المحاضرة الخامسة

النفط الخام والمواد النفطية

تتسرب هذه المواد الى المياه من حوادث تصادم ناقلات النفط أو إنفجار آبار النفط تحت الماء ، كذلك في أثناء تفريغ وتحميل وغسل الناقلات في مياه البحر ، كما تتسرب من معامل تكرير النفط وعمليات صناعة عديدة ومن المؤسسات الصناعية المختلفة وقد تشمل هذه المواد :-

أ- الهيدروكاربونات الخفيفة والمذيبات .

ب- الهيدروكاربونات الثقيلة والمواد القيرية التي تنتج من عمليات غسل وصيانة الوحدات والمعدات الصناعية .

ج- دهون التزييت والتشحيم وقطع المعادن .

التغيرات التي تحدث على النفط الخام بعد الإنسكاب على ماء البحر

يكون لون النفط العادي بني مخضر وأحيانا يميل الى السواد ويتكون أكثر من 95% منه من الكربون والهيدروجين ، يعد النفط الخام مزيجا من آلاف المركبات العضوية التي تتدرج من غاز الميثان ذي ذرة الكربون الواحدة (CH_4) ، وغازات أخرى تخرج عند أول فتح البئر النفطي الى المركبات الأسفلتية ذات الأوزان الجزيئية التي تزيد أحيانا على 5000 وهي مركبات صلبة عند فصلها لوحدها من النفط الخام ، تحتوي الخامات العادية على الكازولين بنسب تقرب من 20% ، في حين لاتحتوي النفوط الثقيلة إلاعلى نسبة ضئيلة (ويكون المحتوى أحيانا مساويا للصفر) .

عند إنسكاب النفط الخام على مياه البحر تفقد المكونات الخفيفة وقد تصل نسبة الفقدان الى حدود 20% من الوزن الأصلي للنفط في حين يكون الفقدان في حالة النفط الثقيل أقل من ذلك وتعتمد نسبة الفقدان على درجة الحرارة وعلى سرعة الرياح . إن إنتشار النفط بشكل بقع كبيرة عائمة على سطح الماء يؤدي الى عدة تأثيرات سلبية منها مايأتي:-

1- حجب ضوء الشمس والتأثير على عملية البناء الضوئي خاصة إذا كانت البقعة راكدة نوعا ما بسبب سكون الريح .

2- منع تنافذ الغازات والتأثير على كمية الأوكسجين المذاب .

3- سام عندما تتغذى الأسماك والطيور عليه .

4- الإلتصاق بالأحياء المائية والطيور مما يؤدي الى هلاكها .

5- التأثير على الحياة في قعر المحيط عند نزول النفط الى القعر بفعل زيادة وزنه .

6- التدمير الكبير للسواحل وقتل النباتات المفيدة الموجودة في المياه الضحلة الموجودة بالقرب منها ، إضافة الى تشويه المظهر الجمالي للشواطىء مما يجعلها بيئة طاردة للسياح وبالنتيجة يؤدي ذلك الى خسائر إقتصادية .

أظهرت الدراسات الحديثة وجود تأثيرات كبيرة للهيدروكاربونات المشبعة على الأحياء البحرية الصغيرة بما تسببه لها من ضرر خلوي Cell Damage ، ثم الموت وخاصة في الأدوار الأولى من حياتها ، وتؤثر الهيدروكاربونات الأروماتية أحادية الحلقة على معظم أشكال الحياة ، وتسبب تسمما حتى للإنسان وقد يوجد بعضها بتراكيز غير مقبولة بيئيا في النفط المنسكب ، أما المركبات الأروماتية ثنائية وثلاثية الحلقة مثل النفثالين والفينانثرين فقد ثبتت سميتها العالية على الأسماك ، وتكون السمية مباشرة بالنسبة للأحياء البحرية ، وقد يموت الحيوان المعرض للنفط بعد دقائق أو ساعات من تعرضه .

