام هذه المياه في الاغتسال أو في الشرب، إلاّ بعد تعريضها للمعالجة ، مثل الكلور والترشيح بالمرشحات الميكانيكية.

4.التلوث الإشعاعي: ومصدر هذا التلوث يكون غالباً عن طريق التسرب الإشعاعي من المفاعلات النووية. وفي الغالب لا يُحدث هذا التلوث أي تغيير في صفات الماء الطبيعية، مما يجعله أكثر الأنواع خطورة، حيث تمتصه الكائنات الموجودة في هذه المياه، في غالب الأحوال، وتتراكم فيه ثم تنتقل إلى الإنسان، أثناء تناول هذه الأحياء، فتحدث فيه العديد من التأثيرات الخطيرة، منها الخلل والتحولات التي تحدث في الجينات الوراثية.

2-1أهم مصادر التلوث المائي

1- المصادر الصناعية

وهي عبارة مخلفات المصانع المختلفة مثل المصانع الغذائية والكيمائية والألياف الصناعية والتي تؤدي إلى تلوث الماء بالدهون والبكتريا والدماء والأحماض والقلويات والأصباغ والنفط ومركبات

البترول والكيماويات والأملاح السامة كأملاح الزئبق والزرنيخ ، وأملاح المعادن الثقيلة كالرصاص والكادميوم . تشكل مياه المصانع وفضلاتها نسبة كبيره من مجموع المواد الملوثة للبحار والبحيرات والأنهار. التلوث بالهيدروكربون الناتج عن التلوث بالبترول وقليل من المصانع في الدول النامية و الدول المتقدمة تلتزم بضوابط الصرف الصناعي، بل تلقي بفضلاتها في مياه البحار والبحيرات والأنهار .

أن الطرق التقليدية لتنقية المياه لا تقضي على الملوثات الصناعية (الهيدروكربون) والملوثات غير العضوية والمبيدات الحشرية وغيرها من المواد الكيميائية المختلفة. وقد يتفاعل الكلور المستخدم في تعقيم المياه مع الهيدروكربونات مكونا مواد كربوهيدراتية كلورينية مسرطنة. ومن أشكال التلوث الصناعي الحراري هو استعمال بعض المصانع ومحطات الطاقة لمياه الأنهر والبحيرات في عمليات التبريد، وما ينتج عنة من ارتفاع في حرارة المياه مما يؤثر سلبا على التفاعلات البيوكيميائية في المياه وكذلك على الأحياء المائية.

2. مصادر تلوث الصرف الصحي

تعتبر مياه المجاري واحدة من أخطر المشاكل على الصحة العامة في معظم دول العالم الثالث، لأن أغلب هذه الدول ليس لديها شبكة صرف صحي متكاملة,و في بعض المدن الكبيرة لا توجد شبكة صرف صحي. والمشكلة الكبرى عندما تلقي المدن الساحلية مياه الصرف الصحي في البحار دون معالجة مسببة بذلك مشكلة صحية خطيرة. واستخدام الحفر الامتصاصية في الأماكن التي لا يتوفر فيها شبكة صرف صحي له أضراره على الصحة العامة خاصة إذا تركت مكشوفة أو ألقيت مخلفاتها في الأماكن القريبة من المساكن حيث يتوالد البعوض والذباب مما يسبب الكثير من الأمراض بالإضافة إلي استخدام المبيدات المنزلية التي لها أضرارها على صحة الإنسان.

تحتوي مياه المجاري علي كمية كبيرة من المواد العضوية وأعداد هائلة من الكائنات الحية الدقيقة الهوائية واللاهوائية. وعند وصولها إلى المياه السطحية، تعمل الكائنات الدقيقة الهوائية على استهلاك الأوكسجين لتحليل المواد العضوية مسببة نقصا في الأوكسجين مما يؤدي إلى اختناق الكائنات الحية التي تعيش في البحر وموتها. عند موتها تبدأ البكتريا أو الكائنات الدقيقة اللاهوائية بتحليلها محدثة تعفن وفسادا أخر. تتوقف درجة فساد المياه السطحية وصلاحيتها للاستعمال على عدة عوامل منها:

- كمية الأوكسجين الذائب في الماء ، سرعة تيار الماء في المجري المائي،السرعة التي تستطيع بها بعض أنواع البكتريا تحليل هذه الشوائب والفضلات، مدي حجم ونوعية الشوائب والفضلات التي تلقي في هذا المسطح المائي ، تتكون مياه الصرف الصحي من المياه المستخدمة في المنازل سواء في الحمامات أو المطابخ وكذلك المياه المستخدمة في بعض الورش والمصانع الصغيرة

ومحطات الوقود التي تقع داخل المدينة. تحتوي مياه الصرف الصحي على نسبة عالية من الماء والباقي مواد صلبة على هيئة مواد غروية وعالقة وذائبة. وهذه المركبات هي: الكربوهيدرات وتشمل السكريات الأحادية والثنائية والنشا والسليلوز. أحماض عضوية: مثل حمض الفورميك, بروبونيك وغيرها،أملاح أحماض عضوية،الدهون والشحوم،المركبات العضوية النتروجية وتشمل البروتينات،الأصباغ،الأملاح المعدنية ومواد أخري. ومياه المجاري وهي تتلوث بالصابون والمنظفات الصناعية وبعض أنواع البكتريا والميكروبات الضارة ، وعندما تنتقل مياه المجاري إلى الأنهار والبحيرات فإنها تؤدي إلى تلوثا هي الأخرى .

