

تلؤث التربة : Soil Pollution :

إن الحديث عن تلؤث التربة له ارتباط وثيق بتلؤث كل من الماء والهواء وأن ما يلوث التربة يلوث الماء والهواء لذا فإن أي خلل في أحد النظم يؤدي إلى خلل في بقية الأنظمة الأخرى. فتلؤث التربة بصفة رئيسية ينبع من التدخل غير المدروس من جانب الإنسان ومحاولاته المستمرة في إفساد النظم البيئية بهدف الزيادة المؤقتة في إنتاجية الأراضي الزراعية والسيطرة على الآفات والحشرات. إن تلؤث سطح الأرض بوجه عام هو نتيجة لترانك المواد والمخلفات الصلبة الناتجة عن المصانع والمزارع والمنازل والمطاعم.

إن الملوثات التي تختلط بالتربيه الزراعية تقدّها خصوبتها وتؤثر تأثيراً سلبياً فيها حيث تسبّب في قتل البكتيريا المسؤولة عن تحليل المواد العضوية وعن تثبيت النتروجين وإذا تمكّنت ملوثات البيئة من القضاء على بكتيريا تحلل المواد العضوية الموجودة في الدورة الطبيعية لعنصر النتروجين فإن الحياة على الكوكب الأرضي سوف تؤذن بالفناء. إن أحد مظاهر تلؤث التربة ناتج عن ارتفاع نسبة الأملاح فيها عن المعدل المألف حيث يؤدي إلى إفساد الوسط البيئي الذي يمكن للنبات أن يتموّل ويعيش ويتكاثر فيه ومع مضي الزمن تضعف قدرة النباتات على المقاومة فتموت وقد تظهر بدلاً منها نباتات شوكية تستطيع أن تتحمل الحياة في هذه الظروف الصعبة وتحول الأرض إلى مناطق جرداء وتشيع فيها الحياة الصحراوية عند زيادة تملح الأرض الناتج عن سوء استخدام الأرضي الزراعي، وإلى الممارسات الخاطئة في تطبيق العمليات الزراعية وبخاصة في الري والصرف.

الإفراط في استعمال الأسمدة النيتروجينية رغبة في زيادة الإنتاجية الزراعية مما يسبب في تغيير طعم الخضروات والفواكه نتيجة تراكم النترات في الأوراق والجذور وحينما تنتقل هذه المركبات إلى جسم الإنسان عبر الغذاء تسبّب أنواعاً عديدة من الأمراض للكبار والصغار. وتلؤث التربة بالمعادن الثقيلة كالرصاص والرّزق والكادميوم والالمونيوم نتيجة النشاط الصناعي الهائل ولقاء مخلفاته في التربة أو المياه يؤدي إلى زيادة تركيز هذه العناصر في أنسجة النباتات وفي الثمار وتنقل هذه المعادن عبر السلسلة الغذائية إلى الإنسان.

ويؤدي دفن النفايات في الأرض إلى تحليل المواد العضوية فيها وانطلاق غاز الميثان الخطير وابعاث الروائح الكريهة كما يتسرّب إلى المياه الجوفية فيلوثها. كما أن حرق القمامات يؤدي إلى تلؤث الهواء بالرماد المتطاير والروائح الكريهة وتركها في الأرض يسبب تلف التربة الزراعية أيضاً. وهناك ملوثات أخرى للتربة كسقوط الأمطار الحامضية أو الغبار الذري الناتج

عن التغيرات النووية التي يحدثها الانسان في كوكب الارض فتلوث التربة او تذوب في مياه الري او تنتقل الى المياه الجوفية محدثة التسمم في التربة والمحاصيل الزراعية. ولا شك من ان العلاج الأمثل لحل مشكلة تلوث البيئة لا يتأتى من تطبيق سياسات إقليمية لمكافحة هذا النوع من التلوث وإنما يتطلب الأمر تطبيق خطة شاملة لحماية البيئة بوجه عام من الملوثات لأن من واجب البشرية ان تحاول تقليل التلوث بمختلف صوره باستخدام الطرق الممكنة.

ينظر العالم بأسره بقلق واهتمام الى الكميات الكبيرة والمتزايدة من المواد السامة التي تستقبلها التربة لما لهذه المواد من خطورة على صحة الانسان فتبعاً لتقرير هيئة حماية البيئة الامريكية (USEPA) أكثر من مليون طن من الكيمياويات السامة الناتجة من المصانع سنوياً تلوث التربة والماء والهواء .

مفهوم تلوث التربة :

تلويث التربة الزراعية يعرف بأنه الفساد الذي يصيب التربة الزراعية فيغير من صفاتها وخواصها الطبيعية أو الكيميائية أو الحيوية بشكل يجعلها تؤثر سلباً بصورة مباشرة أو غير مباشرة على من يعيش فوق سطحها من إنسان وحيوان ونبات.

ويمكن تعريف تلوث التربة ايضاً :

وجود بعض المكونات الناتجة عن النشاط الانساني في التربة بتركيزات في التربة بتركيزات يمكن ان تؤدي الى اضرار لمستخدمي هذه التربة او تفرض قيود على الاستخدام الحر لهذه التربة . Finney, 1987

واضرار تلوث التربة تشمل التأثير السيئ على صحة الانسان والحيوان والنبات والاضرار بالمباني المقامة عليها وتلوث المياه الجوفية والمياه الحرة .

ويحدث التلوث فقط عندما يصبح تركيز الملوثات في التربة نتيجة النشاط الانساني اكبر من التركيز الطبيعي لهذه المواد في التربة ويكون لهذا التركيز تأثير سيء على البيئة وعناصرها . ومن وجہة نظر صحة الانسان والحيوان والنبات فان التربة لا تعتبر ملوثة الا اذا وصل تركيز الملوثات بها الى الحد الحرج الذي تتأثر عنده العمليات البيولوجية.

وتشخيص التلوث يحتاج الى تقويم الملوثات عند موقع التلوث شاملاً حجم الملوثات بالنسبة الى حجم التربة وكذلك توزيع هذه الملوثات في التربة والخواص الكيميائية والطبيعية لكل ملوث من الملوثات وتفاعل هذه الملوثات مع التربة .

وتختلف المسارات التي عن طريقها يحدث تلوث التربة ويمكن تقسيمها بصفة عامة الى :

- مصدر مباشر Point source

ويقصد به مصدر محدد ومعلوم يمكن قياس كمية الملوثات الصادرة منه .

ومثال ذلك : انابيب الصرف الصناعي والصرف الصحي.

- مصدر منتشر Non point (diffuse) source

وهي المصادر التي من الصعب قياس كمية الملوثات الناتجة عنها وذلك لانتشارها على مساحات كبيرة وغالباً ما تكون عبارة عن عدة مصادر مع بعضها .

ومثال ذلك : التلوث الناجم من الاسمدة والمبيدات التي تحملها المياه السطحية من الأرض الزراعية والتلوث الناتج من عوادم السيارات.

وتعتمد مصادر التلوث ومساراتها الى حد كبير على نوع الملوثات فالعناصر الصلبة قد يكون مصدرها مباشر او غير مباشر اما تلوث الاراضي بالعناصر المشعة فغالباً ما يكون تلوثاً مباشراً الا في حالات محددة مثل حادثة تشنونوبيل عام 1986 حيث انتقلت سحب الاشعاعات الذرية الى مسافات كبيرة جداً .

التلوث بالمركبات العضوية ايضاً يكون من مصدر مباشر في اغلب الاحوال ومثال ذلك تلوث المياه الجوفية في الولايات المتحدة الامريكية بالترائي كلورواينيلين Trichloroethylene الذي انتشر من اماكن تخزينه الى تحت سطح التربة .

تعتمد حركة الملوثات في التربة الى حد كبير على الخواص البيوجيوكيميائية والفيزيائية للتربة فالعناصر تصبح اقل حركة في الاراضي التي تحتوي على كميات كبيرة من موقع الامتصاص وكذلك في الارتبطة التي تكون خصائصها الكيميائية مثل الـ pH تشجع على ترسيب هذه العناصر. فالزرنيخ والسلينيوم يكونا اكثر حركة في الظروف القاعدية بينما عناصر الرصاص والزنك والكادميوم تكون اكثر حركة تحت الظروف الحامضية . كذلك جهد الاكسدة والاختزال يؤثر بدرجة كبيرة على حركة العناصر. يتوقف معدل انتقال الملوثات على خواص التربة الفيزيائية وبالتحديد التوزيع الحجمي للحبيبات والكتافة الظاهرية لأن كلاً من هاتين الخاصيتين تؤثران على حركة الماء والهواء خلال التربة وذلك عن طريق التأثير على المسامية والتوصيل الهيدروليكي للتربة.

أنواع تلؤث التربية:

هناك نوعين من انواع التلؤث تلؤث طبيعي وتلؤث كيميائي وسوف يتم مناقشتها فيما يلي:

أولاً / التلؤث الطبيعي:

وهو التلؤث الذي لا يتدخل الإنسان في إحداثه وله مظاهر عديدة مثل الغازات والأبخرة التي تصاعد من البراكين وقد إلى التربة او احتراق الغابات بشكل طبيعي نتيجة ارتفاع الحرارة او الانجراف والتصحر. وسوف نتحدث عن الانجراف والتصحر كظاهرتين من مظاهر التلؤث الطبيعي.

الانجراف

هو عبارة عن ظاهرة طبيعية تمثل في تقويت وتأكل التربة ونقلها بفعل العوامل المناخية واهماها الرياح والمياه . ولذا يمكن تقسيمه إلى انجراف مائي وانجراف بالرياح . وتعد هذه الظاهرة من اخطر العوامل التي تهدد الحياة النباتية والحيوانية . وتكون خطورته في سرعة حدوثه حيث يتم ذلك خلال عاصفة مطوية او هوائية فتزداد كمية العناصر المفقودة من التربة بسبب الانجراف اضعاف كبيرة عن الكمييات التي تزال بفعل المحاصيل المزروعة او بصفة طبيعية وتقدر الاراضي الزراعية التي فقد خصوبتها في العالم خلال المائة سنة الاخيرة بحوالي 23% من اجمالي الاراضي المزروعة .

الأضرار الناتجة عن انجراف التربة:**1- تدني خصوبة التربة**

يؤدي انجراف الطبقة السطحية من التربة سواء من طريق المياه الجارية او التذرية بالرياح فقدان كميات كبيرة من العناصر الغذائية للنبات لأن الطبقة السطحية التي يتم انجرافها هي أغنى طبقات التربة بالمواد الغذائية . ويُعد النيتروجين والفسفور والبوتاسيوم من أهم العناصر الغذائية للنبات التي يتم فقدانها من طريق انجراف الطبقة السطحية للتربة .

2- فقدان كمية أكبر من الأمطار

يؤدي فقدان الطبقة السطحية من التربة بواسطة الانجراف إلى فقد جزء كبير من مياه الأمطار على شكل جريان سطحي بدلاً من الرشح داخل التربة .

3- تكون أخداد عميقه في الأماكن التي يتركز فيها الجريان المائي ما يجعل سطح التربة وعرأً أمام الآلات الزراعية المستخدمة في الحرش ورش المبيدات والحساب، وأحياناً الري.

4- ردم قنوات الري والصرف وخزانات المياه ما يزيد من كلفة صيانتها وضعف كفاءتها. وقد قدرت تكالفة صيانة قنوات الري والخزانات المائية من رواسب الترب المنجرفة في الولايات المتحدة الأمريكية بنحو 15 بليون دولار.

5- ردم الأراضي الزراعية والمنشآت. تتعرض المناطق المزروعة والمنشآت للدفن بالمواد المنقولة خاصة الرمال الزاحفة في المناطق الصحراوية وشبه الصحراوية. إذ قد تدفن واحات وقرى بأكملها تحت الرمال الزاحفة كما هو الحال في الصحراء الكبرى. كما أن صيانة الطرق البرية من طمر الرمال الزاحفة يشكل عبئاً مالياً كبيراً في الكثير من المناطق الصحراوية.

6- تلؤث المياه السطحية عندما تكون التربة الزراعية محتوية على نسب عالية من الأسمدة الكيماوية والمبيدات الحشرية.

7- يؤدي انجراف التربة بواسطة الرياح إلى اثارة حبيبات التربة الدقيقة في الهواء على شكل غبار مما يؤدي إلى تدني الرؤية ومشاكل صحية من أهمها الربو

8- أنجرف التربة مع المياه السطحية إلى مياه الأنهار والبحيرات تصبح عكرة مما ينتج عنه تدني نفاذ أشعة الشمس داخل المياه السطحية وبالتالي صعوبة الحصول على الضوء من قبل النباتات المائية فقد يؤدي إلى اختلال الاتزان الحيوي في الأنهار والبحيرات.

التتصحر

هو عملية تردى الأرضي في المناطق الجافة وشبه الجافة الناتج من عوامل متعددة تتضمن الاختلالات المناخية والأنشطة البشرية. وبالتالي فإن التتصحر هو إحداث تغير في الخصائص البيئية مما يؤدي إلى توفير ظروف أكثر جفافاً.

الفرق بين التتصحر والصحراء

هناك فرق بين التتصحر والصحراء فالصحراء نظام بيئي بينما التتصحر ظاهرة تحدث نتيجة للإختلال بين السكان والموارد الطبيعية في أي منطقة غالباً ما يحدث لكون الأنظمة الإيكولوجية

في هذه المنطقة هشة وسريعة التأثير وتفقد مواردها بسهولة نتيجة سوء الاستعمال والاستغلال غير المرشد من قبل البشر مع عوامل مناخية وطبوغرافية مساعدة ومشجعة لهذا التدهور وتقدر الخسائر التي تسببها ظاهرة التصحر على المستوى العالمي بحوالي 42 مليار دولار سنويًا وهو يؤثر على معيشة أكثر من 250 مليون شخص في أكثر من 110 بلاد حول العالم.

دور الأنشطة البشرية والمناخية

بالرغم من أن العوامل المناخية لها دور أساسي في انتشار التصحر إلا أن الأنشطة البشرية لها دور أساسي أيضاً واهم هذه العوامل:

1- العوامل الطبيعية والمناخية

حيث الطقس الجاف والمميز بزيادة درجة الحرارة وقلة الأمطار وبالتالي زيادة البحر مما يزيد عمليات الانجراف الهوائي والرياح الشديدة المحملة بالرمال أو الانجراف المائي كالأمطار التي تزيل الطبقات السطحية للتراب مختلفة ورائها طبقات صخرية صماء تحدث أيضًا عمليات تدهور للتراب نتيجة لسلوكيات البشر حيث يتم فقد الغطاء النباتي بالأراضي مما يقلل وجود مصدات ومثبتات الرياح والكتبان الرملية ويسبب هلاك وقد الكثير من الكائنات الحية التي تعتمد على هذا الغطاء نتيجة الرعي الجائر غير المرشد وتحميل المراعي أكثر من طاقته الاستيعابية مع عدم إعطائه فرصة لإعادة تجديد ما فقده من النباتات الرعوية مما يقضى على النباتات المتقدمة بهذه البيئة وعلى كثير من الكائنات الحية البرية والحشرات والكائنات الدقيقة التي تعتمد على هذا الغطاء لمواصلة حياتها .

2- عمليات الاحتطاب وقطع الأشجار للحصول على أخشابها

حيث يؤدي إلى تهيئة الأرض إلى التصحر وطمئنها بالكتبان الرملية وعدم صلاحيتها للزراعة وصعوبة إعادة الغطاء النباتي المفقود

3- قلة الموارد المائية مع الاستغلال غير المرشد لها

استخدام نظم الري التقليدية (الري السطحي) في وجود عمليات الصرف السطحي مما أدى إلى تملح الأرضي وتطبيلها وارتفاع نسبة الصوديوم بها نتيجة تشعها بالماء عالي الملوحة فتكون طبقة ملحية تكون هي نواة تصحر الأرض وتبصيرها ويؤدي إلى تلك العملية أيضًا الري بالمياه الجوفية مرتفعة الملوحة أو الري بمياه مخلوطة بمياه الصرف الزراعي عالية المحتوى الملحى

وإذا لم يؤدي ذلك إلى عدم صلاحية الأرض للزراعة فإنه يؤدي إلى فقد النباتات غير متحملة الملوحة وقدها كمورد اقتصادي هام و الزراعة التقليدية أيضا تتسم بأنها مكلفة ومهلكة للأرض.

4- الاستخدام المفرط للأسمدة الكيماوية والمبيدات

الإفراط في استخدام الأسمدة والمبيدات مع انعدام استخدام الدورات الزراعية المريحة لطبقات الأرض مع ترك الأرض بدون زراعة فترة من الزمن حتى زراعة المحصول التالي بهدف المكاسب المادية على حساب المحافظة على خصوبة الأرض كل تلك الأسباب تؤدي إلى تدهور الأراضي وانخفاض إنتاجيتها علاوة على القضاء على الكائنات الحية التي توجد تحت سطح التربة والتي لها دور أساسي في زيادة خصوبة التربة ودورها الهام في حفظ التوازن البيولوجي بينها وبين غيرها من الكائنات الحية مما يحدث في نهاية الأمر خلاً في التوازن البيئي . تحويل الأرضي والمراعي الطبيعية إلى أراضي زراعية هامشية بهدف الربح السريع وأيضا استخدامها في البناء والتلوّن العماني العشوائي وشق الطرق مما يؤدي إلى فقدانها كمورد طبيعي واقتصادي وبيولوجي هام.

طرق مكافحة التصحر

إن عملية التصحر تعتمد في طرق مكافحتها على توفير قاعدة معلوماتية واسعة عن كل ما يترب عن حدوثه ويساعد في ظهوره وهذا يشمل الحصول على معلومات عن المعلومات المناخية درجة الحرارة والتباخر والفتح وسرعة الرياح وأيضا الحصول على معلومات كافية عن الغطاء النباتي وحالة التربة وخواصها والمحاصيل التي تزرع بها إذا كانت أرض زراعية وكميات الأسمدة الكيماوية والمبيدات وعدد الحيوانات وحملتها على المراعي وأعمال التنمية والبنية الأساسية والتلوّن العماني ومدى التعدي على الأراضي الزراعية مع مدى جودة الأرضي الزراعية ومعدل إنتاجيتها نتيجة القيام بأساليب الزراعة الغير محافظة على التربة وهجرة السكان للمدن ومعرفة نسبة السكان إلى نسبة الموارد المتاحة علاوة على معرفة الحرف والصناعات التي يعتمد عليها السكان المحليين ومدى تأثيرها على مستوى الاحتفاظ بالموارد المتاحة علاوة على التزام وتكاتف جميع الوزارات والمؤسسات والمراکز البحثية لدراسة هذه الظاهرة ووضع الحلول العملية لسبل مكافحتها.

فيجب رفع وعي السكان المحليين والبدو عن مدى تأثير عملية الاحتطاب و الرعي الجائر غير المحسوب وتحميل المراعي فوق طاقته الاستيعابية وما يلزم العمل من تنظيم عملية الرعي وإعادة زراعة النباتات والشجيرات الرعوية الملائمة وإكثارها واستنبط أنواع محلية سريعة النمو

والتوعيض مما يقلل من الخلل الحادث بين نسبة النباتات الرعوية والحيوانات مع الالتزام بمنع تحويل الأراضي البرية والمراعى إلى أراضى زراعية مع وقف النزوح العمرانى إلى الأراضي البرية و العمل على التوسع في إنشاء المحميات الطبيعية والحدائق الوطنية مع سن القوانين والتشريعات التي تحفظ هذه الموارد الغالية . ومن جهة أخرى العمل على التوسع في انتشار زراعة مصادر الرياح والتي لها دور رئيسي في التقليل من تأثير التصحر خاصة في الأراضي الزراعية والقريبة من التجمعات السكانية . ضرورة سن القوانين التي تحظر تجريف الأرض الزراعية أما بالنسبة للأراضي الزراعية والتي تواجه مأزقاً حقيقياً نتيجة تعرضها للانجراف والتعرية نتيجة الاستعمال غير المرشد للأسمدة والكيماويات والمبيدات وعمليات الري السطحي المهدمة للمياه وسوء الصرف مع قلة تعويض المادة العضوية بإضافة الأسمدة والمخصبات العضوية والحيوية مما يستلزم الاتجاه إلى استعمال النظم الحديثة في الري والزراعة العضوية أو الاستخدام المقنن للمواد الكيماوية والمبيدات صديقة البيئة مع تجريم كل من يخالف ذلك ومحاربة التعدي على الأراضي والمراعى مع العمل على تثبيت الكثبان الرملية بالطرق المختلفة والاتجاه إلى إقامة مجتمعات بيئية في الصحراء مع الحد من استنزاف الموارد الطبيعية والاتجاه إلى استخدام الطاقة الجديدة كالبیوچاز والشمسية بدلاً من الاحتطاب وإنشاء مزارع تربية الحيوانات والاعتماد على المحاصيل العلفية الزراعية الأخرى بديلاً عن الاعتماد على المراعى البرية مما يقلل من تأثير وطأة التصحر .