هناك عدة دراسات حديثة حول التأثيرات بعيدة المدى بالنسبة لتأثير النفط على الحياة المائية ، فعلى سبيل المثال تهاجم الأحياء المائية بعضها بعضا وتفتش عن جنسها الآخر وعن أماكن عيشها ومصادر غذائها بواسطة بعض الكيمياويات ضئيلة التركيز (إشارات كيميائية) موجودة في الماء أو تفرز من قبل الحيوان نفسه ، وهناك دلائل على أن بعض الملوثات النفطية تتداخل مع هذه الإشارات الكيمياوية وتعطي إشارات خاطئة للحيوانات مما يسبب إرباكا في عملياتها الحيوية وفي دورات حياتها، ومن أهم المركبات النفطية التي لها هذا التأثير التداخلي هي المركبات المشبعة والأروماتية ذات الأوزان الجزيئية العالية ، ومن التأثيرات الأخرى بعيدة المدى أن معظم المركبات الهيدروكاربونية الملوثة لغذاء الحيوانات البحرية لاتتغير خلال السلسلة الغذائية ولذلك سوف تتراكم في جسم الحيوان (مثل حالة تراكم بعض مبيدات الحشرات D.D.T)

مثلا ، لذا فإن بعض الأسماك والسرطانات التي تمثل جزءا من غذاء الإنسان ستكون رائحتها غير مقبولة أولا ، وذات إحتمالات سمية له ثانيا .

هناك دلائل أيضا على تأثير آخر بعيد المدى يتمثل في زيادة قابلية الأجسام البحرية على تراكم السموم فيها مثل مبيدات الحشرات ،حيث إن المركبات النفطية التي تدخل أجسامها وتتراكم فيه كما ذكرنا سابقا تكون أي هذه المركبات وسطا جيدا لإمتصاص مبيدات الحشرات وإبقائها في جسم الحيوان بنسب أعلى (تأثير تراكمي) ، وتكون النتيجة أما موت هذه الحيوانات أو أن تكون وسطا جيدا لإنتقال هذه السموم الى الإنسان إن كانت الحيوانات الملوثة جزءا من غذائه .

أ- التغيرات الفيزيائية

إن أهم هذه التغيرات هي فقدان جزء من الوزن بسبب التبخر والذي يعتمد أساسا على مقدار الضغط البخاري للنفط في درجات الحرارة الإعتيادية، كذلك كلما أنتشر النفط بشكل بقع كبيرة ورقيقة كلما زادت سرعة التبخر وكلما كان النفط ثقيلا كلما قل التبخر .

إن أهم الصفات الفيزيائية المتعلقة بتلوث المياه بالنفط الخام المنسكب عليها هو إنتشاره (Spreading) على سطح الماء بشكل بقع كبيرة تجعل من الصعوبة إستعادته أو محاولة غمره تحت الماء ، كذلك يزيد الإنتشار من سهولة إنتقال النفط بواسطة التيارات البحرية والرياح الى السواحل وتلويثها . ينتشر النفط الخام الإعتيادي بسرعة كبيرة على سطح الماء ويكون غشاءا رقيقا سمكه 4×10^5 من الإنج ، أي (0.00004 إنج) وهذا يساوي إنتشار طنيين من النفط على مساحة ميل مربع واحد ، بعد فقدان المكونات الخفيفة يزداد سمك الغشاء النفطي العائم بمقدار ألف ضعف تقريبا وقد يصل الى 4×10^2 من الإنج (0.04 إنج) ، ولقد درست ظاهرة إنتشار النفط الخام على سطح البحر بشيء من التفصيل ، ووجد أن سرعة الإنتشار تتأثر بلزوجة النفط وتركيبه الكيميائي وكثافته ونقطه إنسكابه ، كما أن لسرعة الريح والتيارات البحرية تأثيرا واضحا على زيادة سرعة الإنتشار . بعد إنتشار النفط على سطح الماء يتكون بمرور الزمن مستحلب الماء في النفط وفي هذه الحالة تتعرقل سرعة الإنتشار ويؤدي تكون هذا المستحلب الى زيادة كبيرة في لزوجة النفط وهذا يقلص سرعة الإنتشار بدرجة كبيرة .

من التأثيرات الفيزيائية الأخرى التي تحدث على النفط بعد إنسكابه ذوبان قسم من مكوناته في الماء وإنغمار جزء كبير منه الى القعر ، ويحدث الإنغمار عادة بعد فقدان الأجزاء الطيارة بسبب التبخر وزيادة الكثافة تبعا لذلك ، كما أن تراكم بعض الغبار عليه

من الجو (وخاصة كما يحدث في المناطق الصحراوية مثل منطقة الخليج العربي) ، حيث العواصف الرملية كثيرة الحدوث ، مما يزيد من وزنه ويساعد على إنغماره .