3. مصادر التلوث الزراعية

استخدام المبيدات الحشرية والأسمدة الكيميائية في الزراعة، والتي ترش على المحاصيل الزراعية أو التي تستخدم في إزالة الأعشاب الضارة ، فينساب بعضها مع مياه الصرف ، كذلك تتلوث مياه القنوات التي تغسل فيها معدات الرش وآلاته ، ويؤدي ذلك إلى قتل الأسماك والكائنات البحرية كما يؤدي إلى نفوق الماشية والحيوانات التي تشرب من هذه مياه الملوثة بالمبيدات.

4. مياه الأمطار الملوثة

تتلوث مياه الأمطار و خاصة في المناطق الصناعية لأنها تجمع أثناء سقوطها من السماء كل الملوثات الموجودة بالهواء ، والتي من أشهرها أكاسيد النتروجين وأكاسيد الكبريت والغبار، و أن تلوث مياه الأمطار ظاهرة جديدة استحدثت مع انتشار التصنيع ونفث الغازات والأتربة في الهواء أو الماء ، وفي الماضي لم تعرف البشرية هذا النوع من التلوث. لقد امتلئ الهواء بالكثير من الملوثات الصلبة والغازية التي نفثتها المصانع ومحركات الآلات والسيارات ، وهذه الملوثات تذوب مع مياه الأمطار وتتساقط مع الثلوج فتمتصها التربة لتضيف بذلك كماً جديداً من الملوثات إلى ذلك الموجود بالتربة ، ويمتص النبات هذه السموم في جميع أجزائه ، فإذا تناول الإنسان أو الحيوان هذه النباتات أدى ذلك إلى التسمم .

كما أن سقوط ماء المطر الملوث فوق المسطحات المائية كالمحيطات والبحار والأنهار والبحيرات يؤدي إلى تلوث هذه المسطحات و تسمم الكائنات البحرية والأسماك الموجودة بها ، وينتقل السم إلى الإنسان إذا تناول هذه الأسماك الملوثة .

5. مياه المفاعلات النووية

التلوث النووي الناجم عن خلل مفاجئ في المفاعلات النووية لتوليد الطاقة الكهربائية ففي بعض الدول طالبت الهيئات المسؤولة عن سلامة البيئة والشركات صاحبة المفاعلات بوضع خطة لإجلاء السكان في دائرة قطرها 15 كم عند الضرورة .وهي تسبب تلوثً حرارياً للماء مما يؤثر تأثيراً ضاراً على البيئة وعلى حياتها ، مع احتمال حدوث تلوث إشعاعي لأجيال لاحقة من الإنسان

وبقية الكائنات الحية .

6. مياه التلوث البترولي

وهو إما نتيجة لحوادث غرق الناقلات ، او لقيام هذه الناقلات بعمليات التنظيف وغسل خزاناتها وإلقاء مياه الغسل الملوثة في عرض البحر. ومن أسباب تلوث مياه البحار ً بالبترول تدفقه أثناء عمليات البحث والتنقيب عنه ، كما حدث في شواطئ كاليفورنيا بالولايات المتحدة الأمريكية في نهاية الستينيات، وتكون نتيجة لذلك بقعة زيت كبيرة الحجم قدر طولها بثمانمائة ميل على مياه المحيط الهادي ، وأدى ذلك إلى موت أعداد لا تحصى من طيور البحر ومن الدرافيل والأسماك والكائنات البحري.

3.الملوثات الأساسية للمياه.

1- الفضلات المستهلكة للأكسجين: Demanding Wastes Oxygen تعتبر كمية الأكسجين الذائبة في الماء هي أهم مقياس لجودة المياه ويتم قياسها بقياس (DO) وهو كمية الأكسجين الذائبة Dissolved Oxygen.وكمية الأكسجين الذائبة في المياه الصالحة للشرب يجب إن تتراوح بين (15-8 مليغرام/لتر) وهذا يعتمد على ملوحة ودرجة حرارة المياه فكلما زادت قل كمية الأكسجين الذائبة في الماء. الفضلات المستهلكة للأكسجين و هي مواد تتأكسد في الماء مستهلكة إثناء أكسدتها للأكسجين الموجود مما يسبب انخفاض كمية الأكسجين الذائب في الماء و يؤثر هذا على جودة المياه وصلاحيتها للاستهلاك .هذه الفضلات هي فضلات عضوية قابلة للتحلل مثل فضلات الطعام وفضلات تصنيع الأوراق وتتواجد عادة في الصرف الصحي والصرف الصناعي.و هناك عدة مؤشرات لقياس كمية الفضلات المستهلكة للفضلات في الماء : (COD) وهو مؤشر على كمية الأكسجين التي يتم استهلاكها لأكسدة كمية معينة من المواد الكيميائية بالكامل. (BOD) وهو مؤشر لكمية الأكسجين التي يتم استهلاكها بواسطة الكائنات الدقيقة لأكسدة كمية من المواد العضوية في الماء. والمؤشرين يدلان على كمية الفضلات الموجودة فكلما زادت كمية الفضلات كان الاستهلاك أكثر مما يقلل بالتالي من كمية الأكسجين المتبقي وهذا يسبب انخفاض جودة المياه ومدى صلاحيتها للاستخدام.