ثانياً / التلوث الكيميائي :

هناك العديد من المواد الكيميائية التي تلوث التربة ومن هذه المركبات ما يستقر في المكان الذي لوثره لمدة طويلة دون أن يطرأ عليه أي تغيرات كيميائية وهناك مركبات أخرى تستقر لفترة قصيرة حيث تتغير كيميائياً بفعل الحرارة والرطوبة والتفاعلات الضوئية والميكروبات والعوامل البيئية الأخرى .

ويمكن تقسيم ملوثات التربة إلى :

1- ملوثات عضوية Organic Contaminants

مثل المركبات الهيدروكربونية العطرية والمبيدات ومنتجات البترول .

2- ملوثات غير عضوية Inorganic Contaminants

أ: العناصر الصغرى والسامة مثل الزرنيخ - الكادميوم - الزئبق وغيرها .

ب: النيتروجين. ج: النظائر المشعة

الملوثات العضوية في التربة

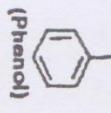
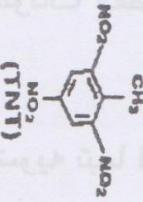
يوجد مئات الانواع المختلفة من المركبات العضوية التي تلوث التربة بعض منها يتواجد طبيعيا والبعض الاخر من صنع الانسان. وهذه المركبات بغض النظر عن مصدرها قد تكون سامة للنبات والحيوان عند تواجدها بتركيزات عالية في التربة. واغلب المركبات العضوية تتحلل بمرور الزمن منتجة عدد اكبر من المركبات بعضها قد يكون اقل في الكمية ولكنه اكثر سمية من المركب الاصلي . ومثال ذلك trichloroethylene الذي يتحلل الى كلوريد الفينيل vinyl chloride الذي بدوره يتحلل الى CO_2 تحت الظروف الهوائية او الى ميثان تحت الظروف المختزلة. وسمية كلوريد الفينيل اكثراً مائة ضعف من سمية (TCE) في حين ان CO_2 اقل سمية من TCE اي ان تركيب المركبات العضوية وسميتها في النظام يتغير مع الزمن وهذا التغيير الديناميكي يجعل تقييم تأثير الملوثات العضوية في التربة على صحة الانسان اكثرا تعقيدا.

ويمكن تقسيم الملوثات العضوية تبعاً للتركيب الكيميائي لها او استخداماتها الى:

- 1- Polycyclic Aromatic Hydrocarbons (PAH).
- 2- Nitroaromatics.
- 3- Phenols and anilines.
- 4- Halogenated aromatics.
- 5- Halogenated aliphatic
- 6- Pesticides
- 7- Petroleum products

وهذا التقسيم في الجدول التالي يعتمد على التركيب الكيميائي للمركبات بالنسبة لستة اقسام اما بالنسبة للمبيدات فقد تم ادراجها في هذا التقسيم بناءاً على استخدامها حيث ان المبيدات تشتمل على اكثراً من قسم من الاقسام السابقة ولكنها تستخدم على نطاق واسع في الاراضي وانتقلت بالفعل من التربة الى الماء الجوفي في مناطق كثيرة من العالم .

جدول (١-٣) : ترتيب و المصادر الملوثات المضوية

النوع	العنصر	المصادر
النفط والمعادن	النفط والمعادن	• لترائق الفحم والبترول والخشب • الألانت • لسبائك عوالم السيراميك - الشحوم
النفط والمعادن	النفط والمعادن	• قدران الفحم Coal tar
النفط والمعادن	النفط والمعادن	• Naphthalene • Phenanthrene
النفط والمعادن	النفط والمعادن	• 2,4,6 Trinitro toluene (TNT)
النفط والمعادن	النفط والمعادن	• Trifluralin, benefin, ethofluralin, methyl parathion
النفط والمعادن	النفط والمعادن	• Pyroxylin
النفط والمعادن	النفط والمعادن	• مبرد حشرى • مبيد بكتيري
النفط والمعادن	النفط والمعادن	• مبرد حشرى • مبيد بكتيري
النفط والمعادن	النفط والمعادن	• Pentachlorophenol (PCP) • Phenylamide : مبيدات حشرات Phenylcarbamates and phenylureas • مبيدات حشرات • ماء صرف صناعي مولد صبغات
فينيلات وألينات	فينيلات وألينات	(Phenol)  (Pentachlorophenol) 
فينيلات وألينات	فينيلات وألينات	Phenoxy, anilines

١.٤. المبيدات العضوية	
٥. للمبيدات الألكيلية	<ul style="list-style-type: none"> Methychloride, chloroform, bromomethane, formaldehyde, carbon tetrachloride. مبيدات حشائش حرق المطهات الطيارة والمخللات الصبيه و المخلفات الخطره اخراق البترول والفحم والإطارات مناجم الرصاص • ميدلت مكلدة، مثل :
٦. للمبيدات الاليفات	<p style="text-align: center;"></p> <p>DDT (DDD, DDE)</p> <ul style="list-style-type: none"> لداكن التنظيف البحار صناعة البلاستيك Dieldrin, endrin, endosulfan Dioxins
٧. مستخلصات البترول	<p style="text-align: center;"></p> <p>(DDT)</p> <ul style="list-style-type: none"> كlorوفوروم - كلورفوردوم بروموليتان، فورماليد رباعي كاربوريت الدربون
٨. للمبيدات العضويات	<p style="text-align: center;"></p> <p>Trichloroethylene (TCE)</p> <p style="text-align: center;"></p> <p>Tetrachloroethylene (PCE)</p> <p style="text-align: center;"></p> <p>1,1-dichloroethylene vinylchloride</p> <p>ذلت تركيبات عديدة مختلفة تم منعها في الأصل لسفينة مثل النينسولات والسياهوجينيات لطاريه ورمكبات البترول الطيارة .</p>
٩. للمبيدات	<p style="text-align: center;"></p> <p>Atrazine</p> <p style="text-align: center;"></p> <p>(Methoxychlor)</p> <ul style="list-style-type: none"> Alachlor, aldicarb, atrazine, carbofuran bofurn diquat, diuron, endrin, malathion paraquat, picloram
١٠. للمبيدات الاليفات	<p style="text-align: center;"></p> <p>Pesticides</p>

1- الهيدروكربونات العطرية الحلقة Polycyclic Aromatic Hydrocarbons

الهيدروكربونات العطرية الحلقة (PAH) هي الهيدروكربونات التي تحتوي على اثنين او اكثر حلقة عطرية ومثال ذلك النفاثلين acenaphthene, naphthalene يحتوي على حلقتين عطريتين بالإضافة الى حلقة مشبعة .

والمركبات الهيدروكربونية العطرية الحلقة قد يصل عدد الحلقات فيها الى ستة حلقات عطرية .

تتوارد الهيدروكربونات العطرية الحلقة طبيعيا في البيئة وتنتج ايضا خلال احتراق المواد العضوية مثل الفحم والخشب كما ان هذه المركبات تعتبر احد مكونات المنتجات البترولية مثل الاسفلت والشحوم والوقود ولقد ادى النشاط الانساني الناجم من احتراق الوقود مثل الفحم وانتاج الاسفلت الى زيادة تركيز هذه المركبات في التربة لان هذه المركبات المنطلقة الى الجو تعود ثانية الى التربة مع الامطار او بدونها . ولقد اوضحت نتائج الابحاث ان تركيز هذه المركبات في التربة زاد اربعاء اضعاف في خلال مائة سنة وقد تم رصد هذه المركبات في الجزر ووجد ان اعلى تركيز لها يوجد في قشرة الثمرة.

قام (La Goy and Quirk 1994) بتقدير الهيدروكربونات العطرية الحلقة في التربة في اماكن مختلفة ووجد انها تتراوح بين $0.01 - 1.30 \text{ mg kg}^{-1}$ في اراضي الغابات وبين $0.06 - 5.8 \text{ mg kg}^{-1}$ في الاراضي الزراعية وبين $1 - 100 \text{ mg kg}^{-1}$ في المدن وزاد تركيزها عن 100 mg kg^{-1} في المناطق الصناعية كما وجد ان غبار الطرق يحتوي على تركيزات عالية من PAH تتراوح بين $8-336 \text{ mg kg}^{-1}$ وبتقدير (PAH) في الغبار داخل المنازل وجد انه يحتوي على تركيزات تتراوح بين $18 - 580 \text{ mg kg}^{-1}$ وهذا يعني ان التركيزات العالية في غبار المنازل ناتجة اساسا من غبار الطرق.

كانت المصادر الثابتة مثل اماكن احتراق الوقود (الفحم) تمثل حوالي % 80 من مصادر التلوث بالـ PAH قبل عام 1980 ولكن حديثا ثبت ان الانبعاثات من عوادم السيارات وزيت السيارات يمثلان المصادران الرئيسيان لتلوث التربة بالهيدروكربونات العطرية الحلقة في المدن .

2- مركبات النيترو العطرية Nitro aromatics

تستخدم مركبات النيترو العطرية في صناعات الكيماويات وتكرير البترول ومواد الصباغة كما تستخدم كمبيدات حشرية وبكتيرية وكمتصجرات. تعتبر مركبات TNT, ammonium picrate and tetryl ومركب TNT يعتبر سام للفطريات والخمائر والبكتيريا الموجبة لغرام اذا تواجد بتركيز اكبر من 50 mg kg^{-1} ومن المعروف ان نواتج تكسير TNT تبقى في التربة عشرات السنين . لتحللها البطيء جدا .

مركبات النيترو العطرية المستخدمة كمبيدات حشائش تشمل Trifluralin benfin, ethalfluralin, Isopropalin . وهذه المبيدات تستخدم مع العديد من المحاصيل ولقد وجد ان التركيز المتبقى للـ Trifluralin في التربة يتراوح من $10 - 30 \text{ mg kg}^{-1}$. حاليا يستخدم مبيد الحشائش methyl parathion بدلا من parathion شديد السمية والواقع ان ناتج التحلل المائي للـ methyl parathion هو المركب السام paranitrophenal .

كثير من الاماكن المقام عليها منشآت عسكرية تكون ملوثة بمركبات النيترو الناتجة من تصنيع وتوزيع واختبار الذخيرة فلقد ادى التخلص من مياه صرف مصانع الذخيرة لويزيانا الى تلوث الاراضي المحيطة بها . وقد اوضح تحليل التربة في خمس ولايات تقع فيها مصانع الذخيرة ان تركيز هذه المركبات في التربة يتراوح بين (1- 15000) mg kg^{-1} .

3- الفينولات والانيلينات

الفينولات والانيلينات هي عبارة عن مواد سامة توجد في المياه المختلفة عن صناعة مواد الصباغة فتركيز الفينولات في مياه صرف صناعة مواد الصباغة الى 761 mg L^{-1} وهذه المياه يتم التخلص منها بايقائها في الاراضي . كما ان الايثيلين ومشتقاته في التربة ينتج من التحولات البيولوجية للعديد من مبيدات الحشائش ، ويمكن لمتبقيات هذه المركبات ان ترتبط بالدبال في التربة مما يؤدي الى خفض امتصاصها بواسطة النبات.

ينتج مركب (PCP) Pentachlorophenol اساسا من استخدامه كمادة حافظة للاخشاب ولكنه يستخدم ايضا كمبيد وقد وجد PCP بتركيزات تصل الى اجزاء في المليون في بول الاشخاص الذين تعرضوا لهذه المركبات . اما تركيز PCP في التربة

فيصل الى 33.3 mg kg^{-1} اما في الماء فوجد انه اقل من 0.01 mg kg^{-1} وتوجد ابحاث اوضحت ان تركيز هذا المركب في تربة واشنطن يتراوح بين $500 - 6000 \text{ mg kg}^{-1}$.

4- مركبات الهالوجينات العطرية Halogenated Aromatics

يوجد اهتمام كبير بالمركبات الهالوjenية العطرية وذلك لسعة انتشارها في البيئة ولما تملكه من خصائص التجمع الحيوي bioaccumulation .

تعتبر صناعة المبيدات والنتروكيمياويات المصدر الاساسي للمركبات الهالوجينية العطرية في التربة . حيث تستعمل كثير من المركبات العطرية كمبيد للحشائش وكمواد معالجة للاخشاب وهذه المواد تختلف من مركبات عطرية بسيطة مثل كلوروبنزين وكلورو فينول ومشتقاتها .

كما ان عمليات احتراق الوقود تؤدي الى اطلاق بعض المركبات الهالوجينية العطرية حيث من الثابت الان ان اي عملية احتراق شاملة احتراق الغابات ينتج عنها Polychlorinated dipenzo- P-dioxins (PCDD), Dibenzofurans Polychlorinated dipenzo- P-dioxins (PCDD) . علما بان كلا من (PCDD) و (PCDF) يمكن ان يتكونا طبيعيا بواسطه الكائنات الحية الدقيقة في التربة من الكلورو فينيل الموجود طبيعيا الا ان تركيز هذه المواد في التربة اعلى بكثير من التركيزات الطبيعية المعروفة.

وغالبا ما يطلق على كلا من (PCDF) و (PCDD) اسم dioxin ويعتبر حرق المخلفات الصحية ومخلفات المدن والغلايات في مصانع الاسمنت هم الثلاثة مصادر الهاامة لدیوكسين ويلي ذلك حرق الاخشاب وتعدين النحاس واحتراق الغابات . كما يعتبر كل من احتراق البترول والفحm والاطارات وحرق المخلفات وتعدين الرصاص ايضا من مصادر الدیوكسين في البيئة .

5- المركبات الاليفانية الهالوجينية

تستخدم المركبات الاليفانية الهالوجينية كمذيبات ومزيلات للشحوم وايروسولات ووسيط في صناعة الكيمياويات والبلاستيك ومبيدات. نتيجة استخدام طرق تخزين غير سلية وطرق غير ملائمة للتخلص من هذه المركبات تلوث التربة والماء الجوفي بهذه المركبات ويعتبر مركب TCE اكثر الملوثات انتشارا في موقع القاء المخلفات. وقد تم التعرف على حوالي 15 مركب في الاراضي المقام عليها محطات الطاقة وتعتبر

مركبات (TCE) رابع كلوريد الكلروبون اكثراً هم bichloroethane, Trichloroethane انتشاراً.

والمركبات الاليفانية الهالوجينية يتم انتاجها صناعياً بكميات كبيرة فانتاج الولايات المتحدة وحدها من dichloroethane يبلغ حوالي 7 مليون طن عام 1992 . وتعتبر المركبات الهيدروكرbones الاليفانية الهالوجينية سامة ومسببة للسرطان كما ان chlorofluorocarbons (CFC) يعتبر من المواد التي تشارك في تدمير طبقة الاوزون في طبقات الجو العليا . ويترافق تركيز TCE في التربة في الواقع غير الملوثة والملواثة بين $0.2 - 26.9 \text{ mg kg}^{-1}$.

6- المبيدات الكيميائية Chemical Pesticides

المبيدات اصطلاح يطلق على كل مادة كيميائية تستعمل لمقاومة الآفات الحشرية أو الفطرية أو العشبية واي آفة أخرى تلتهم المزروعات الازمة للإنسان في غذائه وكسائه. يستخدم العديد من مبيدات الآفات في انتاج المحاصيل وذلك بغرض مكافحة الآفات التي تصيب هذه المحاصيل ، وتقسم المبيدات حسب نوع الآفة الى :

- (1) مبيدات حشرية .
- (2) مبيدات فطرية .
- (3) مبيدات حشائش .
- (4) مبيدات نباتوية .
- (5) مبيدات القوارض .

وستخدم الثلاثة أنواع الأولى بكميات كبيرة في الزراعة و يؤدي ذلك إلى تلوث التربة ، ولقد قدر استخدام المبيدات في الولايات المتحدة بحوالي نصف مليون كغم مبيدات بتكلفة (6 بليون دولار) في عام 1990 .

وتؤثر المبيدات على الأحياء الدقيقة التي تعيش في التربة فتهلك بعضها مثل النمل والديدان وبعض الحشرات والأحياء والتي تعد أعداء طبيعية للعديد من الآفات التي تصيب المزروعات وستعمل مبيدات الآفات على نطاق واسع في الأغراض الزراعية لمقاومة الآفات تفتك بالمحاصيل الزراعية وستعمل هذه المبيدات عادة بوسيلة الرش حيث تختلط بالهواء ثم تتتساقط على التربة والماء ، تنقسم المبيدات على حسب فترة بقائها إلى :

١- مبيدات تستقر في مكان التلوث لفترة طويلة:

تشمل هذه المبيدات مركبات الكلور الهيدروكربونية مثل ديدت وألدرین وهبتاكلور وكلوردين ولندين وتوكسافين . وتميز هذه المبيدات بأنها تتحلل كيميائياً ببطيء في التربة والماء بواسطة الميكروبات بدرجة كبيرة وبواسطة التفاعلات الكيميائية والتفاعلات الضوئية بدرجة أقل ونظراً لأن هذه المركبات تستقر في التربة لفترة طويلة فإنها تعتبر من أخطر المبيدات على النباتات والطيور والحيوانات والكائنات المائية.

2- ميادات تستقر لفتره متوسطه :

وتشمل هذه المركبات مبيدات الأعشاب الضارة مثل مركبات ترايازين ومركبات فينيل يوريما وتحلل هذه المركبات كيميائياً في التربة والماء في فترة زمنية أقل من المجموعة السابقة وذلك بتأثير التفاعلات الكيميائية والتفاعلات الضوئية ولذلك فإن هذه المركبات تعتبر أقل خطراً من المجموعة السابقة على الحيوانات والطيور والكائنات المائية والنباتات.

جدول (1) : يوضح معدل ثبات بعض المبيدات الهيدروكربونية الكلورينية في التربية.

% للمتبقي	عدد السنوات منذ استخدامه	المبيد
39	17	DDT
40	14	الأدرين
31	15	الديلدرن
41	14	الأندرين
45	15	التوكسافين

3- مركبات لا تستقر في التربة :

تستقر هذه المركبات في التربة لفترات قصيرة تترواح بين عدة ساعات إلى عدة أسابيع أو شهور قبل أن تتحلل كيميائياً وتشمل مركبات مبيدات الأعشاب من مجموعة فينيل كاربامات ومبيدات الفطريات من مشتقات داي ثايكاربامات بالإضافة إلى مركبات الفوسفور العضوية ومركبات الكربامات التي تستخدم كمبيدات حشرية. وهذه المركبات وإن كانت تتحلل كيميائياً في فترة قصيرة إلا أن بعضها قد يمثل خطورة على الإنسان والحيوان حيث أن بعضها مثل مركبات داي

ثابوكاربامات قد يتحول في التربة إلى مواد مسببة للسرطان. ومن الناحية الكيميائية نجد أن المبيدات تتسمى إلى مجاميع مختلفة تذكر أهمها وأخطرها:-

1- المبيدات الفوسفورية العضوية: ومنها الباراثيون والملاثيون ودايكلوروفوس وديازيفون وهي مبيدات شديدة إلى متوسطة الثبات في الطبيعة وهي تؤدي إلى تسمم الإنسان.

2 - المبيدات الهيدروكربونية المكلورة وتشتمل على مبيدات الحشرات مثل الدررين وأندررين ومركب DDT وديلدرين وكبيون وهبتاكلور وكلوردين وجامسكان وجميعها مبيدات سامة شديدة الثبات تذوب في الدهون وحافزة لأمراض السرطان.

3- المبيدات الكارباماتية ومنها السيفين والتيميك والبايجون وتشبه هذه المبيدات في مفعولها عمل المبيدات الفسفورية العضوية.

4- مبيدات القوارض وتشتمل فوسفید الزنك ومانعات التجلط وتحتدى التهاب في الجهاز التنفسى للأنسان وحدوث بول دموي واورام دموية.

5- مبيدات أخرى متنوعة وتشتمل زرنيخات الرصاص وزرنيخات الكالسيوم وأكاسيد النحاس ومبيدات زئبية وجميعها مركبات شديدة السمية.