ب – التغيرات الكيميائية :

من أهم التغيرات الأكسدة الحيوية بفعل أوكسجين الهواء وإن التغير الأساس يكون على البرافينات والمواد الأروماتية المعوضة بسلاسل برافينية (ألكيلية) ، قد تحدث تفاعلات ضوئية نتيجة للتعرض الى ضوء الشمس ، وقد وجد أن النفط الليبي الخفيف من حقل (بريكا) الذي يحتوي على كمية قليلة من الكبريت يتأكسد بسرعة عند تعريضه الى ضوء الشمس الساطع ، في حين لايتأكسد بالسرعة نفسها نفط آخر من الكويت الذي يحتوي على نسبة أعلى من الكبريت ، وقد يكون لهذه التغيرات الكيميائية تأثيرات كبيرة على البيئة .

ج – التغيرات البايولوجية :

أهم ما يتضمنه هذا الموضوع هو تأثير بعض الأحياء المجهرية مثل السيدوموناس (*Pseudomonas*) التي توجد في ماء البحر وعلى السواحل والتي تهاجم المكونات الهيدروكاربونية وتؤكسدها وقد تكون ذات فائدة في هذا المضمار لأنها تقضي ولو ببطء ملوحظ على البقع النفطية وخاصة تلك التي تصل الى السواحل . يتطلب تفسخ النفط بهذا النوع من البكتيريا توفر الأوكسجين والنترات بالإضافة الى الماء ويعتمد على درجة حرارة الجو . إن سرعة التفسخ البكتيري للتراكمات النفطية على السواحل بطيئة جدا في درجة حرارة 10م^{o} ولاتمضي عدة شهور قبل تفسخ هذه التراكمات بشكل ملحوظ ، وعندما تتأكسد المواد النفطية سواء بالعوامل الكيميائية أم بالعوامل البايولوجية تتحول الى أخرى قابلة للذوبان أكثر في الماء ، وفي هذه الحالة يتسنى للعوامل الطبيعية أن تستمر في تحطيمها والتخلص التدريجي منها ، هذا إذا لم تكن نواتج التأكسد سامة وتحدث تعقيدات بيئية .

الفضلات المستهلكة للأوكسجين :

لايمكن الإستغناء عن الأوكسجين المذاب في الماء Dissolved Oxgen (DO.)، حتى في حالة إنخفاض تركيزه دون مستوى معين لإدامة الحياة المائية (الحيوانية والنباتية) ، ويتوقف بقاء هذه الأحياء على قابلية الجسم المائي (نهر ، بحيرة ، بحر) لتزويده بتركيز بحد أدنى من الأوكسجين المذاب يكفي لإدامة أشكال الحياة المائية في هذا الجسم المائي . تحتاج الأسماك النسبة العليا من الأوكسجين المذاب تليها اللافقريات المائية ثم البكتيريا والنباتات ، ويجب أن لايقل تركيز الأوكسجين في المياه الدافئة عن 5 ملغم باللتر (5 جزء بالمليون) لإدامة حياة الأسماك ، في حين يجب أن يكون أكثر من ذلك بقليل (6 جزء بالمليون) في المياه الباردة ، كما تعتمد درجة إشباع الماء من الأوكسجين المذاب على درجة حرارة الماء ، عندما يكون تركيز الأوكسجين المذاب في أي جسم مائي أقل من الحد المطلوب لإدامة الحياة فيه يعد هذا الجسم المائي ملوثا ، ومن أهم الأسباب التي تؤدي الى إنخفاض مستويات الأوكسجين المذاب هو إستهلاكه من قبل البكتيريا الهوائية التي تقوم بتفسيخ المواد العضوية المذابة الى عواملها الأولية . قد تصنف بعض المواد اللاعضوية ضمن هذا النوع من الملوثات ، ولكن في الحقيقة أن معظم هذه المواد تكون عضوية مثل الفضلات الغذائية من المنازل وفضلات معامل تعليب المواد الغذائية ، ومعامل الورق والنواتج العرضية ، فضلات معامل الدباغة ، فضلات المياه من المجازر والمزارع ومحلات بيع الخضر والفواكه .