2- الكائنات الحية (الممرضات) : Pathogens و الممرضات هي ميكروبات أو كائنات دقيقة تسبب الإمراض وهى تنمو كالإنسان وتتكاثر في المياه الملوثة بالصرف الصحي يمكن تقسمها إلى :

- مياه ممرضة (waterborne) : حاملة لأمراض كالتيفوئيد والكوليرا وتنتقل الإمراض بالشرب أو الاستحمام. ومياه حاملة للمرض (water-contact): محتوية لكائنات تسبب إمراض كديدان البلهارسيا وهى تنتقل بالتلامس كالاستحمام. و مياه النظافة الشخصية (water-hygiene) :

وهى تسبب إمراض الجلد وإمراض العين كالرمد وهى تحدث بسبب قلة المياه المستخدمة للنظافة الشخصية.

3- النيترات : Nutrients و هي مواد كيميائية من أشهرها الفسفور والنيتروجين وهى مواد تساعد على نمو الكائنات الحية. وجودها بنسب معقولة في الماء يعتبر طبيعي وأساسي في أي مياه جارية على سطح الأرض. وخطرها في الماء وبدايتها كملوثات عندما تزيد عن حدها الطبيعي فتبدأ النباتات المائية بالتغذية عليها بشكل كبير مما يؤدي إلى نموها وانتشارها بسرعة كبيرة في الماء يفوق قدرة وطاقة المياه على توفير الأكسجين اللازم للعمليات الحيوية مما يسبب هبوط حاد في كمية الأكسجين الموجودة بالماء يؤدي هذا إلى موت الكائنات المائية الموجودة وموت النباتات أيضا و تحللهم الطبيعي وانخفاض الأكسجين أكثر بسبب استهلاك الأكسجين المتبقي ، يؤدي إلى فساد المياه وعدم صلاحيتها للاستخدام. وعملية زيادة كمية النترات في المياه تسمى (NUTRIPHICATION).

4- الأملاح: Salts والماء بشكل طبيعي يقوم بتجميع الأملاح والمواد الذائبة فيه إثناء مروره عبر التربة والصخور إلى البحر. و ملوحة المياه يتم قياسها باستخدام (Dissolved Solids (Total TDS)). و الملوحة المناسبة لمياه الشرب TDS= 500 مليغرام/ لتر.

5- التلوث الحراري: Thermal pollution التلوث الحراري سببه تصريف المياه الساخنة من المصانع إلى مياه البحيرات أو الأنهار أو البحر مما يؤدي إلى ارتفاع مفاجئ ومتواصل في درجة الحرارة في بقعة معينة من المنطقة المائية مما يؤدي إلى موت الكائنات المائية في تلك المنطقة بشكل فوري بالإضافة إلى ما يسببه من تقليل قدرة المياه على إذابة الأكسجين فيها فيهبط مستوى الأكسجين في الرقعة المحتوية على المياه الساخنة والكائنات المائية المتحللة وبشكل متواصل حسب امتداد تلك المياه الساخنة في المحيط المائي حتى تتجانس درجتها مع درجة حرارة المياه المحيطة بها.

6- المعادن الثقيلة: Heavy metals مجموعة المواد المعدنية الثقيلة مثل الكروم والرصاص أو المعادن السامة (Toxic metal) كالزئبق.وهي مواد تكون أثقل من المياه مما يسمح بترسبها في قاع الأنهار أو البحيرات إلا إن خطرها يبقى متواجد على الدوام بسبب بطيء او عدم تحللها الطبيعي.و الصرف الصناعي هو المصدر الرئيسي لهذه الملوثات.

7- المبيدات الحشرية :Pesticides هي مواد كيميائية تستخدم للقضاء على الحيوانات القارضة كالفئران أو الحشرات والإعشاب أو على الفطريات. و أهم مبيد عرف هو DDT وكان يستخدم بشكل واسع إلا إن تأثيره على السلسلة الغذائية للكائنات الحية أدى إلى تحريم استخدامه حيث انه يمتلك صفتان خطيرتان هما الأولي مقاومته للانحلال يبقى مدة طويلة في الطبيعة قبل إن

يتفكك إلى مركباته الأصلية. والثانية يذوب في الشحوم مما يسمح له بالبقاء بداخل جسم الكائن الحي والانتقال من كائن إلى أخر حسب السلسلة الغذائية المعروفة بدون إن يتحلل في جسم ذلك الكائن الحي ويتراكم ويزداد تركيزه في الأنسجة الشحمية مسببا السرطان.