كذلك يأتي الضرر البيئي لهذه المبيدات من أن أغلبها مركبات حلقية بطيئة التحلل ولاحتواء بعضها على العناصر الثقيلة ذات درجة سمية عالية للنبات كما أن زيادة نواتج تكسرها يزيد من تركيز وترانكم كميات من عناصر الكلور والفوسفور والنترات عن الحد المسموح به في البيئة الزراعية ويتأثر بها الحيوانات أو الإنسان .

وتزداد فرص التلوث بالمبيدات في الزراعات المحمية وذلك لأن النباتات المنزرعة داخل الصوب (البيوت البلاستيكية) تكون محاطة ببيئة حرارة مرتفعة ورطوبة جوية عالية فالبيئة بالصوب (البيوت البلاستيكية) تشجع على النمو السريع للنباتات وفي نفس الوقت تشجع على نمو وتكاثر الآفات مما يضطر معه المزارع إلى رش النباتات بمبيد الآفات على فترات قصيرة. وأن فرص تلوث التربة والنباتات بالمبيدات في جو الصوب المغلق يزداد عنده في الجو المفتوح. ونظرًا لأن المحاصيل التي داخل البيت البلاستيكي مثل الخيار والطماطم والكوسة والفراؤلة والكانتلوب (البطيخ) تجمع على فترات متقاربة وترش في نفس الوقت على فترات متقاربة فإنها حينئذ تكون ملوثة.

ومن أهم عوامل وأسباب التلوث بالمبيدات هي :

(1) نوع المبيد:

يختلف تأثير المبيد الملوث للتربة باختلاف نوع المبيد ذاته كما تختلف فتره بقاء المبيد في التربة حسب نوع المبيد وتركيبة كما سبق ذكره . والجدول التالي يوضح بعض أنواع المبيدات الشائعة الاستخدام وفترات بقائها في التربة.

جدول (2) يوضح أنواع المبيدات الشائعة الاستخدام وفترات بقائها في التربة.

الوقت اللازم لاختفاء نصف كمية المبيد	نوعه	المبيد
شهران	هيدروكربون مكلور	الدرین
شهر	كربانات	كارباريل(سيفيني)
شهر	فسفور عضوي	فورات (ثيمبت)
20 يوم	فسفور عضوي	بارانيون
20 يوم	فسفور عضوي	مثيل باراسيون
20 يوم	فسفور عضوي	مالاثيون

(2) درجة ذوبان المبيد:

تميل المبيدات قليلة الذوبان في الماء إلى البقاء في التربة فتره أطول من المبيدات كثيرة الذوبان. فعلى سبيل المثال يمكن لمبيد D.D.T ان يبقى في الأرض 30 سنة بسبب قله درجة ذوبانه على العكس يمكن لمبيد الكاربو فوران في الأرض لمدة أسبوع لأن درجة ذوبانه في الماء عالية.

(3) كمية المبيد وأسلوب استخدامه:

كلما زادت كمية المبيد المضافة إلى التربة الزراعية كلما زادت درجة تلوثه للتربة والنبات. كما أن طريقة إضافة المبيد في حالة سائلة أم صلبة تلعب دور كبير في تحديد مدة بقائه في

الأرض. كذلك فان طريقة أضافه المبيد سواء أكانت مباشرة للأرض أو عن طريق رش النبات تؤثر على درجة تلوث المبيد للتربة والنبات.

جدول(3): يوضح تأثير شكل المبيد وطريقة الاستخدام على مدى بقائه في التربة

الكمية المتبقية من المبيد بعد مرور عام		
عند حقن المبيد في التربة	عند استخدام المبيد على سطح التربة	تركيب المبيد
%44	%6.5	مركز قابل للاستحلاب
% 44	%13	حببي

(4) حرث التربة :

يؤدى حرث التربة إلى زيادة سرعة اختفاء المبيدات منها.

جدول(4): يوضح تأثير عملية الحرث على بقاء المبيد بالتربة

الأرض غير محروثة	الأرض محروثة	المبيد
%74.2	%55.9	D . D . T
%46.9	%29.3	الدررين

(5) رطوبة التربة :

مقدار الرطوبة في التربة له تأثير على بقاء المبيدات فيها فقد أتضح أن الماء يزيح الالدرين من حبيبات التربة مما يؤدى إلى تبخير مقدار كبير منه وبالتالي سرعة التخلص منه وهكذا تعتبر عملية التبخير أحد المنافذ الرئيسية للتخلص من كل من الالدرين والهبتاكلور.

(6) درجة حرارة التربة :

تؤثر درجة حرارة التربة تأثيراً إيجابياً على سرعة تبخر المبيد وعدم بقاءه بين حبيبات التربة فكلما زادت درجة حرارة التربة زادت سرعة تبخر المبيد من التربة.

(7) العوامل الجوية :

يتأثر تراكم المبيد وبقاءه في التربة بحالة الجو مثل الضوء ودرجة الحرارة ودرجة الرطوبة والرياح حيث يعتمد تحلل المبيد على كمية الضوء والحرارة اللذان يؤثران على تفاعلات الأكسدة والاختزال والتحلل المائي . كما أن درجة رطوبة الجو والرياح تعملان على تعجيل أو إبطاء سرعة تحلل المبيد حسب نوع المبيد ونوع التربة. ويحتوى الجدول التالي على بيانات مقارنة صادرة من المنظمة العالمية للأغذية والزراعة حول استخدام الأسمدة والمبيدات في مصر وبعض الأقطار الأخرى. ويوضح الجدول الارتفاع النسبي لاستخدام الأسمدة والمبيدات في مصر.

جدول (5): يوضح معدل استخدام الأسمدة والمبيدات في بعض الأقطار الأخرى.

القطر	المساحة المزرعة	استخدام الأسمدة كجم / هكتار	استخدام المبيدات كجم / هكتار	العام
مصر	ألف هكتار	1977 /75	1987 /85	1984 /82
الجزائر	7540	188	347	10.5
المغرب	8462	23	36	0.3
السودان	12487	6	4	-
العراق	5450	8	36	-
فرنسا	19459	266	301	4.3
ألمانيا	7476	436	425	3.2
هولندا	924	751	748	7.1
المملكة المتحدة	6988	275	364	3.6
الولايات المتحدة	189915	102	93	2.4

الفلزات الثقيلة:

المعادن الثقيلة عبارة عن عناصر كيميائية بنائية للمعادن. مثل الرصاص والزنك والزرنيخ والكادميوم والنحاس والتيتانيوم والألومنيوم والرئيق وغيرها. وتكون على هيئة معدن فلزي أو على هيئة أملاح ذاتية. وتستخدم في أشياء كثيرة جداً. حيث يستخدم معدن الرصاص على هيئة معدن فلزي في السبائك المعدنية والطلاء المعدني وفي صناعة الذخيرة وتستخدم برادته في صناعة الأخبار والصهر الخشن. كما تستخدم أملاح الرصاص في الصناعات البلاستيكية كعامل حافظ وتستخدم في بطاريات السيارات.. وكسموم للقوارض. وتستخدم معقداته العضوية مثل رابع إيثيل الرصاص كمادة مضافة للوقود لزيادة عدد الأوكتان. ويستخدم التيتانيوم في الطلاء المعدني وتدخل أملاحه في صناعة البوبيات. أما النحاس فاستخداماته عديدة جداً فيستخدم في صناعة السيارات والأسلاك والأجهزة المنزلية وأملاحه تستخدم في صناعة الأصباغ والطلاء المعدني والمبيدات الحشرية. والزنك يشبه النحاس في استخداماته. كذلك الرئيق يستخدم كفلز سائل في صناعة التيرمووترات وفي صناعة الحساسات الحرارية واستخلاص المعادن النفيسة. وتستخدم محاليل أملاحه كناقل للتيار الكهربائي ويدخل في صناعة المبيدات الحشرية . و الكادميوم يستخدم في صناعة البطاريات الجافة.

مصادر المعادن الثقيلة في التربة:**1- مصادر طبيعية.**

حيث التربة خليط من معادن نتجت من ملوثات التجوية الفيزيائية والكيميائية والحيوية لصخور القشرة الأرضية مكونة مادة الأصل ومن ثم فإنها تتواجد طبيعياً في التربة لأنها جزء من مكوناتها. ويبين الجدول التالي محتوى بعض المعادن الخام من العناصر الثقيلة والنادرة.

جدول (1): يوضح بعض مصادر العناصر الثقيلة

العناصر الثقيلة	المعدن الخام	العنصر
Cu,Sb,Zn,Pb,Se	Ag ₂ S, PbS	الفضة (Ag)
Ag,Hg,Bi,Mo,Sn	Fe As S,As S	الزرنيخ (As)
Pb,Zn	Ba SO ₄	باريوم (Ba)
Zn,Pb,Cu	Zn S	كادميوم (Cd)
Ni,Co	Fe Cr ₂ O ₄	كروم (Cr)
Zn,Cd,Pb,As,Ni, Mo	Cu Fe S ₂ ,Cu ₂ S,Cu ₃ As S ₄	نحاس (Cu)
Co,Cr,As,Se	(Ni,Fe) ₉ S ₈ ,Ni As	نيكل (Ni)
Ag,Zn,Cu,Cd,Sa	Pb S	رصاص (Pb)
Cd,Cu,Pb,As,Sa	Zn S	زنك (Zn)

2- مصادر ناتجة عن النشاط الإنساني Anthropogenic Sources

1- مخلفات الصرف الصحي والصناعي حيث ان جميع أنواع الحمأه تحتوى على تركيزات عاليه من العناصر السامة الا ان الحمأه الناتجه من الصرف الصناعي تحتوى على ملوثات غير عضوية بتركيزات أعلى بكثير من الحمأه الناتجه من الصرف الصحي. وتعتبر عناصر Cd , Cu , Ni , Zn , من أهم العناصر التي تسبب مشاكل في الإنتاج الزراعي عند إضافة الحمأه إلى التربة .

2- التخلص من المخلفات الصلبة والسامة مثل مخلفات المنازل والمصانع والمستشفيات يمكن ان تؤدى إلى تلوث التربة بالعناصر الصغرى والثقيلة فالخلص منها سواء بإلقائها او دفنهما في التربة يؤدى إلى تلوث التربة وانتقالها إلى المياه الجوفية .

3- احتراق الوقود (فحم - بترول) وينتج عنه عدد كبير من العناصر الثقيلة والصغرى تشمل Mn,Cu,Ba,Se,Sb,As,Zn,Cr,Cd,Pb والتي تترسب على الأراضي المحيطة كما ان احتراق البترول الذي يحتوى على إضافات من الرصاص يعتبر من أهم مصادر تلوث التربة.

4- الصناعات التعدينية وذلك بعدة طرق منها:-

- * انبعاث الغبار المحتوى على هذه العناصر ويترسب على التربة والنبات.
- * المخلفات السائلة.
- * استخدام العديد من العناصر في صناعة السبائك والصلب والتي ينتج منها مخلفات تؤدي الى تلوث التربة.

5- المواد والكيماويات المستخدمة في الزراعة بالمارسات الزراعية الغير رشيدة.

والمصادر الرئيسية لهذه الممارسات تشمل:

- * الشوائب والعناصر الثقيلة السامة الموجودة في الاسمدة الكيماوية.
- * اسمدة طبيعية من مخلفات المجازر والخنازير والدواجن والتي تحتوى على تركيزات عالية من الزنك والنحاس وتسبب سمية النبات.

- * المبيدات الكيماوية.
- * الاسمدة الطبيعية المصنعة من المخلفات.

ويوضح الجدول التالي ان الاسمدة المعدنية والأسمدة المصنعة من المخلفات تعتبر من اهم مصادر التلوث التربة بالعناصر السامة.

6- الحروب والتدريبات العسكرية حيث تتلوث الاراضي التي حدثت بها المواقع العسكرية بعنصر الرصاص الناتج من الذخيرة وعنصري النحاس والزنك الناتجين من فوارغ الذخيرة وايضا بالعديد من الملوثات العضوية الناتجة من زيوت المدرعات والشحوم.

جدول (2): يوضح تركيز العناصر الثقيلة في بعض الأسمدة.

العنصر	ملجم / كجم سماد	الأسمدة الفوسفاتية	الأسمدة النيتروجينية	الأسمدة العضوية	الأسمدة المصنعة من المخلفات
الزنريخ	1200-2	120-2.3	25-3	52-2	
البورون	115-2	-	0.6-0.3	-	
الكادميوم	170-0.1	8.5-0.05	0.8-0.1	100-0.01	
الكوبالت	12-1	12-5.4	24-0.3	-	
الكروميوم	245-66	19-3.1	0.36-0.01	21-0.09	
النحاس	300-1	-	172-2	3580-13	
الزنبق	1.2-0.01	2.9-0.3	0.36-0.01	21-0.09	
المنجنيز	40.2000	-	969-30	-	
الموليبيديوم	60-0.1	7-1	3-0.05	-	
النيكل	38-7	34-7	30-2.1	279-0.9	
الرصاص	225-7	27-2	27-1.1	2240-1.3	
القصدير	100<	-	-	-	
السيلانيوم	0.5	-	2.4	-	
يورانيوم	300-30	-	-	-	
الفانديوم	1600-2	-	-	-	
الزنك	1450-50	1.42	566-15	5894-82	

Kabata-Pendias and Adriano (1992).

طرق وصول المعادن للبيئة:

* عن طريق الجو حيث تطلق مداخن المصانع العديد من أكاسيد المعادن إلى الهواء الذي يتلوث وينتقل هذا التلوث للإنسان والحيوان والنبات.

* عن طريق عوادم السيارات أكاسيد الرصاص الناتجة من احتراق رابع إيثيل الرصاص إلى الجو وهذه إحدى أكبر طرق التلوث بالرصاص

* عن طريق الماء حيث تصب مخلفات بعض المصانع المجاورة للبحر في المياه فتؤدي إلى تلوث الكائنات البحرية بالمعادن وانتقالها عن طريق الصيد البحري إلى الإنسان والحيوان عن طريق التربة وهذه طريقة انتقال الفلزات حيث تصادر المعادن المرمية على الأرض بفعل الرطوبة فتذوب مع المياه والأمطار وتنزل في طبقات التربة مؤدية إلى تلوث مصادر مياه الشرب الجوفية والنباتات بالمعادن أخطر هذه المعادن كثيرة فتتراوح بين التسمم الغذائي والتسمم المعدني وبين العاهات المستديمة مروراً بالسرطانات والطفرات الجينية وانتهاء بالوفاة الفورية نأخذ بعض هذه المعادن كامثلة:

الرصاص:

الرصاص يعتبر ملوثاً خطيراً للجهاز العصبي يسمى علمياً acumilative poison أي سم تراكمي يتراكم في الدماغ مسبباً الخرف المبكر والطفرات الجينية المسيبة لتشوه الأجنة والسرطان.

الزئبق:

أحد أخطر الملوثات المعدنية يسبب التعرض لأملاحه الحكة الجلدية الشديدة ويسبب سرطان الجلد أما الفلز السائل الذي يلعب به أطفالنا عندما ينكسر مقياس الحرارة أو التيرmomتر.. بشكل قطرته المسلي فعند مروره على جرح فيؤدي إلى الوفاة فوراً.

الزرنيخ:

ينكسر الدم استخدم قديماً كسم قاتل في الاغتيالات.

النحاس:

في حالة الفلزية المعدنية لا يضر.. ولكن أملاحه قاتلة وتسبب تكسير كريات الدم ولها لون أزرق مخضur مميز.

رابعاً التلوث بالأسمدة الكيماوية :

مع إتباع أسلوب الزراعة المكثفة أصبح هناك استنزاف مستمر للعناصر الغذائية الموجودة بالتربة وخاصة النتروجين ومع محدودية استخدام الأسمدة العضوية والاتجاه نحو استخدام الأسمدة الكيماوية وخاصة النتروجينية قد أدى إلى التلوث بالنترات. بالإضافة إلى أن مركبات الفوسفور تؤدي إلى ترسيب بعض العناصر النادرة الموجودة في التربة الزراعية والتي

يحتاجها النبات في نموه وتحويلها إلى مركبات عديمة الذوبان في الماء (راجع التلوث المائي). فالبكتيريا والكائنات الدقيقة الأخرى بالتربيه تقوم بتحويل المواد النتروجينية في هذه الأسمدة إلى نترات وهذا يزيد من خطر تلوث التربة بالنترات. وتتوقف كمية النترات المسؤولة عن قطاع التربة على عدة عوامل أهمها :-

1- كمية المياه الراسحة من التربة.

2- كمية النترات في التربة.

3- نوع التربة.

4- نظام الزراعة.

5- طريقة الري المستخدمة.

6- نوع السماد المستخدم.

7- نوع وعمر النبات النامي.

ويكون الفقد أكبر ما يمكن في الأراضي الرملية وقليلاً في الأراضي المزروعة بالأعلاف (حشائش) وكبيراً عند زراعة محاصيل ذات نمو قصير وعموماً توجد علاقة قوية بين كمية النترات المفقودة بالغسيل من التربة ونظم إضافة السماد. وفي نفس الوقت يمتص النبات جزء منها ويكون هناك عدم اتزان بين العناصر الغذائية داخل النبات مما يؤدي إلى تراكم كميات كبيرة من النترات في الأوراق والجذور وينتج عنه تغير في طعم الخضروات والفواكه وتغير لوانها ورائحتها. ومن أمثلة النباتات التي تخزن في أجسامها وأنسجتها نسبة عالية من النترات وقدر صغير من أليون النتريت الذي ينتج من اختزال النترات في بعض أنواع البقول والفجل والجزر كما يوضحه الجدول التالي :

جدول (3) يوضح بعض النباتات التي تقوم بتخزين النيترات في أنسجتها.

نوع النبات	النيترات (ملجم / كجم)	النتريت (ملجم / كجم)
البنجر	2134	3.3
الجزر	183	1.5
الكرنب	330	2.3
الفجل	2600	7.3
الكرفس	1321	0.7
الخس	1361	8.7
السبانخ	442	3.2
الخيار	156	8.0
الفاصولياء الخضراء	153	5.3

ويتوقف الحد الحرج الذي يموت عنده النبات على : عمره و أجزاءه (الساقي أو الجذر) - تأثير العناصر الأخرى السامة.

عوامل وأسباب التلؤث بالأسمدة الكيماوية :

(أ) التكثيف المحصولي : يؤدي إلى استنزاف مستمر للعناصر الغذائية الموجودة في التربة وخاصة النيتروجين مما يستدعي استخدام الأسمدة الكيماوية بغزاره.

(ب) معدل سقوط الأمطار والري : تؤدي زيادة إلى فقدان هذه الأسمدة النتروجينية إلى المياه الجوفية في باطن الأرض الأمر الذي يؤدي إلى تلوثها أو تشارك مع مياه الصرف الزراعي في نقلها إلى المجاري المائية ومن ثم تضر الكائنات الحية والنباتات عند إعادة استخدامها في الري. أما الأسمدة الفوسفاتية فهي لا تذوب في الماء والإسراف فيها يؤدي إلى ترسيب بعض العناصر النادرة في التربة والتي يحتاجها النبات في نموه وتحويلها إلى مواد عديمة الذوبان في الماء حيث تكون هذه العناصر بعيدة عن جذور النباتات ولا تستطيع امتصاصها.

(ج) البكتيريا والكائنات الدقيقة الحية : تقوم بتحويل المواد النتروجينية في هذه الأسمدة إلى نترات وهذا يزيد من خطر تلوث التربة بالنترات.

خامساً النظائر المشعة Radionuclides

وتشمل مصادر النظائر المشعة المصنعة اختبارات الأسلحة النووية السائلة للمفاعلات النووية ومحطات الطاقة - حوادث نقل الوقود الذري والمخلفات السائلة للمفاعلات النووية. و تلوث التربة بالنظائر المشعة عند إجراء أول اختبار نووي عام 1950 حيث تسربت كميات هائلة من عنصري ستراتيوم (Sr90) و سيسميوم (Cs 137) إلى البيئة وما يتبع ذلك من دخول (Cs 137) في السلسلة الغذائية.