يتضمن التفاعل الكيميائي الرئيسي الذي يتم بمساعدة البكتيريا تفاعل المكون الأساس في هذه الفضلات (أي الكاربون) مع الأوكسجين المذاب .

$$C + O_2 \rightarrow CO_2$$

ويمكن تحليل هذا التفاعل ببساطة في أن 12 غرام من الكاربون يتطلب 32 غرام من الأوكسجين المذاب لتأكسدها بصورة كاملة الى غاز ثاني أوكسيد الكاربون وبصورة تقريبية تكون نسبة الأوكسجين المطلوبة تعادل ثلاثة أضعاف نسبة الكاربون الموجودة في الماء وبعبارة أخرى لو فرضنا أن كمية الأوكسجين المذابة والمشبعة للماء عند مستوى سطح البحر في المنطقة المعتدلة هو حوالي (9) أجزاء بالمليون فإن بإمكانها أكسدة (3) أجزاء بالمليون من الكاربون المذاب تقريبا وبصورة مقربة أكثر الى مفاهيمنا في الإستعمال اليومي للمياه فإن قطرة من الدهن المستعمل في الطعام عند سكبها في الماء تتطلب لأكسدتها كمية من الأوكسجين المذاب اللازمة لتشبيع لتر كامل

من الماء ، ويظهر هذا المثال أهمية وخطورة المسألة البيئية والسرعة الكبيرة في رداءة نوعية المياه عند طرح الفضلات المستهلكة للأوكسجين فيه .

مما تقدم في أعلاه تبرز الحاجة الى إيجاد طريقة لمعرفة كمية الملوثات المستهلكة في أي جسم مائي، يستعمل المقياس في الوقت الحاضر الذي يعرف بالمتطلب الحيوي الأوكسجيني (Biological Oxygen Demand) ويرمز له (B.O.D)

وتكون لقيمة هذا المقياس علاقة بكمية الأوكسجين المذابة المطلوبة لأكسدة الفضلات العضوية في الماء ، يتم تقدير قيمة ال B.O.D لأي نموذج مائي عند حفظه في إناء مغلق لمدة خمسة أيام وعند درجة حرارة 20م° ويتم حساب كمية الأوكسجين المذاب قبل وبعد حفظ النموذج بالطريقة المذكورة أعلاه . لاتتجاوز قيمة ال B.O.D للماء النقي نسبيا حوالي (1) جزء بالمليون ، وتكون النقاوة مقبولة عند قيمة ال B.O.D (3) أجزاء بالمليون وتصل النقاوة حالتها الحرجة عند B.O.D يقرب (5) أجزاء بالمليون .

إذا أخذنا مثالا من الولايات المتحدة الأمريكية فإن الهيئات الصحية في ذلك البلد تعارض طرح المياه الملوثة بالفضلات العضوية من أي مصدر إذا كانت ال B.O.D له تزيد عن 20 جزءا بالمليون ولكن تظهر خطورة المشكلة إذا راجعنا النتائج في الجدول (3-6) المستحصلة من هذا البلد نفسه من المصادر السكنية والصناعية لتلويث المياه بالفضلات العضوية المستهلكة للأوكسجين معبرا عنها بقيم ال B.O.D لها .

جدول (3- 6) قيم المتطلب الحيوي الأوكسجيني (B.O.D) لبعض فضلات المياه السكنية والصناعية .

إسم المصدر	المجال لقيم ال B.O.D (جزء بالمليون)
مياه سكنية غير معالجة (خام)	400 - 100
المياه المنسابة من إصطبلات الحيوانات	10000 - 100
المياه المنسابة من معامل التعليب والصناعات الغذائية .	10000 - 100

وبناءا على ذلك لايمكن طرح الفضلات المائية من المصادر المذكورة في أعلاه بلا معالجة في الأجسام المائية مالم يتم تخفيفها بدرجات كبيرة كي يتسنى للبكتيريا الطبيعية

في المياه أن تقوم بتفسيخها ، وتتفاقم المشكلة كثيرا إذا تم تصريف مثل هذه المياه الى نهر صغير أو بحيرة لايتبدل ماؤها .

يعزى موت الأحياء المائية (الحيوانات والنباتات) مباشرة الى نقصان كمية الأوكسجين المذاب المطلوبة لإدامة الحياة ، هذا بالدرجة الأولى ولكن من ناحية أخرى فإن إختفاء الأوكسجين من الماء يهيء الظروف لنمو نوع آخر من البكتيريا البكتيريا اللاهوائية (Anaerobic bacteria) التي تقوم بتفسيخ المواد العضوية أيضا ولكن بميكانيكية 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) . وهنا نذكر التفاعلات الكيميائية لتحول العناصر الأساسية في المادة العضوية في أثناء التفسخ البكتيري الهوائي واللاهوائي وكما هو معلوم فإن أهم العناصر التي تكون المادة العضوية في الفضلات هي الكاربون والنتروجين والكبريت والفسفور .