8- المركبات العضوية المتطايرة :وهي مواد كيميائية تنتج من العمليات الصناعية وتتواجد عادة في المياه الجوفية فقط بتركيز عالي لأنها تتطاير عند ملامستها للهواء الجوي وبالتالي فتركيزها في المياه السطحية منخفض جداً وأفضل طريقة للتخلص منها هو بتعريض المياه الجوفية للهواء الجوية لفترة معينة تساعد على التخلص من كامل تركيز المواد المتطايرة بها.والمواد المتطايرة هي مواد سامة وتسبب السرطان عند تناولها بتركيز عالي في الماء ومن أكثرها سمية فنيل كلورا يد (Vinyl chloride) .

4.أضرار التلوث المائي على صحة الإنسان

يعتبر التلوث الميكروبي أو الكيميائي للمياه من أكثر الملوثات أضرارا على صحة الإنسان.

- تلوث الماء ميكروبيا. إن مياه الصرف الصحي بها أعداد هائلة من الكائنات الدقيقة مثل البكتريا والفيروسات والطفيليات وبذلك تنقل العديد من الأمراض مثل الكوليرا والتيفود وشلل الأطفال.

وتلعب الكائنات الحية الدقيقة دورا في تحولات الميثان والكبريت والفسفور والنترات. فبكتريا الميثان تنتج غاز الميثان في الظروف الهوائية واللاهوائية, وبكتريا التعفن تنتج الأمونيا التي تتأكسد إلي نترات والتي تكون ما يعرف باخضرار الماء وتظهر على شكل طبقة خضراء من الأعشاب على سطح المياه والبحيرات وشواطئ البحار, وأكثر ما تكون في المياه الراكدة وتسبب في إعاقة تسرب الأوكسجين إلى الماء.

وان مياه الصرف الصحي إذا لم تعالج جيدا تسبب أمراضا خطيرة للإنسان وخاصة إذا تسربت لمياه الشرب. يعتبر التلوث الميكروبي للمياه السبب في انتشار كثير من الأمراض في العالم.

1-5أهم المواد الكيميائية التي تلوث المياه

- مركبات حمضية أو قلوية: تعمل كل من المركبات الحمضية أو القلوية على تغيير درجة الحموضة للماء وارتفاع درجة حموضة المياه له تأثير سلبي على صحة الإنسان كما يؤدي إلى تكون الصدأ في الأنابيب وتآكلها. والتلوث بالقلويات يؤدي إلى تكون الأملاح مثل كربونات وبيكربونات وهيدروكسيدات الكلوريدات. وتسبب كربونات وبيكربونات الكالسيوم والمغنيسيوم عسر الماء كما أن مركبات الكلوريدات والسلفات تسبب ملوحة الماء.

- مركبات النترات والفوسفات:تسبب هذه المركبات ظاهرة اخضرار الماء. وتتكون الأعشاب الخضراء من الطحالب وهي من عناصر الكربون والنتروجين والفسفور. وأن النترات تتحد مع الهيموجلوبين وتمنع اتحاد الأوكسجين معه مما يسبب الاختناق.

- **المعادن الثقيلة:** أكثر المعادن الثقيلة انتشارا في مياه المجاري الرصاص والزئبق . يسبب تسرب الرصاص إلى أنابيب المياه إلى تلف الدماغ وخاصة عند الأطفال. يوجد الزئبق في الماء على شكل كبريتيد الزئبق وهو غير قابل للذوبان ويتواجد على شكل عضوي مثل فينول ومثيل وأخطرها هو مثيل الزئبق الذي يسبب شلل الجهاز العصبي والعمى. أما في الأسماك فإن مثيل الزئبق يتراكم داخلها بتركيزات عالية نتيجة التلوث وينتقل من الأسماك إلى الإنسان.وكذلك الحديد والمغنيسيوم: يسبب الحديد والمغنيسيوم تغير لون الماء أشبه بالصدأ ولا يسبب ضررا إلا إذا كان بكمية كبيرة وأكثر وجودهما في المياه الجوفية.

- **مركبات عضوية:** كثير من المركبات العضوية تسبب تلوث الماء وأشهرها التلوث بالبترول ومشتقاته والمبيدات الحشرية والمبيدات الفطرية وغيرها من الكيماويات الصناعية.

- **الهالوجينات:** يستخدم الكلور والفلور لتعقيم المياه من الميكروبات الضارة ولكن عند وجود مواد عضوية أو هيدروكربونات في المياه، فإنها تتفاعل مع الكلور مكونة مركبات هيدروكربونية كلورية مسرطنة.