العنصر المشع Sr 90 له فترة نصف عمر 28 سنة ويتسرّب إلى البيئة ويلوثها نتيجة لاختبارات الأسلحة النووية ولحوادث محطات الطاقة النووية ولذلك يلقى تلوث التربة بالسترينشيوم كثير من الاهتمام لأن سلوك الكالسيوم في السلسلة الغذائية وبالتالي يمكن أن يتربّس في العظام نتيجة لوجوده في منتجات الألبان والأغذية الأخرى. والتخلص من النفايات النووية الناتجة من مصانع الأسلحة النووية ومحطات الطاقة النووية بإلقائها في التربة يؤدي إلى تلوث التربة بالنظائر المشعة الناتجة من تحلل اليورانيوم والبلوتونيوم مثل Pu 239 و Am 241 حيث يمكن أن تدمّر هذه النظائر المشعة على سطوح حبيبات التربة وترتبط بالمادة العضوية في التربة. المناطق الزراعية في روسيا وأوكرانيا. وتعدى التركيز الإشعاعي في هذه الأراضي الحد المسموح به عالمياً وادى إلى خروج هذه الأرضي من الإنتاج الزراعي كلّه.

كيفية التعامل مع الأراضي الملوثة

يجب أن يكون ذلك وفق طرق حديث مثل استخدام نظم المعلومات الجغرافية لجمع البيانات عن الأرضي الملوثة. إن توفر البيانات الجيدة هو أحد المتطلبات لأخذ القرار المناسب في تحطيط استعمال الأرضي الملوثة وإن تجميع البيانات يكون ذات أهمية حيث يشمل النقاط التالية:

- 1 التعرف على التأثيرات الصحية والبيئية وتقديرها.

- 2 تحديد أولويات العمل بالمناطق المتضررة.
- 3 تخطيط الاستعمال المستقبلي للأرض.
- 4 وضع خطة عمل للاستصلاح.
- 5 المساعدة في تقييم الأراضي.

ويجب أن تشمل تلك المعلومات الآتي: وصف الموقع وجيولوجية الموقع ونوعية التربة وهيدرولوجية وهيدروجيولوجية الموقع. تاريخ الموقع والدراسات السابقة والأعمال السابقة لمحاولة إستصلاح الموقع التعرف على نوعية الملوثات. وفي هذا الصدد يمكن الاستفادة من نظام البيانات الجغرافية بواسطة الحاسوب الآلي فيما يلي :

- **تقييم الموقع :**

إن تقييم مقدار التلويث ضروري لاتخاذ القرار السليم بشأن الموقع الملوث وعليه يجب أن تتوفر فيما يلي عملية التقييم الخبرة الكافية واستخدام الإستراتيجيات المناسبة للمعالجة وإن خلاصة عمله وتوصياته تكون مدعاة للبيانات التي يتم تجميعها أثناء الدراسة.

* **تطبيق المعايير:**

يوجد العديد من المعايير لتلويث التربة بالمواد الملوثة حيث يتم الاستناد إلى أحد تلك المعايير وتحديد التركيزات المسموح بها والتركيزات التي تشكل خطراً على البيئة.

***استراتيجيات تقييم الموقع:**

إن عملية تقييم الموقع يجب أن تأخذ في الحسبان الخطر على الصحة والخطر على البيئة واختيار نهج معين من خلال :

- تحديد الخواص الطبيعية للتربة.
- تحديد الملوثات وتوزيعها بالموقع.
- تحديد مخاطر الملوثات على الصحة .

وحتى يتم هذا العمل يجب أن يتضمن عمل مكتبي واستكشافي للموقع ودراسة طبيعة الموقع وتقييم الخطر الناتج عن الملوثات.

ينتج عن تقييم الموقع في العادة أحد القرارات الآتية :

- 1 أن الموقع مناسب للاستعمال الحالي وال المقترح .
- 2 أن الموقع غير مناسب للاستعمال الحالي أو المقترح إلاّ بعد إجراء عمليات المعالجة المناسبة.
- 3 أن الموقع غير مناسب للاستعمال الحالي أو المقترح .

معالجة الأراضي الملوثة :

تتم عملية معالجة واستصلاح الموقع الملوثة بطرق عديدة مثل الطرق الهندسية والتي تتضمن جمع ودفن الملوثات بموقع آخر مناسب. التخلص من الملوثات في موقع يتم إعداده بالموقع وفق مواصفات معينة. عزل الموقع وذلك إما بعمل سياج حوله أو بعمل غطاء مناسب لمنع انتقال الملوثات.

طرق المعالجة:

- 1 **المعالجة الطبيعية :** غسيل التربة و تبخير المواد الكيميائية المتطايرة و الفصل بالجاذبية
- 2 **المعالجة الحرارية :** التبخر والحرق.
- 3 **المعالجة الكيميائية :** تعديل درجة التفاعل والاختزال /الأكسدة و التميؤ والتثبيث بواسطة المعالجة الكيميائية وتكوين مركبات غير قابلة للذوبان.
- 4 **المعالجة الحيوية:** ويستخدم لهذا الغرض البكتيريا والفطريات والنباتات المراكمة للملوثات.

اختيار عملية المعالجة تعتمد على:

- 1- نوعية الملوثات وكمياتها.
- 2- التحكم في إدارة النفايات.

السيطرة على العمليات الصناعية والتجارية ليس الحد من عمليات تصريف المواد الصلبة والسائلة فقط ولكن القيام برصد والسيطرة على حوادث التصرف (مثل حدوث تسرب من خطوط وخزانات الوقود إلى المياه الجوفية والتربة) منع حدوث أي تلوث أى تلوث بالقرب من التجمعات السكانية وموارد المياه الشرب وذلك بإختيار الأماكن المناسبة للتخلص من النفايات الصلبة والسائلة.

جدول (4) يوضح التقنيات المختلفة المستخدمة في إزالة الملوثات من التربة

التكلفة النسبية	العربوب	المميزات	التقنيه
في موقع التلؤث In Situ			
متخصصة	محدوده فقط للمركيبات العضويه المتطايره	تستطيع ازاله المركيبات المقاومه للتخلل البيولوجي	- التطابير Volatilization
متوسطة	تحتاج الى وقت طويـلـ long-term time frame	فعاله بالنسبة للمركيبات غير المتطايره	- التخلل البيولوجي Biodegradation
متوسطه	غير شائعة الاستخدام	يمكن استخدامها في العديد من المركيبات	- الغسيل Leaching
قليلـةـ متوسطة	لا يتم التخلص من الملواث	تمنع انتقال الملواث طبيعيا physically	- العزل / الاحتواء isolation/ containment
قليلـةـ	تحتاج لเทคโนโลยجيا خاصة لاستخلاص الملواث من النبات	فعالة للعناصر الثقيلة	phytoremediation -

None - in situ			
متوسطة	يتبقى بعض الملواث	تستخدم عمليات التخلل ال الطبيعي	- معالجة التربه Land treatment
عالية	تحتاج الى معدات خاصه	يتحمل التخلص نهائيا من الملواث	- المعالجه الحراريه Thermal treatment
متوسطة	ازاله غير كاملـه للمركيبات الثقيلة	يستخدم المعدات الموجوده	- استخدام الأسفلت Asphalt incorporation
متوسطة	غير شائعة الاستعمال في التربه	تجعل المركيبات غير متحركة	- التصلب Solidification
عالية	غير شائعة الاستعمال في التربه		- الاستخلاص الكيميائي Chemical extraction
متوسطة	إمكانية نقل الملواث	ازاله التربه من الموقع	- إزاله التربه Excavation

تقنيات إزالة الملواثات من التربة

يوجد العديد من المحاولات لإزالة الملواثات من التربة وذلك باستخدام تقنيات مختلفة. وللأسف فإن هذه التقنيات غير كافية لإزالة الملواثات و غالباً ما يستخدم أكثر من تقنية لتنظيف التربة حيث أن التركيب المعقد للترابة وجود العديد من الملواثات يجعل إزالة الملواثات من التربة أمراً صعباً ومكلفاً.

اولا / الطرق المستخدمة في موقع التلوث In Situ Methods

لا يتم في هذه الطرق نقل التربة من موقعها مما يخفض من احتمالات تلوث مناطق أخرى، ومن هذه الطرق :

1- التطوير Volatilization

وتتم هذه التقنية في الموقع وذلك عن طريق إمرار تيار من الهواء خلال أنابيب شبكية تسمح بسريان الهواء في التربة. وفي هذه الحالة تستخدم بعض المعاملات مثل الكربون النشط activated carbon لإمتصاص الملوثات المتطايرة وهذه التقنية محدودة فقط للمركبات العضوية الكربونية المتطايرة .

2- التحلل البيولوجي Biodegradation

وفي هذه الطريقة يتم زيادة قدرة الكائنات الحية الدقيقة على تحلل الملوثات طبيعياً وذلك عن طريق زيادة أعدادها ونشاطها. وتتأثر عملية التحلل البيولوجي للملوثات بالصفات البيئية والكيميائية للتربة مثل الرطوبة ودرجة الحموضة pH ودرجة الحرارة والميكروبات الموجودة وصلاحية العناصر. وتم عملية التحلل البيولوجي في التربة تحت الظروف الهوائية وفي مدى pH تتراوح بين 5.5-8 والدرجة المثلثى (pH=7) ودرجة حرارة تتراوح بين 293-313k. ويجب أن نأخذ في الاعتبار أن الميكروبات قد تكون فعالة في تحلل ملوث ما دون الآخر .

3- الغسيل Leaching

وفي هذه الطريقة يتم غسل التربة بالماء وغالباً ما يستخدم أيضاً Surfactants (مادة نشطة سطحياً تتكون من مناطق محبة للماء وأخرى كارهة للماء وتعمل على تخفيض التوتر السطحي) لإزالة الملوثات. ويتم تجميع الماء بعد الغسيل باستخدام نظام تجميع ثم التخلص منه. واستخدام هذه الطريقة محدودة للغاية لأنها يتطلب استخدام كميات كبيرة من الماء لإزالة الملوثات بالإضافة إلى أن التخلص من الماء وما يحتويه من ملوثات يكون مكلفاً للغاية وكفاءة عملية الغسيل تعتمد على نفاذية ومسامية وقوام التربة والتركيب المعدني للترابة ودرجة تجانس التربة. حيث أن كل هذه العوامل تؤثر على درجة تحرر وانطلاق desorption (release) الملوثات من التربة ومعدل غسل الملوثات خلال التربة.

4- العزل : Isolation / Containment

وفي هذه الطريقة يتم عزل الملوثات في مكانها ومنعها من الانتشار وذلك باستخدام عازل طبيعي مثل الطين وذلك لتقليل الهجرة الأفقية. وحيثاً فإن العلماء يدرسون استخدام physical barrier مع الطين وذلك لزيادة امتصاص الملوثات العضوية على سطوح هذه المواد Surfactants وبالتالي تقليل حركة الملوثات.

ثانياً: الطرق المستخدمة بعيداً عن موقع التلوث Non- in Situ Methods

وفي هذه الطرق يتم إزالة التربة الملوثة ومعالجتها في مكان آخر. ويؤخذ على هذه الطرق احتمالات نقل التلوث إلى مناطق أخرى خلال عمليات النقل والمعالجة ومن هذه الطرق.

1- معالجة الأرض Land Treatment

وفي هذه التقنية يتم إزالة التربة ونشرها على مساحة من الأرض حتى يمكن للعمليات الطبيعية مثل التحلل البيولوجي والتحلل الضوئي أن تأخذ مجريها للتخلص من الملوثات. وفي هذه الطريقة يتم ضبط درجة حموضة التربة إلى $pH=7$ لخفض حركة العناصر الثقيلة ولزيادة نشاط وفعالية ميكروبات التربة كما يتم أيضاً إضافة المغذيات لتشفيط الميكروبات وبعد ذلك تخلط التربة الملوثة مع تربة أخرى وذلك لزيادة التلامس بين الملوثات والميكروبات وخلق ظروف هوائية.

2- المعالجة الحرارية Thermal Treatment

وفي هذه الطريقة يتم تعرية التربة لدرجة حرارة عالية باستخدام فرن حراري وتعمل درجة الحرارة العالية على تكسير الملوثات وتنطلق غازات ويتم تجميع الغازات وحرقها أو استخلاصها بواسطة مذيبات.

3- استخدام الإسفلت Asphalt Incorporation

وفي هذه الطريقة يتم إضافة الإسفلت الساخن إلى التربة وخلطها واستخدام المخلوط في رصف الطرق وهذه الطريقة تعمل على إزالة بعض الملوثات من التربة بالتطاير والجزء الباقي يصبح غير متحرك لخلطه بالإسفلت.

4- التصلب Solidification/ Stabilization

وفي هذه التقنية يتم إضافة بعض المواد إلى التربة المزالة وذلك لتعطيبتها بمادة صلبة أي أن التربة تتحول إلى ما يشبه الكبسولة encapsulated. وبعد ذلك يستخدم المخلوط في Landfill وبذلك تصبح الملوثات غير قادرة على الحركة ويعيب هذه الطريقة أن الملوثات لم يتم التخلص منها وغالباً ما تستخدم هذه الطريقة لتقليل التلوث بالملواثات غير العضوية.

5- الاستخلاص الكيميائي Chemical Extraction

وفي هذه التقنية يتم خلط التربة المزالة بمذيب أو Surfactant أو مخلوط منهما. وذلك لفصل الملوثات واستخلاصها من التربة وبعد ذلك يتم غسل التربة للتخلص من المذيب وما يحمله من ملوثات ثم يتم ترشيح المذيب بعد ذلك ومعاملته لإزالة الملوثات وهذه التقنية عالية التكاليف ونادراً ما تستخدم

6- إزالة التربة Excavation

وفي هذه الطريقة يتم نقل التربة الملوثة إلى مكان آخر وغالباً ما يكون Landfills التي تحتوي على حواجز طبيعية تمنع حركة الملوثات وعمليتي الإزالة والنقل تكلفتها عالية بالإضافة إلى أن نقل التربة إلى مكان آخر قد يؤدي إلى تلوث الماء الأرضي.

يتضح مما سبق أن التكنولوجيات المستخدمة لإزالة الملوثات من التربة هي في الغالب مضيعة للوقت ومكلفة للغاية بالإضافة إلى إمكانية خلق مخاطر إضافية للعاملين وإنتاج مخلفات ثانوية لذلك فإنه من البديهي أن ننطلع إلى تكنولوجيا جديدة يتم تطويرها بحيث تصبح قادرة على إزالة الملوثات من موقع التلوث بكفاءة عالية وتكلفة معقولة وتعتبر التكنولوجيا الحيوية أحد البديل الوعادة لإزالة الملوثات من التربة عن طريق تنشيط العمليات الطبيعية في التربة ويمكن للنباتات أن تلعب دوراً هاماً في هذا الشأن وبتكلفة بسيطة بالمقارنة إلى الخيارات الأخرى.

ثالثاً: معالجة الأراضي الملوثة باستخدام النباتات (phytoremediation)

يستخدم phytoremediation أساساً للتعبير عن إمكانية استخدام أنواع النباتات ذات القدرة العالية على امتصاص وتجميع وتركيز مستويات عالية من العناصر في أنسجتها وذلك لمعالجة الأرضي الملوثة وأغلب هذه النباتات تكون عشبية محدودة النمو وتنمو في موقع المناجم القديمة الغنية بالعناصر ولذلك تتركز الجهود الآن على تحسين نمو النباتات المجمعة للعناصر

hyperaccumulation لاستخدامها في معالجة الأراضي الملوثة ومن الناحية الأخرى ولمحدودية المجموع الخضري للنباتات المجمعة للعناصر فإنه يجري دراسة استخدام وتقدير بدائل من النباتات ذات المجموع الخضري الكبير مثل الأشجار والحسائش لاستخدامها في المعالجة على الرغم من ضعف مقدرة هذه النباتات نسبياً على تجميع العناصر بالمقارنة بالنباتات العشبية الأخرى إن مجال استخدام النباتات في معالجة الأراضي الملوثة في الوقت الحاضر أصبح أكثر اتساعاً ليشمل جميع العمليات التي تستخدم فيها النباتات بهدف عزل أو إزالة الملوثات مثل خفض حركة وتحلل وتطهير الملوثات غير العضوية مثل العناصر الثقيلة والنظائر المشعة والملوثات العضوية وسوف يتم التركيز على استخدام النباتات بجميع أنواعها بما في ذلك المحاصيل الحقلية في معالجة الأراضي الملوثة بالمواد العضوية وغير العضوية. ولما كانت المعالجة النباتية للأراضي الملوثة تعتبر تقنية جديدة فإن معظم الدراسات التي أجريت عليها هي عبارة عن تجارب معملية أو تجارب داخل الصوبة (البيت الزجاجي) أو تجارب حقلية على نطاق ضيق كان الغرض منها اختبار وتطوير هذه التقنية الجديدة.

العمليات الأساسية في معالجة الأراضي الملوثة باستخدام النباتات phytoremediation

تعمل **phytoremediation** بأنها التقنية التي تستخدم النباتات الخضراء لمعالجة الأراضي الملوثة بالكيمياويات والمواد المشعة. وتوجد خمس عمليات أساسية يمكن عن طريقها استخدام النباتات لمعالجة الأرضي والرسوبيات والمياه الملوثة. وهذه العمليات ينتج عنها إزالة الملوثات من التربة أو احتواها وذلك تبعاً لاستراتيجية المعالجة

عمليات المعالجة النباتية phytoremediation Processes

A. عمليات عزل الملوثات Containment processes

وهذه تنقسم إلى :

(أ) تثبيت بواسطة النباتات Phytostabilization

وتعرف بأنها استخدام النباتات المقاومة للملوثات بعرض التثبيت الميكانيكي للتربة الملوثة وذلك لمنع انتقال حبيبات التربة الملوثة بواسطة عوامل التعرية والهواء إلى البيئات الأخرى بالإضافة إلى أن غسل الملوثات يقل بشدة نتيجة لارتفاع معدل البخر -نتج من التربة المنزرعة بالمقارنة بالترابة غير المزروعة.

(ب) تقييد الحركة بواسطة النباتات Phytoimmobilization

وهي استخدام النباتات لقييد حركة وانتقال الملوثات الذائبة في التربة ويعتبر هذا التعريف هو تعديل لتعريف phytostabilization والذي نعتقد أنه يعبر تعبيراً صحيحاً عما يحدث في الواقع.

(ج) عمليات إزالة الملوثات Removal Processes

وهي عمليات استخلاص المكونات العضوية والمعdenية من التربة عن طريق الامتصاص بواسطة النباتات وانتقالها إلى المجموع الخضري الموجود فوق سطح التربة. (Salt *et al.*, 1995)

(د) عمليات التحلل بواسطة النباتات Phytodegradation

وهي عمليات الامتصاص والتحلل داخل النبات أو تحلل المواد العضوية بواسطة النباتات بمساعدة الميكروبات في منطقة الجذور (Cunningham, 1995). Rhizosphere

(هـ) عمليات التطوير بواسطة النباتات Phytovolatilization

وتم عن طريق إنزيمات متخصصة يمكنها تحويل وتحلل في النهاية تطوير الملوثات في نظام التربة – النبات والميكروبات (Meagher & Rugh, 1996)

وعن طريق الثلاث عمليات السابقة (الاستخلاص والتحلل والتطوير بواسطة النباتات) يمكن التخلص من ملوثات التربة وتتوقف درجة إزالة الملوثات من التربة على نوع الملوثات والخواص الجيوكيميائية للتربة. ونتيجة لأن البكتيريا والفطريات في التربة مع الجذور تلعب دوراً هاماً في هذه العمليات فإننا سوف نشير إلى المعالجة النباتية بأنها نظام المعالجة النباتية والميكروبية .

النباتات المتحملة للملوثات Plant tolerance to pollutants

تكنولوجييا استخدام النباتات في معالجة الأراضي الملوثة تعتمد أساساً على مقاومة النباتات للملوثات والتي تعني مقدرة النباتات على تجميع تركيزات عالية من المواد السامة في أنسجتها دون أن تتأثر دورة حياتها ولكي يتم تطوير النباتات المتحملة للملوثات يجب، أولاً فهم مقاومة النباتات للأثر السام والضار للملوثات العضوية وغير العضوية فيعزى مقاومة النباتات للعناصر الثقيلة إلى ما يلي :

- 1- ارتباط العنصر بجران الخلايا.
- 2- وجود غشاء مقاوم للعناصر الثقيلة.
- 3- النشاط الزائد للخلايا للتخلص من العناصر الثقيلة.

4- وجود إنزيمات مقاومة للعناصر الثقيلة.

5- حصر العناصر الثقيلة في مكان واحد مثل تجمع العناصر في فجوات الخلايا

6- خلب العناصر بواسطة الروابط العضوية أو غير العضوية.