- **المواد المشعة:** مثل الراديوم الذي يسبب السرطان وخاصة سرطان العظام.

4. آثار تلوث المياه العذبة على صحة الإنسان

تلوث المياه العذبة يدمر صحة الإنسان من خلال إصابته بالأمراض المعوية ومنها:الكوليرا الملاريا،التيفود البلهارسيا ، الالتهاب الكبدي الوبائي،الدوسنتاريا بكافة أنواعها حالات تسمم. كما لا يقتصر ضرره على الإنسان وما يسببه من أمراض، وإنما يمتد ليشمل الحياة في مياه الأنهار والبحيرات حيث أن الأسمدة والمخلفات الزراعية التي تتسرب إلى مياه الصرف تساعد على نمو الطحالب والنباتات المختلفة مما يضر بالثروة السمكية إذ تعمل هذه النباتات على حجب ضوء الشمس والأكسجين وتمنعه من الوصول إلى داخل المياه، كما أنها تساعد على تكاثر الحشرات .أهم العناصر التي تسبب تلوث المياه العذبة. وقد شهدت مصادر المياه العذبة تدهوراً كبيراً في الآونة الأخيرة لعدم توجيه قدرا وافرا من الاهتمام لها. المياه العذبة هي المياه التي يتعامل معها الإنسان بشكل مباشر ويومي.

5. العوامل التي تتسبب التلوث

- عدم تنظيف خزانات المياه بشكل دوري و سليم. ونقص خدمات الصرف الصحي والتخلص من مخلفاته. وعدم معالجة المخلفات الصناعة، وإن عولجت فيتم ذلك بشكل جزئي. و تسرب بعض المواد المعدنية و المبيدات الحشرية للمياه الجوفية مثل الحديد والمنجنيز والرصاص..الخ.

6- طرق معالجة التلوث المائي

الماء عنصر أساسي لجميع الكائنات الحية وتغطي المياه حوالي 71 / من الأرض, وتكون حوالي 65 % من جسم الإنسان, 70% من الخضروات, وحوالي 90 / من الفواكه. والماء مذيب جيد لكثير من المواد و حتى بعض المواد التي لا تذوب فيه تشكل معلقات غروية تشبه المحاليل.وينزل الماء على شكل أمطار أو ثلج بصورة نقية خالية تقريبا من الجراثيم أو الملوثات الأخرى,لكن نتيجة للتطور الصناعي الكبير يتعرض لكثير من الملوثات مما يجعله غير صالح للشرب. ومن أمثلة التلوث الأمطار الحامضية وكذلك مخلفات الصرف الصحي والصناعي والزراعي.وتلوث مياه البحار والأنهار و المياه الجوفية بالمواد البترولية والمواد المشعة والمعادن الثقيلة وغيرها. ويشكل التلوث بالمواد البترولية خطرا على المياه حيث يكون طبقة رقيقة فوق سطح الماء تمنع اختراق الهواء وثاني اوكسيد الكربون والضوء إلى الماء وبذلك تصبح الحياة المائية شبه مستحيلة. ويدوم الهيدروكربون الناتج من تلوث البترول مدة طويلة في الماء ولا يتجزأ بالبكتريا ويتراكم في قاع البحار. ويحتوي البترول على مواد مسرطنة مثل بنزوبيرين الذي يوجد بنسبة عالية في نفط ويؤثر على النباتات والحيوانات التي تتغذي عليها.وهناك مواد كيماوية أخري تسبب تلوث المياه مثل المبيدات D.D.T وأيضا المعادن الثقيلة.

7- وسائل وأساليب مكافحة تلوث المائي

- التحول من استعمال الفحم إلى استعمال النفط . لأن احتراق الفحم يسبب تلوثا يفوق ما ينجم عن احتراق النفط والذي يهدف إلى حماية البيئة من التلوث إلى حد كبير . إلا أن اتخاذ مثل هذا الإجراء يهدد بإغلاق بعض الناجم وما يترتب علية من ارتفاع نسبة الأيدي العاطلة .

- معالجة مياه المجاري بالمدن والقرى ومياه الصرف الصحي . حيث إنه من الضروري معالجة مياه المجاري بالمدن وكذلك مياه الصرف الصحي قبل وصولها إلى المسطحات المائية وقد اتخذت خطوات متقدمة في هذا المجال في كثير من الدول،إذ اتجه الاهتمام نحو معالجة مياه المصارف وإعادة استخدامها في ري الأراضي الزراعية .

- التخلص من النفط العائم: يجب التخلص من النفط العائم بعد حوادث الناقلات بالحرق أو الشفط وتخزينه في السفن أعدت لهذا الغرض مع الحد من استخدام المواد الكيماوية تجنبا لإصابة الأحياء المائية والنباتية.