7- تركيب مركبات العنصر قليلة الذوبان.

ولقد أوضح العلماء (Obata *et al.*, 1996, Thurman, 1981) حدوث عمليات بيوكيميائية تساعده على مقاومة النباتات للعناصر الثقيلة فحامض الفوسفاتير في جدران الخلايا وفي غشاء بلازما خلايا الجذور يلعبان دوراً هاماً في التحولات التي تحدث للعناصر الثقيلة والتي تؤدي إلى إزالة الأثر السام للملوثات في النبات.

توجد الآن بعض النظريات تعزى مقاومة النباتات للعناصر الثقيلة إلى وجود جين معين متخصص فقد أثبتت (Ortiz 1995) وجود جين مقاوم للعناصر الثقيلة داخل بعض النباتات يعمل على التحكم في انتقال الـ Cd المخلوب عبر غشاء النواة إلى مكان التخزين في خلايا الخميرة مقاومة للكادميوم وعموماً حتى الآن لم يثبت بالدليل القاطع أن مقاومة النباتات للعناصر الثقيلة يرجع إلى جين واحد فقط أم إلى مجموعة من الجينات داخل النبات ويعتبر حصر التركيزات الزائدة من العناصر في الفجوات العصارية (vacuoles) للخلايا أو في الأوراق استراتيجية فعالة يتبعها النبات لتفادي التأثير السام لهذه العناصر وقد ثبت بالفعل تجمع عنصري الكادميوم والزنك في فجوات خلايا النباتات مقاومة للعناصر (Brune- Vdzquez 1994). كما أن تجمع العناصر في الأوراق وسقوط الأوراق فيما بعد تعتبر ميكانيكية محتملة يتبعها النبات لمقاومة العناصر الثقيلة فإذا كانت النباتات مقاومة تتبع هذه الإستراتيجية لتحمل العناصر الثقيلة وكان كمية الأوراق المتساقطة كبيرة فهذا يعني أن هذه النباتات يجب ألا تستخدم في المعالجة النباتية للأراضي الملوثة.

الأحياء المجهرية في التربة

تحتوي جميع المياه عملياً أو فعلياً على الكائنات الحية تكون بعضها ملوثات عرضية والبعض الآخر كائنات مائية تعيش طبيعياً بصورة سائلة وتؤدي أدواراً حيوية في الانظمة البيئية والماء له خصائص عديدة ومهمة التي تجعله ضرورياً لمعظم الكائنات المجهرية أهمها :

- 1- ادمصاص المواد الغروية Colloids وذلك لتكوين اواصر هيدروجينية .
 - 2- امتصاص الضوء ذو اطوال موجية معينة وتعتبر هذه الخاصية مهمة ومفيدة للأحياء المجهرية والمائية القادرة على التركيب الضوئي .
 - 3- الماء المذيب فعال جداً وبسبب هذه الخاصية يعتبر ذات أهمية كبيرة لجميع الأحياء سواء مائية أو بحرية (عملية تكاثر وعملية تغذية وعمليات انتقال الجينات الوراثية) .
- * يعد ماء المطر ماءاً نقياً قياسياً إلى الماء في المصادر الطبيعية الأخرى (مياه الانهار والبحيرات) نظراً لكونه ماءاً مقطراً ويصبح ملوثاً اثناء ملامسته للمواد العالقة في الهواء ويحتوي على كميات صغيرة جداً من المواد المغذية المذابة .

* يمتاز ماء المطر في المناطق الصناعية بكونه غنياً بالماء المذابة وخاصة كبريتات وايونات الالمنيوم وغيرها والتي تعد مغذية للأحياء المجهرية كما ويحتوي ماء المطر على الكثير من المواد السامة اذا ما قورنت بمياه الامطار في المناطق الغير صناعية ويصبح ماء المطر غني بالماء المذابة عند وصوله سطح الأرض .

تقسم المياه العذبة الى :

- 1- المياه الجوفية Ground water وتشمل مياه الآبار العميقة والينابيع وتکاد تخلو من البكتيريا بفعل ترشيح التربة ومرور هذه المياه خلال طبقات الرمل العميقة والصخور التي تغير الكثير من خصائصه ولكن هذا لا يمنع من تلوث هذه المياه بالبكتيريا التي مصدرها مياه المجاري اذا ما كانت هذه الآبار مجاورة إلى مصادر

التلوث والا فان اغلب المياه الجوفية تكون بعيدة عن مصادر التلوث الناتجة عن مخلفات النبات والنخلفات الحيوانية .

2- المياه السطحية : Surface water وتشمل مياه الجداول والانهار والبحيرات وفي الغالب تكون هذه المياه افضل لنمو البكتيريا من المياه الجوفية التي غالبا ما تكون اقل عددا وانواعا وذلك لاحتواء المياه السطحية على نسبة اكبر من المادة العضوية التي تستخدم كغذاء رئيسي لمعظم البكتيريا وبالاضافة الى ذلك فان درجة الحرارة ملائمة لنمو وتكاثر البكتيريا على عكس درجة حرارة المياه الجوفية التي تمتاز بطبيعة باردة نسبيا والخالية تقريبا من المادة العضوية .

تؤدي البكتيريا التي تنمو في الماء الى تحلل المادة العضوية وحدوث تغيرات في المركبات فهي تغير من طعم الماء ورائحته وبذلك يصبح غير صالح للاستهلاك البشري كذلك وجود احياء مجهرية غير البكتيريا مثل الطحالب والابتدائيات (اليوغلينا ..) تساعد على نمو وتكاثر البكتيريا وبعد موتها تصبح غذاء جيدا لنمو البكتيريا فتظهر في المياه السطحية انواع من البكتيريا مثل البكتيريا الحلazonية وبكتيريا الاكتينومايسير وهي البكتيريا الشبيهة بالاعفان وكذلك الشبيه بالطحالب .

اما المياه الجوفية التي تكون فيها الظروف غير ملائمة للنمو ولكن نشاهد فيها اعداد قليلة من البكتيريا التي تنمو بصورة بطيئة وبالاضافة الى البكتيريا المكونة للابواغ مثل مجموعة بكتيريا باسلس . ان معظم البكتيريا التي تتسرب الى المياه الجوفية لا يمكنها النمو فيها فتبقى فترة قصيرة ثم تموت وخصوصا الانواع الغير مكونة للابواغ مثل البكتيريا المرضية التي تصل الى الماء عن طريق مياه المجاري التي لا يمكنها النمو في المياه الجوفية وغالبا ما تموت في وقت قصير نسبيا وهي بصورة عامة تعيش لفترة اطول في المياه الدافئة التي تحصل على المادة العضوية بشكل افضل في المياه السطحية مقارنة بالمياه الجوفية التي تكون باردة ولا تحتوي على مواد عضوية .

* بعض المصطلحات التي تستعمل في مجال تلوث المياه

Contaminated water يعني ان الماء الذي يحتوي على مواد كيميائية سامة او احياء مجهرية مرضية ناقلة للعدوى ولكن هذه العوامل قد تكون غير ظاهرة على الماء في عينة رائقة جذابة خالية من الطعام والرائحة .

Polluted water : وتطلق على الماء الذي قد يحتوي على مواد كيميائية سامة واحياء مجهرية مرضية تكون ظاهرة على الماء ويكون له طعم ورائحة غير مرغوب فيه .

Potable water : يطلق على الماء الخالي من الملوثات الكيميائية والاحيائية والفيزيائية (مثل عکورة الماء) اي هو الماء الصالح للشرب ويكون صحيحا باستعمالات الانسان الاخرى لصنع الطعام والاغتسال وغسل الملابس وغيرها .

Unpotable water ويطلق على الماء الذي يحدث فيه تغيرات في الصفات الحيوية والفيزيائية والكيميائية ويكون غير صالح للشرب لأن رائحته ومنظره وطعمه غير مرغوب فيه .

* توزيع البكتيريا في البيئة المائية

يختلف توزيع البكتيريا اختلاف كبير من حيث الاعداد والانواع وعلى الرغم من وجودها في جميع البيئات المائية وهذا الاختلاف يعتمد على ظروف فيزيائية وكيميائية واهماها :

1- درجة الحرارة :

ان درجة حرارة الماء الطبيعي يتراوح من (0 - 100) وممكن العثور على انواع من الاحياء المجهرية قادرة على البقاء في درجات الحرارة العالية كما في احواض الينابيع الساخنة تصل درجة حرارة الماء الى 90 درجة مئوية (البكتيريا المحبة لدرجات الحرارة العالية) وغالبا ما تحتوي مياه الينابيع الحارة على كميات كبيرة

من المواد المذابة مثل الكبريت ... الخ ، كذلك هناك احياء تسمى بكتيريا محبة للبرودة لها القدرة على النمو في درجة الانجماد .

: pH - 2

تنقلاً درجة تفاعل التربة في المياه المختلفة بحسب محتوى المياه من المواد الذائبة مثل الينابيع الحامضية اذ تتراوح درجة pH بين (2 - 4) مما يشجع على نمو الاحياء المجهرية المتحملة للحموضة العالية .

3- ملوحة التربة :

تلعب البيئات المائية دوراً كبيراً في وجود الاحياء المجهرية في المياه العذبة تتواجد احياء مختلفة عن الاحياء التي تتواجد في المياه المالحة وهذا تسمى الاحياء المحبة للملوحة .

* انواع البيئات المائية

1- البيئات المائية غير الملوثة : Un polluted water

غالباً المياه في المناطق الجبلية وفي الانهار تحتوي على نسبة قليلة من المواد العضوية وبالتالي نسبتها للتلوث الميكروبي تكون قليلة وقد تتواجد بكتيريا المكونة للابوااغ لكلا الجنسين Clostridium , Bacillus التي مصدرها الهواء والتربة كما توجد ايضاً في المياه غير الملوثة البكتيريا التي تقوم بهضم السيليلوز كبعض انواع جنس Celluomnas التي تهضم جدار الخلية النباتية للحصول على طاقة من الكلكوز وهناك بكتيريا ذاتية التغذية التي تقوم بصنع غذائها من المركبات اللاعضوية البسيطة الموجودة طبيعياً في المياه .

2- البيئات المائية الملوثة : polluted water

تعرف المياه الملوثة بانها تلك المياه الحاوية على كميات كبيرة من المواد العضوية والتي مصدرها (مياه المجاري المياه الثقيلة ، وفضلات المصانع) والبكتيريا الموجودة في هذه المياه غير ذاتية التغذية التي تعتمد على المواد العضوية الجاهزة في فعالياتها الحيوية فهي غير قادرة على هضم البروتين والشحوم والكاربوهيدرات بصورة كاملة لعدم وجود الاوكسجين وتتجمع في هذه المياه كل من الحوامض والقواعد ومختلف الغازات الناتجة عن تحلل المواد العضوية مثل بكتيريا القولون ، Escherichia coli ، وهذه تعد من الانواع الاساسية التي توجد في المياه الملوثة وهي موجودة بصورة طبيعية في امعاء الانسان ، كذلك توجد انواع اخرى وهي : Proteus , Streptococcus ، Shigella ، Salmonell ، Pseudomonas المياه مثل زيادة الفسفور او الفوسفات في الماء التي تؤدي الى زيادة نمو الطحالب والتي تمد البكتيريا بالغذاء مسببة نمو وتضاعف اعدادها بسرعة كبيرة وبذلك تستهلك البكتيريا الاوكسجين المذاب في الماء والضروري للاحياء المجهرية وان استهلاك الاوكسجين المذاب في الماء يؤدي الى موت الاحياء مثل الابتدائيات (اليو غلينا والبرامسيوم والاسماك الصغيرة والنباتات المائية) فتتجمع في القعر وعند تظاهر البكتيريا اللاهوائية مثل Desulfovibrio , Clostridium ان نمو هذه البكتيريا يجعل الماء ذو رائحة كريهة نتيجة تجمع الغازات الناتجة من التحلل فتصبح المياه غير صالحة لاستهلاك وغالبا ما يحدث هذا النوع في تلوث المياه في ظروف عادية جدا .

* تلوث الماء بالاحياء المجهرية المرضية :

ان تلوث المياه بالاحياء المجهرية المرضية يكون في مياه المجاري الناتجة عن طرح الفضلات الناتجة عن الاستحمام من قبل الاشخاص المصابين وغالبا ما تكون فضلات الانسان في الحالات الطبيعية خالية من الاحياء المجهرية ومن اهم البكتيريا المرضية التي تنتقل من خلال الماء تلك المسببة لحمى التيفوئيد والكوليرا .

ان رمي مياه المجاري غير المعاملة الى الانهار او البحيرات يؤدي الى تلوث الماء بالاحياء المجهرية المرضية اضافة الى المواد الكيميائية الناتجة عن التنظيف المنزلي وايضا المبيدات التي لها تاثير سمي مباشر على الاحياء الصغيرة ولهذا يجب ان نعي

ضرورة خلو المياه من التلوث بهذه الاحياء المرضية لانها تكون غير صالحة للاستخدام البشري ، كذلك لا يمكن الاعتماد على حواس الانسان في تقييم تلوث المياه او نقاؤة المياه لأن قد تكون المياه عديمة الطعم او الرائحة لكنها تحتوي على مواد كيميائية او عديمة الطعم لكنها تحتوي على احياء مرضية التي تجعلها غير نقية ولا تصلح للاستهلاك .

- تقيية مياه المجاري

يحتاج المجتمع المدني الى ان يتزود بمياه نقية سواء للشرب او الاستخدام اليومي ويجب ان يكون كافيا سواء من الناحية الكمية او النوعية وهذا يعتمد ايضا على كمية الفضلات او المواد غير المرغوب بها التي يجب التخلص منها قبل البدء بالمعالجات الاولية ، وان كمية او نوعية صرف المياه تختلف حسب طبيعة السكان وجودة المصانع وهذا بدوره تؤثر على قيمة COD و BOD .

تقسم الاحياء المجهرية المرضية الى (فطريات ، بكتيريا ، فايروسات ، طفيلييات ، ديدان) وهذه تسبب اضرار خطيرة للانسان والحيوان وتعد فضلات المواشي والحيوانات الاخرى مصدر رئيسي للملوثات المائية بالإضافة الى مخلفات الانسان . تتراوح اعداد الاحياء المجهرية في مياه المجاري بين النصف مليون الى عشرات الملايين ، كذلك تتبادر المجاميع الميكروبية فنجد منها الهوائية واللاهوائية والاجبارية والاختيارية كذلك نجد البعض محللة لليسيلولوز والبروتين والدهون كذلك بكتيريا النترجة وعكس النترجة والكبريد وال الحديد وغيرها من الميكروبات التي تكون اغلبها من نوع المتبادر في التغذية حيث تعتمد في تغذيتها على المادة العضوية كذلك توجد احياء متطفلة واحياء ذاتية التغذية ، تنتشر مجاميع مايكروبية في مياه وفضلات المجاري التي هي بكتيريا المعوية حيث تتبع عائلة Azotobacter ومن اجناسها , Salmonella ، و Shigella . و اهم هذه الاجناس هي بكتيريا القولون المرضية وغير المرضية وغيرها .

تلوث المياه

يعد الماء عصب الحياة فهو يشكل 90% من أجسام الأحياء الدنيا ونحو 60-70% من أجسام الأحياء الراقية ومنها الإنسان فقد قال سبحانه وتعالى (وجعلنا من الماء كل شيء حي). ومن المعروف أن الغلاف المائي يمثل أكثر من 70% من مساحة الكره الأرضية ويبلغ حجم هذا الغلاف حوالي 1400 مليون كيلومتر مكعب منها حوالي 97% من هذه الكمية مياه البحار والمحيطات والسبة الباقيه تشمل المياه الجليدية الموجودة في جبال الجليد بالقطبين الشمالي والجنوبي والانهار الجليدية والمياه الجوفية اما المياه العذبة الموجودة في الانهار والبحيرات العذبة الموجودة في الارض كافية لتلبية احتياجات الانسان في الوقت الحاضر وفي المستقبل القريب ولكن هذه المياه في الواقع الطبيعي غير منتظمة التوزيع فعلى سبيل المثال يحتوي نهر الامازون وحده على نحو 10% من اجمالي كمية المياه العذبة في حين يحتوي 15 نهرًا آخرًا في احياء العالم على 33% من هذا الاجمالي فقط. وفي الوقت الذي لا تستطيع فيه دول عديدة تأمين احتياجاتها وكفايتها من المياه العذبة نجد مناطق واسعة من العالم تعاني من الفيضانات الموسمية. وتعد الزراعة المستهلك الاكبر للمياه العذبة وللأسف فإن نحو 75% من مياه الري تضيع هباء بسبب استخدام اساليب عقيمة في الري. وعلى الرغم من ان الصناعة تحتاج الى كمية مياه اقل بكثير مما تحتاجه الزراعة الا انها تعمل على تلوينها بشكل مزعج ويبعث على القلق وحتى ان هناك بعض مياه الانهار قد فسدت تماماً ولم تعد صالحة للاستعمال الانساني او الصناعي. فتلوث الماء من اوائل الموضوعات التي اهتم بها العلماء والمتخصصون في مجال حماية البيئة.

ويعتبر تلوث الماء من اوائل الموضوعات التي اهتم بها العلماء والمتخصصون بمجال التلوث و ذلك يرجع إلى سببين :

الأول : أهمية الماء وضروريته ، فهو يدخل في كل العمليات البيولوجية والصناعية ، ولا يمكن لأي كائن حي – مهما كان شكله أو نوعه أو حجمه – أن يعيش بدونه ،

فالكائنات الحية تحتاج إليه والنباتات هي الأخرى تحتاج إليه لكي تتمو ، (وقد أثبت علم الخلية أن الماء هو المكون الهام في تركيب مادة الخلية ، وهو وحدة البناء في كل كائن حي نباتً كان أم حيواناً ، وأثبتت علم الكيمياء الحيوية أن الماء لازم لحدوث جميع التفاعلات والتحولات التي تتم داخل أجسام الأحياء فهو إما وسط أو عامل مساعد أو داخل في التفاعل أو ناتج عنه . والماء يشكل 17% من وزن الطفل الرضيع و 60-80% من وزن الرجل البالغ و 95% من وزن الخيار و الخس، وإن نقصاً قدره 10-20% من الماء الموجود في جسم الإنسان أو الحيوان قد يؤدي إلى الموت، وللماء دور أساسي في الصناعة وهذا سبب تركز معظم الصناعات حول مصادر المياه، ولانتاج طن واحد من الفولاذ أو النحاس أو المطاط الصناعي أو الورق نحتاج إلى ما بين 300-2100 م3 ماء كما أن للماء دوراً معروفاً في الزراعة حيث يلزم ما بين 300 و 800 كجم من الماء لإنتاج كيلو جرام واحد من السماد الجاف .

الثاني : إن الماء يشغل أكبر حيز في الغلاف الحيوي ، وهو أكثر مادة منفردة موجودة به ، إذ تبلغ مساحة المسطح المائي حوالي 70.8% من مساحة الكرة الأرضية ، مما دفع بعض العلماء إلى أن يطلقوا اسم (الكرة المائية) على الأرض بدلاً من من الكرة الأرضية . وبالتالي فإن تلوث الماء يؤدي إلى حدوث أضرار بالغة ذو أخطار جسيمة بالكائنات الحية ، ويخل بالتوازن البيئي الذي لن يكون له معنى ولن تكون له قيمة إذا ما فسدت خواص المكون الرئيسي له وهو الماء .

تعريف الماء:

الماء هو مركب كيميائي سائل شفاف يتراكب من ذرتين الهيدروجين وذرة أكسجين، ورمزه الكيميائي (H_2O)

تعريف تلوث الماء :

هو إحداث تلف او افساد لنوعية المياه مما يؤدي الى حدوث خلل في نظامها البيئي بصورة او بأخرى بما يقلل من قدرتها على اداء دورها الطبيعي بل تصبح ضارة عند

استعمالها او تقد الكثير من قيمتها الاقتصادية وبصفة خاصة مواردها من الاسماك والاحياء المائية . وبعبارة اخرى فإن المقصود بتلوث المياه القاء المواد الكيميائية والفيزيائية والمواد البيولوجية physical, chemica and biological material الى المياه العذبة او مياه الانهار والبحار والمحيطات والتى تؤدى الى تردي نوعية المياه، مما يجعل هذه المياه غير صالحة للانسان او الحيوان او النبات او الاحياء التي تعيش في المسطحات المائية.

صور تلوث الماء:

- 1- استنزاف كميات كبيرة من الأكسجين الذائب (DO) في مياه المحيطات والبحار والبحيرات والأنهار مما يؤدي الى تناقص اعداد الاحياء المائية فيها.
- 2- زيادة نسبة المواد الكيميائية في المياه مما يجعلها سامة للاحياء.
- 3- ازدهار ونمو البكتيريا والطفيليات والاحياء الدقيقة في المياه مما يقلل من قيمتها كمصدر للشرب او رمي المحاصيل الزراعية.

ويتلوث الماء عن طريق المخلفات الانسانية او النباتية او الحيوانية او الصناعية او الكيميائية التي تلقى او تصب في المحيطات والبحار والبحيرات والأنهار كما تتلوث المياه الجوفية من تسرب مياه المجاري ومياه الصرف لكثره ما فيها من البكتيريا او المركبات الكيميائية.

أنواع تلوث الماء

1- التلوث الطبيعي:

وينتاج عن تغيير الموصفات القياسية للماء، عن طريق تغير درجة حرارته أو ملوحته، أو ازدياد المواد العالقة به Suspended solids سواء كانت من أصل عضوي أو غير عضوي. وازدياد ملوحة الماء تنتج غالباً من زيادة تبخّر الماء من البحيرات أو الانهار في الأماكن الجافة دون تعويض للمياه المفقودة أو في وجود قلة من مصادر المياه. كما أن التلوث الفيزيائي physical pollution الناتج عن ارتفاع

درجة الحرارة يكون في غالب الأحوال نتيجة صب مياه تبريد المصانع والمفاعلات النووية القريبة من المسطحات المائية في هذه المسطحات مما ينتج عنه ارتفاع درجة الحرارة ونقص الأكسجين الذائب (DO) مما يؤدي إلى موت الكائنات الحية في هذه الأماكن.

2. التلوث الكيميائي :

وينتج هذا التلوث غالباً عن الأنشطة الصناعية أو الزراعية المقامة بالقرب من المسطحات المائية مما يؤدي إلى تسرب المواد الكيميائية المختلفة إليها. مثل الأملاح المعدنية والأحماض والأسيدات والمبيدات. وتسرب الفلزات السامة إلى الماء يؤدي إلى التسمم إذا وجدت بتركيزات كبيرة، مثل الباريوم والكادميوم والرصاص والزنبق. أما الفلزات غير السامة مثل الكالسيوم والماغنيسيوم والصوديوم فإن زيادةها في الماء يؤدي إلى بعض الأمراض إضافة إلى تغير خصائص الماء الطبيعية مثل الطعم وجعله غير مستساغ. كما أن زيادة تركيز عناصر مثل الفوسفات والأزوت (النايتروجين) يؤدي إلى تغيير رائحة الماء ونمو الحشائش والطحالب مما يؤدي إلى زيادة فقد الماء وزيادة البحر. وقد يؤدي في النهاية إلى ظاهرة الشيخوخة المبكرة للبحيرات Eutrophication حيث تتحول هذه البحيرات إلى مستنقعات مليئة بالحشائش والطحالب وقد تتحول في النهاية إلى أرض جافة.

3. التلوث البيولوجي :

وينتج هذا التلوث عن زياد اعداد الكائنات الحية الدقيقة المسيبة للأمراض مثل البكتيريا والفيروسات والطفيليات في المياه. وتنتج هذه الملوثات، في الغالب عن اختلاط فضلات الإنسان والحيوان بالماء بطريق مباشر عن طريق صرفها مباشرة في المسطحات المائية 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 مثل هذه المياه في الاغراض الشخصية أو في الشرب إلا بعد معالجتها المعالجة المناسبة.

4- التلوث الإشعاعي :

ومصدر هذا التلوث يكون غالباً 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 تغيير في صفات الماء الطبيعية مما يجعله أكثر الأنواع خطورة حيث تمتسه 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 الخل والتحولات التي تحدث في الجينات الوراثية.

5- التلوث الحراري:

وهو ينبع من استعمال المياه في عمليات تبريد مصانع الحديد والصلب والورق ومحطات الكهرباء والمفاعلات النووية وغيرها حيث تقوم مل هذه المصانع بصرف المياه الساخنة في مياه البرك والأنهار والبحيرات مما يؤدي إلى ارتفاع درجة حرارة مياهها حيث تتعرض الأحياء الموجودة فيها إلى الخطر. كما يؤدي ارتفاع درجة حرارة المياه إلى زيادة نمو بعض الطحالب غير الصالحة كغذاء للأحياء المائية وعندما تموت هذه الطحالب وتتحلل فإنها تستهلك كميات كبيرة من الأكسجين الذائب في الماء إضافة إلى ما ينبع عنها من غازات كربونيك وسموم تترافق سنة بعد أخرى لنقضي على الحياة في الوسط المائي الملوث بها وفي بعض الأحيان يعمل التلوث الحراري للمياه على أكسدة بعض الملوثات المعدنية التي تلقيها المصانع في المياه مما يؤدي إلى وجود بعض الأكسيد السامة فيه.

مصادر تلوث المياه:

1- مياه الأمطار الملوثة :

خاصة في المناطق الصناعية وزيادة تركيز أكسيد النيتروجين والكبريت وذرات وهذه الملوثات تذوب مع مياه الأمطار وتساقط مع الثلوج فتمتصها التربة لتضيف بذلك كمياً جديداً من الملوثات إلى المسطحات المائية كالبحار والأنهار

والبحيرات فيؤدي إلى تلوثها وإلى تسمم الكائنات البحرية والأسماك الموجودة بها ، وينتقل السم إلى الإنسان إذا تناول هذه الأسماك الملوثة ، كما تموت الطيور البحرية التي تعتمد في غذائها على الأسماك.

2- الأنشطة الزراعية:

حيث يؤدي استعمال الماء بالطرق القديمة، مثل الغمر مع سوء استخدام المبيدات الحشرية والأسمدة، إلى زيادة تركيز الأملاح والفسفور والمعادن والنترات والمبيدات في المياه الجوفية بصفة خاصة إذا لم تتوفر أنظمة الصرف الزراعي. وهذه أمثلة لبعض الملوثات الناتجة من النشاط الزراعي.

3- استخدام آبار الحقن :

وهي آبار تستخدم لحقن النفايات الصناعية والإشعاعية، في الطبقات الجوفية العميقة الحاملة للمياه. إلا أنه قد ينتج عن ذلك تسرب هذه النفايات إلى الطبقات العليا الحاملة للمياه العذبة عن طريق الأنابيب غير المحكمة، أو عن طريق سريانها في اتجاه الطبقات الحاملة للمياه العذبة عن طريق التصدعات في الطبقات غير المنفذة.

4- بيارات الصرف:

وهي الحفر والجدرات، التي تُبنى في القرى والمدن، التي لا يتوفّر فيها أنظمة صرف صحي كوسيلة للتخلص من الفضلات والمياه المستعملة. واستخدام هذه البيارات يؤدي في كثير من الأحيان، إلى تسرب ما تحمله من بكتيريا ومواد عضوية إلى الطبقة الحاملة للمياه الجوفية وإلى تلوثها.

5- تداخل المياه المالحة:

وتحدث في الآبار القريبة من البحار المالحة، نتيجة الضخ والاستخدام المفرط للمياه العذبة، مما يؤدي إلى تسرب المياه المالحة من البحر في اتجاه الطبقات الحاملة

واختلاطها بالمياه العذبة. ونتيجة لذلك، تصبح هذه المياه غير صالحة للشرب أو الزراعة.

6- التخلص السطحي من النفايات:

ويحدث هذا غالباً في البلاد الصناعية حيث تدفن هذه البلاد نفاياتها الصناعية في برك تخزين سطحية . وقد يؤدي عدم إحكام عزل هذه البرك إلى تسرب هذه النفايات إلى الطبقة الحاملة للمياه العذبة. وعند حدوث تلوث للمياه الجوفية يصعب إن لم يكن مستحيلاً التخلص من هذا التلوث أو إجراء أي معالجة للمياه الموجودة في الطبقات الحاملة. وما يزيد الأمر تعقيداً وجود هذه المياه في باطن الأرض وبطء حركتها مما يؤدي إلى انتشاره عبر المجاري والأنهار الجارية في باطن الأرض.

7- الصرف الصحي :

نظرأً لقلة الموارد المائية تتجه أساليب الزراعة الحديثة إلى استخدام مياه الصرف الصحي المعالج لري الأراضي الزراعية بأنواع مختلفة من المحاصيل . تعتبر من المصادر الحديثة لاستغلال المياه في الري وقد بدء استخدامها في مصر عام 1911 حيث تمت زراعة 2500 فدان بمنطقة الجبل الأصفر وبزيادة عدد محطات المعالجة بمصر يتم استخدام هذه النوعية في كثير من المناطق بالوادي والدلتا وأسيوط والتل الكبير وحلوان وزنین وبحر البقر . وتوجد بالقاهرة الكبرى 6 محطات للصرف الصحي (الجبل الأصفر - البركة - بلقس - زنین - أبو رواش - حلوان) تستقبل محطات بلقس وحلوان صرف صناعي لكونها مناطق صناعية وتستخدم محطات الجبل الأصفر وأبو رواش وحلوان في الزراعة بعد تنقيتها مرحلة أولى وثانية.

8- المفاعلات النووية:

وهي تسبب تلوثاً حرارياً للماء مما يؤثر تأثيراً ضاراً على البيئة وعلى حياتها مع احتمال حدوث تلوث إشعاعي لأجيال لاحقة من الإنسان وبقية الكائنات .

9- تسرب البترول إلى مياه البحار والمحطات:

وهو إما نتيجة لحوادث غرق الناقلات التي تتكرر سنويًا وإما نتيجة لقيام هذه الناقلات بعمليات التنظيف وغسل خزاناتها وإلقاء مياه الغسيل الملوثة في عرض البحر. ومن أسباب تلوث مياه البحار أيضًا بزيت البترول تدفقه أثناء عمليات البحث والتنقيب عنه.

10- التلوث بالمبيدات

العلاقة المتبادلة بين المبيد والماء Pesticide - Water Interactions

أن ذوبان المبيدات في الماء يعتبر مقياساً مباشراً في التأثير المتبادل بين الماء والمبيد فقد اقترح (Stumm and Morgan 1981) أن الذوبان المائي قد يكون متربطاً مع الامتصاص خلال مجاميع متخصصة في المبيد . فقد تختلف العلاقة بين الامتصاص والذوبان عند دراستها على المركبات المشابهة كيمياً وذلك اختلاف مادة الامتصاص تحت الدراسة. فالامتصاص على $-Na$ - S - triazines يزداد بزيادة الذوبان لعديد من مركبات الماء montmorillonite وقد وجد (Stumm 1992) في دراسة على الكربون كمادة امتصاص أن امتصاص 17 مبيد حشائش Chlorinated phenoxy - herbicides تظهر علاقة عكسية بين الامتصاص والذوبان المائي. ويعتبر الامتصاص هو محصلة التأثير المتبادل بين المبيد والماء وحبوبات التربة والماء والطين وبناءً على ذلك يجب الأخذ في الاعتبار جميع التأثيرات المتبادلة وليس تأثير متبادل واحد من هذه العلاقات. تلوث المياه بالمبيدات يعتمد بدرجة كبيرة على خواص كيميائية للجزيئات العضوية للمبيدات أهمها :

- 1- المجاميع الفعالة في الجزيء مثل مجموعات الكيتون والكحول والكربوكسيل .
- 2- حموضة أو قلوية المجاميع الفعالة .
- 3- حجم وشكل الجزيء العضوي .
- 4- قطبية وشحنة الجزيء العضوي .

الخواص السابقة الذكر تحدد درجة ذوبان الجزيء العضوي في الماء و بالتالي تحدد درجة امتصاصه على حبيبات التربة عند استخدام الماء في الري ، أو في محلول التربة (Soil solution) فهناك جدول لدرجة ذوبان كثير من المركبات في الماء يعتمد بدرجة كبيرة على قطبية المركب (Polarity) وشحنة المركب الناتج من قطبيته. الذوبان (Solubility) يعتمد على :

- 1 . شحنة الجزيئ (Partial Charge)
- 2 . شحنة Net Charge Electro Negativity التي تحول من 1 إلى 2 حيث تتوقف على وجود أملاح مثل الفوسفات والاكسالات والاسترات أو وجود مركبات أمفوترية مثل البروتين أو الغروي (Collide) .

الملوثات الاساسية للمياه**النفط الخام والمواد النفطية**

تتسرب هذه المواد الى المياه من حوادث انكسار ناقلات النفط على المحيط او انفجار آبار النفط تحت الماء كذلك في اثناء تفريغ وتحميل وغسل الناقلات على مياه البحر كما تتسرّب من معامل تكرير النفط والعمليات الصناعية المتعددة .

*** فضلات مستهلكة للأوكسجين**

لا يمكن الاستغناء عن الاوكسجين المذاب في الماء Dissolved Oxygen حتى في حالة انخفاض تركيزه دون مستوى معين لإدامة الحياة المائية – الحيوانية والنباتية – ويتوقف بقاء هذه الاحياء على قابلية الجسم المائي (نهر - بحيرة او بحر) لتزويد تركيز بحد ادنى من الاوكسجين المذاب يكفي لإدامة اشكال الحياة المائية في هذا الجسم المائي . تحتاج الاسماك النسبة العليا من الاوكسجين المذاب تأثيرها اللافقريات المائية ثم البكتيريا والنباتات .

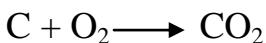
ويجب ان لا يقل تركيز الاوكسجين في المياه الدافئة عن 5 ملغم / لتر (5 ppm) لإدامة حياة الاسماك في حين يجب ان يكون اكثر من ذلك بقليل (6 ppm) في المياه الباردة تعتمد درجة اشباع الماء من الاوكسجين المذاب على درجة الحرارة في الماء وعلى الارتفاع عن مستوى سطح البحر وكمثال على ذلك ما يلي :

- التركيز عند الاشباع (9.1 ppm) في درجة 20 م° عند مستوى سطح البحر
- التركيز عند الاشباع (8.2 ppm) في درجة 20 م° عند ارتفاع 3000 قدم
- التركيز عند الاشباع (7.4 ppm) في درجة 20 م° عند ارتفاع 6000 قدم

عندما يكون تركيز الاوكسجين المذاب في اي جسم مائي اقل من الحد المطلوب لإدامة الحياة فيه يعد هذا الجسم المائي ملوثا . ومن اهم الاسباب التي تؤدي الى انخفاض مستويات الاوكسجين المذاب استهلاكه من قبل البكتيريا الهوائية التي تقوم بتفسيخ المواد

العضوية المذابة الى عواملها الاولية . قد تصنف بعض المواد اللاعضوية ضمن هذا النوع من الملوثات . ولكن في الحقيقة ان معظم هذه المواد تكون عضوية مثل الفضلات الغذائية من المنازل ، فضلات معامل تعليب المواد الغذائية ، ومعامل الورق ، والنوافذ العرضية ، وفضلات معامل الدباغة ، وفضلات المياه من المجازر والمزارع و محلات بيع الخضار والفواكه .

يتضمن التفاعل الكيميائي الرئيسي الذي يتم بمساعدة البكتيريا تفاعل المكون الاساسي في هذه الفضلات (اي الكاربون) مع الاوكسجين المذاب .



ويمكن تحليل هذا التفاعل ببساطة في ان 12 غم من الكاربون يتطلب 32 غم من الاوكسجين المذاب لتأكسدتها بصورة كاملة الى غاز CO_2 وبصورة تقريبية تكون نسبة الاوكسجين المطلوبة تعادل ثلاثة اضعاف نسبة الـ C الموجودة في الماء وبعبارة اخرى لو فرضنا ان كمية الاوكسجين المذابة المشبعة بالماء عند مستوى سطح البحر في المنطقة المعتدلة هو حوالي (9 ppm) فان بإمكانها اكسدة (3 ppm) من الكاربون المذاب تقريريا وبصورة مقربة اكثر الى مقاومتنا في الاستعمال اليومي للمياه فان قطرة من الدهن المستعمل في الطعام عند قذفها في الماء تتطلب لأكسدتها كمية من الاوكسجين المذاب اللازمة لتشبيع غالون كامل من الماء . ويظهر هذا المثال اهمية وخطورة المسألة البيئية والسرعة الكبيرة في انحطاط نوعية المياه عند قذف الفضلات المستهلكة للأوكسجين فيه .

مما تقدم من معرفة الفضلات المستهلكة للأوكسجين هنا تبرز الحاجة الى ايجاد طريقة لمعرفة كمية الملوثات المستهلكة للأوكسجين في اي جسم مائي ، يستعمل المقياس في الوقت الحاضر الذي يعرف بـ (الاحتياج الكيميائي الحيوي للأوكسجين) (B.O.D) وتكون لقيمة هذا المقياس علاقة بكمية Biochemical – Oxygen Demand الاوكسجين المذاب المطلوبة لأكسدة الفضلات العضوية في الماء .

يتم استحصل قيمه الـ B.O.D لأي نموذج مائي عند حفظه في اناء معلق لمدة خمسة ايام وعند درجة حرارة 20 °م ، ويتم حساب كمية الاوكسجين المذاب قبل وبعد حفظ النموذج بالطريقة والظروف المذكورة .

لا تتجاوز قيمة الـ B.O.D للماء النقى نسبياً حوالي 1 ppm وتكون النقاوة مقبولة عند قيمة الـ B.O.D (5 ppm) وتصل النقاوة حالتها الحرجة عند (3 ppm) B.O.D اذا اخذنا مثلاً من الولايات المتحدة فان الهيئات الصحية في ذلك البلد تعارض قذف المياه الملوثة بالفضلات العضوية من اي مصدر ان كانت (B.O.D) له تزيد عن (20 ppm) ولكن تظهر خطورة المشكلة اذا راجعنا النتائج في الجدول التالي المستحصلة من هذا البلد نفسه عن المصادر السكنية والصناعية لتلوث المياه بالفضلات العضوية المستهلكة للأوكسجين معبراً عنها بقيم الـ B.O.D لها .

جدول يبين قيم الاحتياج الكيميائي الحيaticي B.O.D لبعض فضلات المياه السكنية والصناعية

اسم المصدر	قيم B.O.D محسوبة بـ ppm
مياه سكنية غير معالجة (خام)	400 – 100
المياه المناسبة من اصطبلات الحيوانات	10000 – 100
المياه من معامل التعليب والصناعات الغذائية	10000 - 100

لذا لا يمكن قذف الفضلات المائية من المصادر المذكورة في الجدول بلا معالجة في الاجسام المائية مالم يتم تخفيضها بدرجات كبيرة كي يتتسنى للبكتيريا الطبيعية في المياه ان تقوم بتفسيخها وتنفاقم المشكلة كثيراً اذا تم تصريف مثل هذه المياه الى نهر صغير او بحيرة لا يتبدل ماؤها .

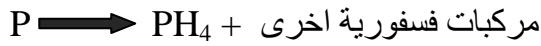
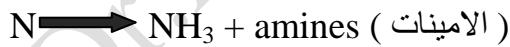
يعزى موت الاحياء المائية (الحيوانات والنباتات) مباشرة الى نقصان كمية الاوكسجين المذاب المطلوب لإدامه الحياة . هذا بالدرجة الاولى ولكن من الناحية الاصغرى فان اختفاء الاوكسجين من الماء يهيئة الظروف لنمو نوع معين او نوع اخر

من البكتيريا (البكتيريا اللاهوائية) Anaerobic Bacterial التي تقوم بتفسخ المواد العضوية ايضا ولكن بيكمانيكية مختلفة تكون خطورتها كبيرة على البيئة بسبب تكون غازات سامة وذات رائحة كريهة ، وتكون هذه الميكانيكية هي الغالبة في تفسخ الفضلات العضوية في خزانات فضلات المياه في المساكن (Septic tanks) نعطي في ادنى التفاعلات الكيميائية لتحول العناصر الاساسية في المادة العضوية في اثناء التفسخ البكتيري الهوائي واللاهوائي وكما هو معلوم فان اهم العناصر التي تكون المادة العضوية في الفضلات هي الكاربون C والناتروجين N والكبريت S والفوسفور P .