- محاولة دفن النفايات المشعة في بعض أراضي الصحاري: إذا تحاول بعض الدول الصناعية دفن النفايات المشعة في بعض الصحاري ومثل هذه المحاولات إذا تمت فإنها تهدد خزانات المياه الجوفية بالتلوث وإلى تعريض السكان لمخاطر الإشعاع النووي.

- استخدام الأجهزة المضادة للتلوث: وفي الدول المتقدمة تفرض الدول على أصحاب السيارات تركيب أجهزة تخفيف التلوث وتنتج مصانع حاليا سيارات ركبت بها مثل هذه الأجهزة .

8. معالجة مياه الصرف الصناعي.

إن تطور طرق معالجة مياه الصرف الصناعي لم يبدأ إلا حديثا ولكنه كان سريعا. إن تركيب وتركيز مياه الصرف الصناعي تختلف من صناعة إلى صناعة و من مصنع إلى آخر ضمن الصناعة الواحدة، ومن يوم إلى يوم بل من ساعة إلى ساعة ضمن المصنع الواحد . لقد كان هذا الاختلاف تحديا لمهندسي معالجة المياه ليعتمدوا طرقا و تكنولوجيا محددة لمعالجة مياه الصرف الصناعي. أصبح التركيز أكثر فأكثر على المواصفات النوعية للمياه، تركز الاهتمام بشكل أكبر على الصناعة كمستهلك رئيسي للمياه و مصدر رئيسي لتلوثها.

إن معالجة مياه الصرف الصناعي أمر لايمكن فصله عما يدعى "إدارة التلوث الصناعي أو إدارة النفايات الصناعية ".لأنه بعكس مسؤول التلوث الصحي فإن العامل في الصناعة يمكنه أن يمارس درجة من التحكم بكمية و نوعية ماء الصرف الصناعي و ذلك باختيار المواد الأولية و طرق التصنيع مناسبة . أن كمية و تركيز ماء الصرف الصناعي تختلف من مصنع إلى مصنع ومن وقت إلى آخر و لذلك فإن أكثر طرق المعالجة فعالية هي تلك التي تصمم كجزء من إدارة الحد من التلوث و معالجة ما لا يمكن منعه.

9- معالجة النفايات الصناعية

9-1 الدراسات الأولية

أ- **تصنف النفايات**: الخطوة الأولى في الدراسات الأولية هي تصنيف النفايات ,و كتصنيف أولي يمكننا القول أن هناك نفايات متجانسة و نفايات غير متجانسة المياه مع أنظمة المعالجة .

1- الملوثات المتجانسة:الملوثات المتجانسة هي المواد التي يمكن إزالتها أو إتلافها من قبل الهيئات المدنية، معظم الصناعات الغذائية وعدد من الصناعات العضوية تنتج نفايات خام تشبه بشكل أو بآخر النفايات البلدية ولو أن هناك اختلاف واسع في التركيز.

المعالجة الأولية تتضمن عادة تصفية و ترسيب. و اما المعالجة الثانوية فيمكن أن تتضمن معالجة بالحمأة المنشطة و الفلاتر البطيئة و يمكن أن تتضمن أيضا عمليات بيولوجية هوائية أخرى تهدف إلى أكسدة و إتلاف الجزء الأعظم من المواد العضوية .تقاس المواد العضوية و يعبر عنها عادة بعبارة الآوكسيجين العضوي المطلوب أو تقاس بطريقة غير مباشرة عن طريق معرفة الآوكسيجين الكيميائي المطلوب أو الكربون العضوي الكلي .المواد القابلة للتحلل البيولوجي يمكن أن تزال بنفس الطرق شريطة عدم الإضرار بالشروط اللازمة لعملية التحلل (مثل وجود سموم أو قيم حرجة منph و درجة الحرارة ...الخ).

التعقيم ليس عملية مطلوبة عادة في معالجة النفايات الصناعية ولكن وجود هذه النفايات في الصرف الصحي لا يتنافر عادة مع عملية الكلورة .هناك بعض الكيماويات المرجعة مثل السلفيدات

و السلفيتات و مركبات الحديدي التي تزيد من كمية الكلور اللازمة ,لكن هذه المواد يجب أن تكون قد أبعدت أو استهلكت قبل أن تصل النفايات إلى مرحلة الكلورة التي عادة ما تكون المرحلة الأخيرة .

2- الملوثات غير المتجانسة : بعكس نفايات الصناعات الغذائية و بعض الصناعات العضوية التي يمكن معالجتها بنفس العمليات التقليدية المتبعة لمعالجة الصرف فإن نفايات كثير من الصناعات تتضمن ملوثات لا تتلائم مع تلك الطرق من المعالجة .أخطر أنواع عدم المتجانسة هي تلك التي تتدخل في تشغيل عملية المعالجة كأن تحتوي على مواد سامة تحد أو تتلف الكائنات الحية التي تقوم بالعمليات البيولوجية .

هذه السموم تتضمن السيانيد و المعادن الثقيلة والحامض و الزيوت البترولية و الشحوم البترولية .

هذه المواد عندما تكون بتراكيز صغيرة تمثل نوعا آخر من عدم تجانس, ففي هذه الحالة فإن الملوثات لا تؤثر ولا تتأثر بعملية المعالجة وإنما تمر من خلال المحطة دون تغيير ما عدا أنها تخضع إلى درجة ما من التمديد .بالإضافة إلى الملوثات غير المتجانسة السابقة فإن هناك بعض المواد التي يحظر كليا دخولها إلى شبكة الصرف الصحي و هذه تتضمن :المواد القابلة للإشتعال و الإنفجار –النفايات الآكلة – المواد الصلبة أو اللزجة التي قد تسبب بعض الإنسدادات.

إن التصنيف النهائي للملوثات من حيث كونها المتجانسة أو غير المتجانسة يجب أن يعتمد على دراسة نظام الصرف الصحي المراد طرحها فيه. نظم المعالجة الحديثة أو إقامة وحدات كيميائية – فيزيائية مستقلة عند محطات معالجة الصرف الصحي تتضمن ضبط PH و إضافة بعض الكيماويات التي من شأنها إزالة بعض المواد اللاعضوية وهذة إجراءات يجب أخذها بعين الإعتبار عند تحديد التراكيز المقبولة من هذه المواد اللاعضوية المسموح بطرحها في تيارات الصرف .

إن تصنيف النفايات كخطوة أولى في الدراسة الأولية من شأنه أنه يساعد في إعداد طبيعة للملوثات المتوقع مواجهتها في الصناعة و هذه الانواع هامة في إعداد المسح ألمصنعي ,و ثانيا فهو يساعد في إختيار نوع عمليات المعالجة .

-المسح الصناعي:لا يوجد مصنعان لهما نفس الماء الملوث و لكي نعرف المشاكل المتعلقة بالماء الملوث لابد من دراسة خاصة للمصنع.الهدف الرئيس لمسح الماء الملوث هو الحصول على حقائق و معطيات ضرورية لتطوير برنامج إدارة متكامل للنفايات هذا البرنامج ينبغي أن يتضمن أكثر من نظام معالجة للنفايات ,فهو يجب أن يبدأ بوضع إدارة ماء فعالة تقود إلى التوفير في صرف الماء و إلى التقليل من الماء الملوث الواجب معالجته.زمن المسح يجب تحديده مسبقا و لكن يجب أن لا يقل هذا الزمن عن 24 ساعة ويمكن أن يمتد إلى أكثر من 14 يوم أو يمكن أن يشمل

فصلا كاملا. خلال المسح يجب قياس كل تدفقات الماء الملوث و أخذ عينات من عدة نقاط منها .يجب تسجيل المعطيات المتعلقة بالإنتاج في فترة المسح . أخيرا ففي مرحلة التخطيط للمسح يجب تدريب كادر المسح بحيث يعرف كل شخص مسؤولياته وواجباته و يحضر نفسه للقيام بها.

-التحليل: إن طرق التحليل الواجب إتباعها في تحليل المياه الملوثة الصناعية هي طرق موثقة ومحددة في طرق معيارية تحددها الجهات التشريعية في البلد .إذا كان أحد أهداف المسح الحصول على معطيات لفريق المعالجة فإن التحليل يمكن أن يشمل بعض الإختبارات المخبرية مثل إختبارات الترقيد لإزالة المعلقات الصلبة , تحديد منحني ph لتعديل الماء الملوث و إختبارات على التحلل البيولوجي .....إلخ.

2-9 طرق صناعية لمعالجة التلوث

آ- الحد من التلوث داخل المصنع

الخطوة الأولى في حل مشكلة التلوث هي منع التلوث في مصدره ,أي الغاء تشكل النفايات بدلا من معالجتها .إذا لم يكن ممكنا القضاء على التلوث بشكل كامل فمن المفيد التقليل من حجمه و شدته إلى أقصى حد ممكن .إذن يجب أن يكون من أولى أهداف مسح تلوث الماء الإشارة إلى إمكانات الحد من التلوث داخل المصنع. الحد من التلوث داخل المصنع يمكن تحقيقه بإجراء تعديلات على العمليات التصنيعية ,بتحسين نوعية المواد الاولية , وتجميع النفايات . يمكن اعتبار الماء مادة خام و أن الماء الملوث هو ناتج ثانوي لعملية التصنيع. إذا تم تقبل هذه الحقائق فمن المنطقي عندئذ تطبيق مبادئ ضبط الجودة على إنتاج الماء الملوث .