تفاعلات التفسخ البكتيري الهوائي



تفاعلات التفسخ البكتيري اللاهوائي



يكون غاز الميثان (CH_4) عديم الرائحة وقابل للاشتعال وتكون للأمينات رائحة تشبه رائحة السمك ويكون لغازكبريتيد الهيدروجين H_2S رائحة كريهة وهذه المادة ذات سمية عالية ويكون لمعظم مركبات الفوسفور الناتجة رائحة كريهة غير مقبولة ، اذا

اضفنا الى مصادر الروائح الكريهة المذكورة في اعلاه رواحة كريهة اخرى تسبب من تفسخ الاسماك الميتة والنباتات والاشنات يظهر ان التحول من التفسخ البكتيري الهوائي الى اللاهوائي لا يكون محضاً خاصاً في الاجسام المائية مثل البحيرات .

مع ان طريقة B.O.D للتعبير عن تركيز الملوثات العضوية المستهلكة للأوكسجين تعد جيدة ومحبولة الا انها تتطلب وقتاً طويلاً لإجرائها ولا تكون ذات دقة عالية عند اعادتها (استنساخها) reproducibility الى اكثر من + او - 20 % .

لقد تم تطوير طريقتين مختبريتين للتعبير عن نوعية المياه اما للتعويض عن طريقة قياس B.O.D او لإجرائها مع هذه الطريقة لإعطاء نتائج اكثر شمولية . وهاتان الطريقتان هما :

1- طريقة الاحتياج الكيميائي (C.O.D)

يتم التعويض في هذه الطريقة عن البكتيريا في عملية التأكسد بعامل كيميائي مؤكسدة قوية مثل دايكرومات البوتاسيوم في حامض الكبريتيك حيث يتم التأكسد بصورة سريعة لا تزيد عن ساعتين ، يتم قياس كمية CO_2 الناتجة من التأكسد او قياس كمية دايكرومات البوتاسيوم ($\text{K}_2\text{Cr}_2\text{O}_7$) المستنفدة في التأكسد ويتم ربط هذه القيم مع كمية المادة العضوية الموجودة في الماء . تكون قيم C.O.D عادة اعلى من قيم B.O.D بسبب الاكسدة التامة لجميع المادة العضوية (مذابة او غير مذابة) كما قد تكون البكتيريا (في طريقة B.O.D) عاجزة عن الاكسدة التامة لبعض المركبات العضوية المذابة في حين يتم تأكسدها بصورة تامة في طريقة C.O.D على انه يجب الحذر من التداخلات حين استعمال هذه الطرق حيث من الممكن اكسدة بعض الشوائب اللاعضوية كما ان بعض المواد العضوية تكون مقاومة للتأكسد او التحلل حتى باستعمال طريقة C.O.D .

2- طريقة تحليل الكربون العضوي الكلي (T.O.C)

يتم حرق تام للمادة العضوية في هذه الطريقة في درجات حرارية عالية في المجال 900 – 1000 م وبوجود حفازات (Catalyst) ملائمة .

ولهذا يتحول جميع الكربون في المادة العضوية الى غاز CO_2 التي يتم قياسه بطرق آلية متقدمة وبذلك يتسمى الحصول على قيمة T.O.C في ظرف دقائق قليلة . وقد شاع استخدام اجهزة قياس الـ T.O.C ذاتية التسجيل واصبح استخدامها من الامور الروتينية في مختبرات القياسات النوعية للمياه .



Dr.:

الإجراءات الضرورية لوقاية الماء من التلوث:

وتهدف هذه الإجراءات إلى الإبقاء على الماء في حالة كيميائية وطبيعية وبيولوجية بحيث لا تسبب ضرراً للإنسان والحيوان والنبات وأهمها:

- 1- سرعة معالجة مياه الصرف الصحي قبل وصولها للتربة أو للسطح المائي الأخرى والتي يمكن إعادة استخدامها مرة أخرى في ري الأراضي الزراعية لكن بدون تلوث للتربة والنباتات التي يأكلها الإنسان والحيوان.
- 2- بناء المنشآت اللازمة لمعالجة المياه الصناعية الملوثة قبل صرفها إلى السطح المائي.
- 3- مراقبة السطح المائي المغلقة أو شبه المغلقة كالبحيرات
- 4- حماية فوهات الينابيع من خطر التلوث من خلال بناء حجرة إسمنتية فوق مخرج الماء.
- 5- وضع الموصفات الخاصة التي يجب توفرها في المياه تبعاً للغاية المستخدمة من أجلها أي لا بد من توفر موصفات خاصة لمياه الشرب وأخرى للمياه المستخدمة في السباحة والزراعة.
- 6- الاهتمام الشديد بمياه الأنهر وشبكات الري والصرف والبحيرات والمياه الساحلية ورصد كافة الإمكانيات لحمايتها من التلوث الكيميائي و خاصة المواد الكيميائية والسماء التي تتراكم في أنسجة الكائنات الحية.
- 7- تدعيم و توسيع عمل معامل التحاليل الكيميائية و الحيوية الخاصة بمراقبة تلوث الماء و القيام بتحاليل دورية للمياه للوقوف على نوعيتها.
- 8- التحول من استعمال الفحم إلى استعمال النفط لأن احتراق الفحم يسبب تلوثاً يفوق ما ينجم عن احتراق النفط
- 9- يجب التخلص من النفط العائم بعد حوادث الناقلات بالحرق أو الشفط مع الحد من استخدام المواد الكيماوية تجنبًا لإصابة الأحياء المائية والنباتية .

- 10- إدخال الأجهزة المضادة للتلوث في المصانع الجديدة وفي الدول المتقدمة تفرض الدول على أصحاب السيارات تركيب أجهزة تخفيف التلوث وتنتج المصانع حاليا سيارات ركبت بها مثل هذه الأجهزة.
- 11- دفن النفايات المشعة في بعض الصحاري المحددة لأنها تتسرّب وتهدد سلامة المياه الجوفية .
- 12- فرض احتياطات على نطاق واسع من أجل المحافظة على سلامة المياه الجوفية كمصدر آمن من مصادر مياه الشرب وذلك بمنع الزراعة أو البناء أو قيام أي نشاط صناعي قد يضر بسلامة المياه
- 13- محاولة إعادة تدوير بعض نفايات المصانع بدلاً من إلقائها في المصارف ووصولها إلى المياه الجوفية.
- 14- الحد من تلوث الهواء الذي يساهم في تلوث مياه الأمطار، وتحولها إلى ماء حامضي يثير الكثير من المشاكل المتداخلة.
- 15- والخطوة الجادة الحقيقة هو توافر الوعي البشري الذي يؤمن بضرورة محافظته على المياه من التلوث التي هي إكسير الحياة ... وغيرها من الحلول الأخرى الفعالة.

طرق معالجة المياه الملوثة:

تنوع طرق معالجة التلوث تنوعاً كبيراً وهذه التقنيات تتضمن عمليات تستخدم لمعالجة الصرف الصحي بالإضافة إلى التقنيات الخاصة بكل صناعة وتعتمد خطوات اجراء المعالجة على نوع التلوث المراد إزالتها وعلى درجة الإزالة وكمية المياه الملوثة المراد معالجتها وتركيز الملوثات في الماء الخ

أولاً / طرق معالجة مياه الصرف الصحي:
مياه الصرف الصحي هي مياه تحتوي على شوائب وأحياء مجهرية وعضوية وتنتج نتيجة استهلاك المياه النقية للأغراض المنزلية والصناعية وال العامة. ومياه الصرف

الصحي تعتبر خطراً على الصحة العامة لما تحتويه من أحياe مجهرية وبكتيريا تسبب الأمراض بالإضافة إلى الرائحة التي تصدر من مياه الصرف الصحي .

أنواع الملوثات الموجودة في مياه الصرف الصحي :

1 - الملوثات الفيزيائية :

وهي الملوثات التي يمكن إزالتها بعمليات بسيطة كالترسيب ومن أهمها (الرمال والحصويات الناعمة) وهذه الملوثات لا تسبب عادة بأي أضرار بيئية ويمكن التخلص منها دون اتخاذ إجراءات وقائية هامة .

2- الملوثات الكيميائية:

وهي أحد العناصر الهامة من عناصر التلوث في مياه الصرف الصحي ويصعب التخلص من جزء كبير منها بعمليات معالجة بيولوجية تقليدية . وتضم هذه الملوثات ما يلي :

*** المواد العضوية:**

وهي المواد الناجمة عن فضلات الطعام والصناعات المختلفة ومن أهم هذه المواد : الهيدروكربونات ، الدسم ، الزيوت ، الشحوم ، المبيدات الحشرية ، الفينول ، البروتينات .

*** المواد الغير عضوية:**

مثل المواد القلوية والكلوريدات و المعادن الثقيلة و النتروجين والفوسفور والكبريت.

*** الغازات:**

وتنتج عن بعض التفاعلات البيوكيميائية ومنها كبريتيد الهيدروجين والأمونيا والميثان.

3- الملوثات البيولوجية:

وتعتبر من أهم أنواع الملوثات الموجودة في مياه الصرف الصحي وبعضها يسبب أمراض خطيرة ومن أهم الملوثات البيولوجية :

*** الحيوانات الميتة**

* النباتات

* الجراثيم والديدان

المواد الصلبة الكلية (Total Solids) :

ويقصد بها كافة المواد والشوائب المحمولة بمياه الصرف الصحي سواء كانت رمالاً أو مواد عضوية أو لاعضوية أو جراثيم ... الخ . ويرمز لها عادة (TS) وتنتألف من جزئين :

*** مواد صلبة كليلة معلقة (TSS) :**

وهذا الجزء يحجز فوق ورقة الترشيح عند ترشيح عينة من مياه المجاري وتنتألف عادة من قسم قابل للترسيب المباشر في أحواض الترسيب العادية . وقسم غير قابل للترسيب إلا بإضافة مواد مخثرة .

*** مواد صلبة كليلة راشحة (TFS) :**

وهذه المواد تمر عبر ورقة الترشيح وعادة تكون إما غروية أو ذائبة أو كليهما . ويتتألف أي جزء من المادة الصلبة من نوعين هما جزء عضوي ويطلق على المواد المتطايرة والأخر غير عضوي ويسمى الجزء الغير طيار . وكلما كان الجزء العضوي أكبر من الجزء الغير عضوي كان ذلك دليلاً على شدة تلوث مياه الفضلات وعلى أن مصدر هذه المياه الملوثة هو منزلي على الأغلب وليس مصدره صناعياً

تعريف محطات معالجة مياه الصرف الصحي :

هي كافة المنشآت التي تبني في موقع معين لغاية أكسدة المواد العضوية الموجودة فيها وفصل الشوائب الصلبة عن المياه التي يمكن تصريفها بعده دون ضرر بالصحة العامة أو إعادة استخدامها مرة أخرى بعد القضاء على مختلف الملوثات الجرثومية فيها.

الهدف من محطات المعالجة :

إن الهدف الأهم من معالجة مياه المجاري هو القضاء على العوامل الممرضة التي تضر بالصحة العامة وبشكل عام فإن الهدف من معالجة المياه يشمل :

- 1- حماية المصادر المائية (الجوفية – السطحية) .
- 2- منع انتشار الأمراض .
- 3- حماية الثروة الحيوانية المائية .
- 4- منع الترببات ضمن المسطحات المائية .
- 5- منع الأذى والإزعاج الناجم عن مياه الصرف .

مراحل معالجة مياه المجاري :

تتضمن مياه المجاري بشكل عام إلى مراحل المعالجة الرئيسية التالية :

- 1 - مرحلة المعالجة الابتدائية .
- 2 - مرحلة المعالجة الأولية .
- 3 - مرحلة المعالجة الثانوية (البيولوجية) .
- 4 - مرحلة المعالجة الثلاثية .

اولا / المعالجة الابتدائية :

تهدف هذه الخطوة من مراحل المعالجة بشكل عام إلى إزالة المواد الصلبة الغير عضوية كبيرة الحجم وكذلك الألياف وغيرها من المواد الصلبة من مياه الصرف الصحي كما تهدف هذه المرحلة أيضاً إلى تجانس هذه المياه وخاصة عندما تكون شبكة الصرف مشتركة أو عندما تصب في المحطة من حين إلى آخر كميات كبيرة من مياه المخلفات الصناعية .

أهم مكونات هذه المرحلة :

أ- المصافي: ناعمة أو خشنة وتوضع عند بداية المحطة لحجز المواد الصلبة كبيرة الحجم وإزالتها.

بـ- أجهزة التفتيت: وتستخدم لتفتيت وقطع المواد الصلبة (أحجار) والتي مررت عبر المصافي وتوضع قبل محطات الضخ .

جـ- مرسبات الرمال: وتستخدم لإزالة الرمال والمواد الحصوية الناعمة التي مررت عبر المصافي وبالتالي الإقلال من حجم الرواسب في أحواض الترسيب.

دـ- أحواض التعديل: وتستخدم لتخفيف حدة التغيرات في كمية الجريان أو شدة المياه الوارضة لمحطة المعالجة وذلك للحصول على معدل شبه ثابت للجريان وتركيز شبه ثابت للملوثات الموجودة في المياه الداخلة للمعالجة وهي تستعمل عندما تدعو الحاجة لذلك .

ثانياً المعالجة الأولية:

وتهدف هذه المعالجة إلى تخفيض قيم الملوثات الموجودة في مياه الصرف الصحي وبخاصة التخلص من كل العوالق الصلبة سهلة الترسيب وبالتالي تخفيض تركيز المواد الصلبة المعلقة والتلوث العضوي .

أـ- أهم مكونات هذه المرحلة :

أـ- أحواض التغويم: وتستخدم لإزالة الشحوم والزيوت عند وجودها بنسبة عالية في مياه الصرف الصحي وعلى الأغلب من مصادر صناعية وذلك تجنباً لإعاقة عمليات المعالجة وانتشار الروائح الكريهة .

بـ- أحواض الترسيب الأولية: والهدف منها فصل وإزالة المواد الصلبة الناعمة القابلة للترسيب بشكل كامل والتي تشكل نسبة ملحوظة منها بعض المواد الغير عضوية التي تعتبر عبئاً على مرحلة المعالجة البيولوجية اللاحقة ، كما يؤدي إلى تخفيض تركيز الـ BOD_5 حوالي (35-25) ونسبة إزالة المواد الصلبة المعلقة SS حوالي (50-55) وقد تكون هذه الأحواض دائرية أو مستطيلة .

ثالثاً المعالجة الثانوية(البيولوجية):

تعتبر هذه المرحلة أهم مراحل المعالجة التي يجب تطبيقها على المياه الملوثة في المحطة وتهدف هذه المعالجة إلى أكسدة المواد العضوية المختلفة في مياه المجاري وتحويلها إلى مركبات آبته وكتلة حيوية تتالف معظمها من البكتيريا وبعض الكائنات الدقيقة التي يمكن فصلها عن المياه ومعالجتها على إنفراد وبالتالي الحصول على مياه خالية عملياً من التلوث العضوي . وبشكل عام تتم المعالجة الثانوية في وحدتين رئيسيتين هما أحواض التهوية وأحواض الترسيب الثانوية ولهذه المعالجة البيولوجية أنواع شائعة مثل :

- **الحمأة المنشطة :** وتشمل أنواع مختلفة من أحواض التهوية (تقليدية – التغذية المجزأة – التثبيت بالتماس- المزج الكامل – خنادق الأكسدة) .
- **الأحواض المهواة .**
- **المرشحات البيولوجية .**
- **الأقراص البيولوجية الدوارة .**
- **برك التثبيت :** لها أنواع عديدة منها اللاهوائية والهوائية والإختيارية .

رابعاً / المعالجة الثالثية:

إن المعالجة الثالثية لمياه الصرف الصحي تعتبر كمعالجة إضافية من أجل تحقيق الأمور التالية :

- 1- إزالة المواد العالقة الناعمة وتخفيف BOD في المياه المعالجة النهائية .
- 2- تخفيف تركيز العوامل الممرضة مثل البكتيريا وبقىض الديدان المعيشية بحيث يتم تجنب أي ضرر بالصحة العامة .
- 3- التحكم في تركيز المغذيات (الفوسفور – النتروجين) والمواد الصلبة المنحلة (عضوية وغير عضوية) وإزالتها .

طريقة إزالة المركبات النيتروجينية من المياه:

يتواجد النيترجين في المياه الملوثة إما في شكل أمونيا أو في شكل نترات وتهدف المعالجة إلى إزالتها معاً وتم عملية إزالة الامونيا أو النترات عن طريق اختزال النترات إلى غاز نيتروجين حر. حيث يتحول النشادر (الامونيا) إلى نترات في خزان التهوية حيث يتم اضافة مواد محفزة مثل الكحول الميثيلي إلى المياه وتحت هذه الظروف فإن الكائنات الحية الموجودة في الوسط النشط تستهلك أولاً الأوكسجين المنطلق ثم تحصل بعد ذلك على الأوكسجين من النترات فينطلق على هيئة غاز حر ويفصل بعد ذلك الحمأه ويعاد إلى خزان تهوية المياه في بداية الخط . وقد استخدم علماء آخرون طريقة أخرى لنزع الامونيا بواسطة الهواء بزيادة قيمة pH حتى 10.8 وعندها تتحول الامونيا إلى امونيا غير متأينة (جزئي) يمكن نزعه بتيار هواء خالي من الامونيا وبما أن الامونيا ينحل جيدا في الماء فإنه يستوجب استخدام أحجام كبيرة من الهواء لنزع الامونيا تصل إلى حوالي 3000 ضعف من حجم الماء السائب . وفي كلتا الحالتين لابد من ضبط قيمة رقم حموضة المياه عند التعادل 7 تقريبا وفي الوقت الحاضر يصاحب هذه الطريقة لنزع الامونيا (النشادر) مشكلتان فنيتان ترتبط الأولى بترسيب كربونات الكالسيوم في البرج على هيئة أوحال لينة يمكن إزالتها بتيار مائي قوي أما إذا كانت هذه الرواسب صلبة فلابد من اتباع إجراءات أكثر تعقيداً أما المشكلة الثانية زيادة انطلاق الامونيا في الماء عند انخفاض درجة الحرارة في الخارج وبسبب هذه المشكلة الأخيرة فقد تم التوجه نحو التبادل الأيوني كعملية بديلة لإزالة الامونيوم وتنشط هذه المبادلات بين فترة و أخرى بمعاملتها بمحلول قلوي رخيص الثمن مثل هيدروكسيد الكالسيوم .

طريقة إزالة المركبات الفوسفاتية من المياه:

تم هذه العملية بسهولة نسبية وهي تتضمن إضافة أملاح الحديد أو الكالسيوم في مرحلة مناسبة للمعالجات السابقة. ويضاف أحياناً أوكسيد الكالسيوم في مرحلة الترسيب الأولى

فيترسب الفوسفات مع الوحل على شكل هيدروكسيد الباتيت. وتزيد هذه العملية قيمة pH الوسط إلى حوالي 9.5 وهي قلوية مقبولة يمكن تعديلاً بها بثاني أوكسيد الكربون الناتج عن الأكسدة الحيوية في الأوحال النشطة كما أن إضافة أوكسيد الكالسيوم يوفر القلوية اللازمة لنزع الأمونيا حيث يمرر تيار هوائي مضغوط داخل محلول حتى يخلط جيداً بمقدار عالي من الأوكسجين ولكن من الضروري في هذه الحالة التأكد من تعديل المياه قبل استخدامها أو طرحها في الأنهر.

إدارة المياه العادمة المعالجة:

تستخدم المياه العادمة البلدية المعالجة بالدرجة الأولى لري المناطق الزراعية والمناظر الطبيعية ولتغذية طبقات المياه الجوفية، واستخدامات ترفيهية . كما يمكن إعادة تدوير هذه المياه في الصناعة أو استعمالها للشرب . وفي حال عدم استخدامها تصرف عادة في جسم مائي وتعمل الأنظمة والمبادئ التوجيهية والسياسات البيئية على ضمان الشروط الملائمة لصرف المياه العادمة المعالجة.

استرجاع وإعادة استخدام مياه الصرف:

نتيجة تزايد الطلب على المياه والاستهلاك غير المستدام لموارد المياه الطبيعية يلقى موضوع استرجاع وإعادة استخدام مياه الصرف اهتماماً متزايداً في الآونة الأخيرة . وتعتبر نوعية المياه المسترجعة شأنها أساسياً في تطبيقات إعادة الاستخدام وتحدد تسلسل عملية معالجة المياه العادمة ويصف هذا القسم التطبيقات المختلفة لإعادة استخدام مياه الصرف مع التركيز على نوعية المياه المسترجعة.

١ - الري :

يمكن إعادة استخدام المياه العادمة المعالجة لري المحاصيل والمناظر الطبيعية . وتعتبر نوعية المياه المعالجة وملائمتها لنمو النباتات والأشجار العامل الأساسي في هذا المجال . ولبعض مكونات المياه المعالجة أهمية خاصة في الري الزراعي ومنها التركيزات المرتفعة للاملاح تركيز بعض للمواد المذابة والمواد الكيميائية السامة

والكلور والمعذيات . ومن الاعتبارات البالغة الأهمية أيضاً المخاطر التي ممكّن ان تصيب الصحة والسلامة العامة مثل احتمال وجود مسببات مرضية جرثومية وديدان وكائنات وحيدة الخلية وفيروسات . وتحتّل أهمية هذه العوامل حسب الاستخدام في الري ودرجة التلامس البشري . ومن العوامل المقيدة لاستخدام مياه الصرف المعالجة في الري تسويق المحاصيل وتقبل العامة وتلوّث المياه السطحية والجوفية وارتفاع تكاليف ضخ المياه المسترجعة إلى الأراضي الزراعية

٢- الاستخدام الصناعي:

مياه الصرف المعالجة هي مصدر مثالى للاستخدامات الصناعية لأن العمليات الصناعية ومنها التبريد التبخيري وتغذية المِرجل لا تتطلب مياه فائقة الجودة ولكل استخدام قيود تحد من قابلية تطبيقه فاستخدام مياه الصرف المعالجة في أبراج التبريد مثلاً يسبب مشاكل عدّة منها تكون الصدأ والتآكل والنمو البيولوجي ويسبب استخدام المياه العذبة المشاكل ذاتها ولكن بمعدل تكرار أقلً أما في تغذية المِرجل فيُنبع خفض عسر المياه ونزع المعادن من مياه الصرف المعالجة قبل استخدامها

٣- الاستخدامات الترفيهية:

تستخدم مياه الصرف المعالجة لأغراض ترفيهية تشمل صيانة المناظر الطبيعية والخزانات الجمالية والنواشير وصناعة الثلج وتربية الأسماك وتغذية البحيرات المخصصة للسباحة والصيد والقوارب ويحدّد المستوى المطلوب لمعالجة المياه حسب الاستخدام المطلوب ويُرفع مع درجة التلامس البشري فلا استخدام الترفيهي غير المقيد مثلاً تعالج المياه بالتخثر والترشيح والتطهير و الحصول على عدد بكتيريا الكوليستيرول أقل من ٣ في كل ١٠٠ ملليلتر

٤- تغذية طبقات المياه الجوفية:

تساعد تغذية طبقات المياه الجوفية في المحافظة على مستوياتها وحمايتها من تسرب المياه المالحة كما تكون طريقة لحفظ المياه المسترجعة للاستعمال المستقبلي وتجري

تغذية المياه الجوفية بالنشر السطحي في أحواض أو الحقن المباشر في مجاري المياه الجوفية فطريقة النشر السطحي تستخدم الغمر والتخديد والأراضي الرطبة الاصطناعية وأحواض التسريب وتحسن نوعية مياه الصرف المعالجة كثيراً بسبب ترشيحها من خلا قطاع التربة والمنطقة غير المشبعة ومجمع المياه الجوفية وطريقة الحقن المباشر مكلفة بسبب ارتفاع كلفة معالجة مياه الصرف وكلفة معدات الحقن . ومن أخطار تغذية طبقات المياه الجوفية بمياه معالجة احتمال حدوث التلوث.

5- إعادة الاستخدام لكميات الشرب:

جب توخي الحذر الشديد عند استخدام مياه الصرف المعالجة للشرب بسبب رفض العامة ومخاطر الصحة والسلامة. ومع الأبحاث الشاملة التي أجريت في هذا المجال يواجه هذا الاستخدام عدة قيود ولا سيما في وضع معيار مناسب لنوعية المياه ولذلك يقتصر استخدام مياه الصرف المعالجة للشرب على الحالات القصوى. وفي هذه الحالة لابد من القيام بعده إجراءات قبل السماح باستخدام مياه المعالجة الثالثية المتقدمة وتوزيعها على المنازل وتتلخص هذه الإجراءات فيما يلي:

إزالة الفيروسات والميكروبات الأخرى : مع أن الكلور شائع للتعقيم العام من البكتيريا الضارة فإن إزالة الفيروسات أصعب بكثير ويستخدم لهذا الغرض كميات كبيرة من الفحم النشط حيث يمرر الماء خلال الفحم النشط الحبيبي الناعم وذلك قبل إضافة الكلور الصافي المعقم ويجب ألا تقل فترة التماس بين الماء والكلور عن ساعة مع العلم بأن الإزالة التامة للبكتيريا ممكنة ولكن الأمر ليس كذلك بالنسبة للفيروسات .

إزالة المواد العضوية : يفضل إزالة هذه المواد بأكبر نسبة ممكنة قبل إعادة استعمال المياه واستخدامها للشرب من جديد .

إزالة المكونات غير العضوية : إن إزالة الصوديوم والكلوريد تكون أكثر صعوبة من غيرها وتتطلب إزالة هذه المكونات طرقاً متقدمة لتحليل المياه المالحة (الملوثة) كالتحليل الكهربائي والإحلال العكسي واستخدام المبادلات الأيونية والتقطير الحراري العادي ويحدد العامل الاقتصادي من ناحية التكلفة باختيار هذه الطريقة أو تلك . إن

طريقة الإمتناز على الفحم النشط تعتبر مفيدة لإزالة الطعم والرائحة من المياه المعالجة بالرغم من التكلفة المالية الإضافية ويمكن إعادة تنشيط هذا الكربون بين فترة وأخرى وذلك بتسخينه في معزل عن الهواء حتى درجة 950 درجة مئوية ففي هذه الدرجة يتخلص من الشوائب وتكون كمية الفحم الضائعة صغيرة لا تتجاوز بضعة أجزاء من المائة. ويمكن تعقيم المياه بالأوزون بدلاً من الكلور ذو الطعم غير المستحب.

تحتوي المياه الطبيعية وكذلك المياه المعالجة بغية الإفاداة منها مجدداً على أيونات معدنية عديدة وكذلك عنصري (الحديد والمنجنيز) وبالرغم من أن بعضها ضروري لصحة الإنسان وللحياة اليومية عموماً فإن التركيز العالي لبعض هذه الأيونات والعناصر أو وجودها أحياناً حتى بتركيز صغيرة يكون ضاراً بالصحة ويفصل استخدامها قبل التخلص من هذه الأيونات والعناصر أو خفض تركيزها حتى تصبح مقبولة وتحدد هذه التراكيز المقبولة المنظمات العالمية للصحة أو الهيئات الصحية المحلية. ومن هذه العناصر البورن والكوبالت والنحاس والمنجنيز والموليبيدنعم والنيكل والسيلكون والفاناديوم والحديد وغيرها. وبالرغم من أن وجودها بتركيز ضئيل في العمليات الحيوية المعقّدة فإن وجودها بتركيز عالي يؤدي إلى أخطار شديدة على الحياة ذاتها في الكائن الحي . وقد تحتوي المياه الطبيعية أو المعالجة على آثار من عناصر أخرى مثل الزرنيخ والرصاص والكادميوم والرئيق والسلنيوم والفضة والقصدير وهي مصنفة تحت العناصر السامة التي لا يجوز أن تتجاوز تراكيزها قيماً ضئيلة جداً في مياه الشرب

صرف مياه الصرف المعالجة:

تصريف مياه الصرف المعالجة إذا لم يُعد استخدامها في مواقع برية أو في أجسام مائية والصرف في الأجسام المائية هو الأكثر شيوعاً بسبب الاستفادة من قدرة المياه الطبيعية على التنقية الذاتية ومع ذلك من الضروري إجراء عملية الصرف بطريقة صحيحة كي لا تتأثر البيئة المستقبلة سلباً فالكميات المفرطة من المواد العضوية يمكن أن تسبب

النمو السريع للبكتيريا واستنفاد موارد الأكسجين المذابة في الجسم المائي وتغييرات درجة الحموضة أو تركيزات بعض المجموعات العضوية وغير العضوية يمكن أن تكون سامة لبعض أشكال الحياة . ولذلك ينبغي أن تصمم مخارج التصريف بحيث تضمن تشتت مياه الصرف المعالجة في المياه المستقبلة لمنع التلوث الموضعي وتخالف عوامل مزج وتشتت المياه العادمة حسب خصائص المياه المستقبلة ومنها سرعة التدفق وانعكاس التيار ودوران الرياح وتكون طبقات بسبب الملوحة والحرارة ولا بد منأخذ حرارة وملوحة مياه الصرف المعالجة في الاعتبار . وتصرف مياه الصرف المعالجة عادة في نقطة من مجرى النهر أسفل من نقاط سحب المياه للاستهلاك البشري . ويجب ان يؤخذ في الاعتبار النقاط التالية عند صرف مياه الصرف المعالجة في كافة أشكال الأجسام المائية سواء الأنهر والمجاري والبحيرات والبحار والمحيطات .

- ١- الصرف في الأنهر والمجاري

عند صرف مياه الصرف المعالجة في الأنهر ينبغي تأمين مزج عمودي سريع للمياه على عمق النهر كاملاً وتجنب مشاكل الرغوة ويمكن الحصول على هذا المزج باستخدام ناشرة متعددة الفوهات تمتد على عرض النهر .

٢- الصرف في البحيرات

تتكون في البحيرات طبقات حرارية لأنها أكثر امتداداً وعمقاً من الأنهر ولا تمتزج فيها المياه بدرجة كافية بسبب ضعف التيارات وهكذا تتشكل في عمق البحيرة طبقة باردة ينخفض فيها مستوى الأكسجين المذاب وينبئ تحلل المواد العضوية ولذلك ينبغي تأمين مزج كاف لقادري تشكيل طبقة لا هوائية وفي البحيرات الضحلة تنشر مياه الصرف المعالجة باستخدام تيارات مولدة بالريح لتأمين مزج ملائم .

٣ - الصرف في البحار والمحيطات

تصريف مياه الصرف المعالجة غالباً في المحيطات لأن لها قدرة كبيرة على الاستيعاب وبما أن المياه المعالجة أقل كثافة من مياه البحر تكون لدى صرفها عموداً سريعاً التصاعد يؤدي إلى جلب كميات كبيرة من المياه المحيطة وبالتالي إلى تخفيف المياه العادمة) ويحمل مخرج التصريف المياه المعالجة إلى نقطة بعيدة عن الشاطئ عبر أنبوب مدفون في قاع البحر ويجري الصرف عبر مخرج ذي ثقب واحد أو عدة ثقوب يشبه المخرج النهري.

ثانياً / طرق معالجة مياه الصناعات المختلفة:

المياه الناتجة من الصناعة تختلف في صفاتها وتركيبها باختلاف المصنع لذلك فإنه لمعالجة هذه المياه لا تستعمل الطرق التي تستعمل لمعالجة مياه الصرف الصحي وإنما هناك طرق أخرى أكثر تعقيداً ولابد من معرفة بعض الأمور الهامة الخاصة بنوعية المياه الصناعية مثل :

أ- معرفة الملوثات الموجودة في المياه المراد معالجتها

ب- خواص مياه الصرف وتركيبها

ويمكن تقسيم طرق معالجة المياه الصناعية الملوثة إلى نوعين:

الأولى:

طرق إرجاعية - وهدفها استخلاص المواد الملوثة للمياه الصناعية وتستعمل هذه الطرق في حالة وجود كمية كبيرة من المواد الصلبة المعلقة في المياه الصناعية.

الثانية: طرق تحويلية - وهدفها تغيير شكل ملوثات المياه الصناعية وتحويلها إلى مواد غير ضارة بالمستودع المائي الذي ستصب فيه وتستعمل هذه الطرق في حالة وجود كميات قليلة من المواد الصلبة المعلقة في المياه الصناعية.

أمثلة على المعالجة على مستوى المصنع:

1- معالجة مياه مصانع الالبان و مشتقاته:

تشكل مياه مصانع الالبان خطراً كبيراً على حياة الأسماك و يسبب وجودها تعفناً لمياه المجاري ولكنها غير ضارة للنباتات و يوجد داخل مصنع الالبان و مشتقاته ثلاثة أنواع لمياه الصرف هي:

أ- مياه الصرف الصناعية الملوثة

ب - مياه الصرف الناتجة عن المغاسل و المراحيل

ج - مياه التبريد غير الملوثة

وتبلغ كمية الصرف الملوثة 0.5- 3 مرات من كمية الالبان المعالج ضمن المصنع بينما تبلغ الكمية المستعملة للتبريد 2-4 مرات من كمية الالبان المعالج وتحتوي مياه الصرف الناتجة عن صناعة الالبان ومشتقاته على بعض المواد كالزلال و الجسيمات الدسمة و اللاكتوز وعلى عناصر مغذية للنباتات كالآزوت والفوسفور والبوتاسيوم.

طرق المعالجة :

1- في حالة استخدام مياه الصرف في ري الأراضي الزراعية :

تستخدم المياه الناتجة عن مصانع الحليب ومشتقاته في ري الأراضي الزراعية بشكل مباشر أو بعد إجراء معالجة أولية لها، ولكن لابد من توفر شروط محددة لاستخدامها من أهمها وجود الأراضي الزراعية بجانب المصنع كي لا تزيد فترة تخزين المياه عن 6 ساعات لتجنب حدوث التحولات الكيميائية الحيوية ويفضل مزج مياه المجاري العامة للمصنع مع مخلفات المصنع قبل استخدامها في ري الأراضي الزراعية.

2- التصفية الحيوية بالمرشح البكتيري :

تطبق طريقة المعالجة بواسطة المرشح البكتيري و باستخدام مرشح وحيد للمصنع الصغيرة أو مرشحين يفصل بينهما حوض للترقيد مما يرفع قدرة المحطة على المعالجة.

3- المعالجة باستعمال الحمأة المنشطة :

تتميز مياه الصرف الصحي الناتجة عن مصانع الحليب باحتوائها على مواد سريعة التحلل بالطريقة الحيوية وتشكل كميات كبيرة من الحمأة مما يتطلب إدخال بعض التعديلات على أحواض التهوية

4- التهوية :

تجري عملية التهوية لمياه الصرف خلال فترة زمنية من 5-6 ساعات دون استخدام الحمأة المنشطة و تعطي هذه الطريقة تصفيية جزئية لمياه الصرف

5-طريقة الترشيح باستعمال التربة:

تستعمل هذه الطريقة بشكل محدود في معالجة مياه الصرف الناتجة عن مصانع الحليب لأنها تؤدي إلى انطلاق رواح كريهة جداً وخاصة في فصل الصيف.

2- معالجة المياه الناتجة من صناعة حفظ الخضار و الفواكه:

تعمل مصانع حفظ الخضار و الفواكه خلال فترة محددة من السنة (موسمية) وتطرح نوعين من مياه الصرف:

أ- مياه غسيل الخضار و الفواكه و تكون درجة تلوثها ضعيفة جداً

ب - المياه القادمة من أحواض الطهي و الغلي و تكون درجة تلوثها عالية وتخالف من صناعة إلى أخرى . و تتمتع مياه الصرف باحتوائها على السكريات بتركيز عالي و على الأزوت في مياه الخضار ولكنها تفتقر إلى الفوسفور الكافي لعملية المعالجة الحيوية .

***طريقة المعالجة:**

تجري عملية تصفيية لمياه الصرف باستخدام شبك معدني ذو ثقوب أبعادها 6-0 سم² في بداية المعالجة و يتبع ذلك عملية ترقييد ميكانيكي وقد تضاف أحياناً كواشف كيميائية لإحداث حالة تكتل وزيادة سرعة الترسيب و تعرف هذه المرحلة بالمعالجة الفيزيائية الكيميائية و يمكن إجراء عملية المعالجة الحيوية بعد المعالجة الفيزيائية الكيميائية

حيث يستعمل المرشح البكتيري بشكل عام كما تستعمل أيضاً طريقة المعالجة بواسطة التربة و ذلك بعد مزج مياه الصرف الناتجة عن صناعة حفظ الخضار و الفواكه مع نسبة من المياه النقية أو مياه المجاري العامة بعد إزالة الأجسام الصلبة منها.

3- معالجة المياه الناتجة من مصانع حفظ اللحوم و المسالخ:

تختلف درجة تلوث مياه الصرف الناتجة عن المسالخ باختلاف عدد الحيوانات المذبوحة يومياً وباختلاف طرق التخلص من الفضلات السائلة و الصلبة وتعطي مصانع حفظ اللحوم مياه صرف ناتجة عن المسالخ الموجودة داخل المصنع إضافة إلى المياه الناتجة عن معالجة اللحوم قبل تعليبيها.

طريقة المعالجة:

يجب معالجة مياه الصرف الناتجة عن المسالخ بالغربلة و من ثم الترقييد و التعويم قبل طرحها في شبكة الصرف العامة مما يؤدي إلى خفض درجة تلوثها بمقدار 15% و يتم استرجاع المواد الدسمة و البروتينات من مياه الصرف لاستعمالها في صناعات معينة كالصابون وتعطي مياه الصرف الناتجة عن المسالخ و مصانع حفظ اللحوم نتائج جيدة في المعالجة الحيوية لها غير أن احتوائها على نسبة عالية من المواد الدسمة يؤدي إلى صعوبات في حال استعمال طريقة المرشحات البكتيرية حيث تشكل تلك المواد طبقة على سطح المرشح.

4- معالجة المياه الناتجة من صناعة السكر:

تستخدم طريقة التخمر اللاهوائي لازالة التلوث العضوي من ماء الغسيل و ذلك بجمعها في أحواض كبيرة و تركها طيلة الفترة الفاصلة بين موسمين متتاليين و تعتبر هذه الطريقة اقتصادية . لذا فإنها تستعمل بشكل واسع رغم وجود بعض المساوى لها مثل الرائحة الكريهة الصادرة عن تلك الأحواض. تجري عملية التقطر داخل مصانع السكر للتخلص من دبس السكر و يخرج مع مياه الصرف بشكل مرکز مما يعطيها

درجة عالية من التلوث العضوي و تعالج تلك المياه بواسطة جهاز الطرد المركزي لفصل دبس السكر و استعماله كعلف للحيوانات كما يمكن معالجة تلك المياه بطريقة المرشح البكتيري و يلحق أحياناً بالمرشحات حوض التهوية أو أحواض التخمر اللاهوائي لاتمام عملية المعالجة و للتخلص النهائي من دبس السكر و المواد الكحولية الأخرى .

5- معالجة المياه الناتجة من مصانع الزبدة و السمن و الزيوت:

ت تكون المواد الأولية المستعملة في هذه المصانع من المواد الدهنية الصلبة والزيوت الدسمة الحيوانية أو النباتية وتحوي تلك المواد الحموضة الدسمة الحرّة و المواد الملونة والعطرية وتعامل المواد الأولية بحمض الكبريت بكمية 1,5-1 % للتخلص من المركبات الآزوتية أو بهيدروكسيد الصوديوم للتخلص من الحموضة الدسمة الحرّة ثم تجري عمليات الغسل بالماء أو البخار لتلك المواد من أجل التخلص من حمض الكبريت و المواد الأخرى المستعملة أثناء التصنيع. إذن مياه الصرف تحتوي على مياه حمضية أو قلوية ناتجة عن عملية الغسيل وعلى المياه الناتجة عن تكافث البخار المشبع بالروائح.

طريقة المعالجة:

و تجري عملية المعالجة للمياه الحاوية على المياه الدسمة بشكل منفصل عن بقية مياه الصرف وتزال المواد الدسمة من مياه الصرف بواسطة حوض إزالة الزيوت و المواد الطافية مع استخدام كواشف كيميائية (جير حي - كلور الكالسيوم) وبعد فصل المواد الدسمة تتم معالجتها بالتجفيف ومن ثم حرقها بينما تتبع عملية التصفية للمياه في أحواض الترقييد حيث تبقى المياه لمدة 2-1,5 ساعة و تستعمل تلك المياه فيما بعد في رى المزروعات بعد تعديل قيمة pH الوسط الحمضي و تتمتع تلك المياه بمميزات تفوق تلك الناتجة عن مصانع الحليب بالنسبة لتعذية النباتات. أخيراً نشير إلى إمكانية استخدام الطرق الحيوية لمعالجة مياه الصرف الناتجة عن مصانع الزبدة و السمن والزيوت على شرط أن تزال الزيوت الطافية منها قبل معالجتها.