ب- معالجة التلوث داخل المصنع : تتنوع طرق معالجة التلوث تنوعا كبيرا و هذه التقنيات تتضمن عمليات تستخدم لمعالجة الصرف الصحي بالإضافة إلى التقنيات الخاصة بكل صناعة و تعتمد اجراءت المعالجة –على نوع التلوث المراد إزالته وعلى درجة الإزالة .وهناك عوامل أخرى يجب أخذها بعين الإعتبار مثل كمية المياه الملوثة المراد معالجتها ,وتراكيز الملوثات في الماء ,والتغيرات التي تطرأ على كمية الماء و التراكيز ,.. المناخ.... الخ

المبادئ العامة للمعالجة هي – فصل الآطوار –المعالجة البيولوجية – المعالجة الكيمائية – و تقنيات متنوعة :

1. عملية فصل الأطوار : الفصل الفيزيائي للأطوار و خصوصا فصل الطور الصلب عن السائل ,و كذلك فصل الأطوار غير المائية –مثل الزيت –عن الطور المائي . فصل الغاز عن السائل ليس له كبير أهمية و لكنه قد يكون له أهمية في بعض أنواع التلوث . إن عملية فصل المواد الصلبة هي الخطوة الرئيسية في كل أنظمة معالجة التلوث . يتم فصل المواد الصلبة عن طريق الترسيب أي الإستفادة من الجاذبية لتحقيق عملية التركيد .يمكن لهذه العملية أن تتم في مرحلتين،

حوض إزالة الرمال وهو حوض ذو زمن مكوث قصير لإزالة الرمال الثقيلة سريعة الترسيب ذات القطر ما بين 0.1-0.2 مم وتصمم الأحواض الترسيب هذه بحيث تكون سرعة الجريان 0.3 م/ثانية , و الحوض الثاني حوض الترسيب الاولي لإزالة المواد الصلبة بطيئة التركيد إذ يبلغ زمن المكوث هنا أكثر من ساعتين .القطرات الزيتية الأخف من الماء تطفو على السطح في نفس الوقت الذي تترسب فيه المواد الصلبة الأثقل من الماء إلى قاع الحوض. كلا الطبقتين السفلى التي تشكل الحمأة والعلوية التي تشكل الطبقة الزيتية أو الزبد يجب أزلته بآلية مناسبة تعمل بشكل مستمر أو متقطع .يمكن تحسين فعالية التركيد بإضافة عوامل تخثير كيميائية تجمع الجزيئات الصغيرة في جزئيات كبيرة، او بزيادة زمن التركيد و لكن الخيار الأخير يتطلب أحواضا كبيرة بالإضافة الى انه قد ينشأ عنه مشكلة تحول منطقة الحمأة إلى منطقة لا هوائية .

نفس تقنيات فصل المواد الصلبة يمكن استخدامها من اجل الترسيب النهائي بعد المعالجة الكيميائية او المعالجة البيولوجية عن طريق احواض الترسيب النهائية التي تهدف إلى ازالة المواد الصلبة المتبقية التي استطاعت العبور من خلال أحواض التركيد الأولية، و الاهم من ذلك أنها تزيل المواد الصلبة الجديدة المتشكلة بالتفاعلات الكيميائية و البيولوجية. التركيد النهائي يمكن أن يتم على مرحلتين: الأولى في خزانات تقليدية تزال الحمأة فيها بطرق ميكانيكية و الثانية في برك صقل كبيرة بحيث يجب ان تتوفر مساحات كبيرة من الأرض.

في أنظمة المعالجة يمكن إضافة مروقات في مختلف مراحل الترسيب إذا كانت كمية المواد الصلبة كبيرة ,أو يمكننا الاستغناء عن التركيد الأولي إذا كانت نسبة المواد الصلبة منخفضة.إزالة الزيت بالترسيب يخضع إلى نفس المبادئ السابقة و يمكن أن يتم في نفس التجهيزات ,و هناك أجهزة فصل صممت من قبل معهد البترول الأمريكي (API) لاستخدامها مع المياه ذات المحتوى الكبير من الزيوت كتلك التي نواجهها في مصافي البترول .الزيوت المنحلة و المستحلبة لا يمكن إزالتها بالتركيد –مثلها مثل المواد الصلبة المنحلة – و إنما تحتاج إلى معالجة كيميائية مسبقة .

عملية الترسيب تعتمد على الفرق في الوزن النوعي بين المواد الصلبة (أو الزيتية) والماء لذلك فإن كان هذا الفرق صغيرا فإن كفاءة الترسيب سوف تكون منخفضة و يتطلب زمنا طويلا .يمكن حل هذه المشكلة باستخدام تقنية التعويم .في هذه التقنية يعمد الى ضخ هواء مضغوط في الماء و عند إزالة الضغط عن الماء يتحرر الهواء من المحلول بتشكيله فقاعات تحمل على سطوحها جزيئات المواد الصلبة .الصناعات ألأكثر استخداما لتقنية التعويم المصافي البترولية و المعامل الكيميائية حيث يعمد إلى معالجة الماء الملوث بالزيوت بهذه الطريقة .

عملية التصفية أبسط من التركيد لكنها محددة لأنها تفصل الجزيئات ذات الحجوم الكبيرة فقط. تستخدم المصافي الخشنة-كالحواجز ذات القضبان-عند مداخل وحدات المعالجة و هي ذات فتحات