ـ تفاعلات التفسخ البكتيري الهوائي:-

$C \rightarrow CO_2$

$N \rightarrow NH_3 + HNO_3$

$S \rightarrow H_2SO_4$

$P \rightarrow H_3PO_4$

ـ تفاعلات التفسخ البكتيري اللاهوائي :-

$C \rightarrow CH_4$

$N \rightarrow NH_3 + amines$

$S \rightarrow H_2S$

$P \rightarrow PH_3$ (Phosphin) + Other phosphoric compounds

يكون غاز الميثان (CH_4) عديم الرائحة وقابل للاشتعال كما وتكون للأمينات رائحة تشبه رائحة السمك وتكون لغاز كبريتيد الهيدروجين (H_2S) رائحة كريهة ، وهذه

المادة ذات سمية عالية . يكون لمعظم مركبات الفسفور الناتجة رائحة كريهة غير مقبولة ، إذا أضفنا الى مصادر الروائح الكريهة المذكورة في أعلاه روائح كريهة أخرى تتسبب من تفسخ الأسماك الميتة والنباتات والإشنات ، يظهر أن التحول من التفسخ البكتيري الهوائي الى اللاهوائي لايكون محبذا خاصة في الأجسام المائية الساكنة مثل البحيرات .

التلوث الحراري للمياه Thermal Pollution of Water

تؤثر التبدلات الكبيرة في درجة الحرارة بشكل ملحوظ على أصناف الحياة المائية وخاصة الحيوانات ذوات الدم البارد التي لا تتمكن من الموازنة السريعة حيث حدوث تغيرات فجائية في درجة حرارة الماء ، كما نلاحظ أن معدل درجة حرارة أي جسم مائي لها علاقة مع نوع الحيوانات والنباتات التي يمكن أن تعيش وتتكاثر في هذا الجسم المائي .

يعرف **التلوث الحراري بأنه رمي الحرارة الزائدة في الأجسام المائية** . تعمل الزيادة في درجة حرارة الجسم المائي بعد تلوثه بالحرارة الى خفض كمية الأوكسجين المذابة في الماء نظرا للتناسب العكسي بين قابلية ذوبان الغازات في الماء ودرجة الحرارة . إن نقصان الأوكسجين المذاب سيؤدي الى أن بعض أشكال الحياة المائية قد تنعدم من الجسم المائي الملوث بالحرارة .

تستعمل محطات توليد الطاقة الكهربائية ومعامل الحديد والصلب ومعامل تكرير النفط والصناعات العديدة الأخرى كميات كبيرة من المياه لأغراض التبريد ، أي أن الحرارة الزائدة فيها تنتقل الى الماء ، ويجب أن نذكر بهذا الخصوص أن محطات توليد الطاقة الكهربائية المسيرة بالوقود النووي تحتاج على الأقل ضعف كمية ماء التبريد التي تحتاجها محطات توليد الطاقة الكهربائية العادية لإنتاج المقدار نفسه من الطاقة الكهربائية ، ولذا فعند بناء المحطات النووية يتوجب إختيار موقعها بالقرب من مجرى مائي كبير كي يقل التأثير البيئي للحرارة الزائدة المطروحة فيه . إن زيادة درجة حرارة الجسم المائي بالإضافة الى أنها تخفض كمية الأوكسجين المذابة ، فإنها تسرع التفاعلات الكيميائية المختلفة ومن أهم هذه التفاعلات تلك التي تستهلك الأوكسجين مثل عمليات الهضم البكتيري للفضلات العضوية الذائبة والعالقة في الماء ، وبعبارة أخرى سوف لايتبقى مايكفي من الأوكسجين المذاب لتنفس الأحياء المائية خاصة المتقدمة منها مثل الأسماك ، وقد أدت فعلا حوادث تلوث المياه بالحرارة الى موت الأسماك بالجملة ، ومن أهم أسباب موتها هو الإختناق بسبب عدم كفاية الأوكسجين لحاجاتها التنفسية .

تم إقتراح العديد من الطرق لمعالجة مسألة التلوث الحراري للمياه وبعض هذه الإقتراحات مطبقة عمليا في الوقت الحاضر مثل إستعمال أبراج تبريد خاصة تزيل معظم الحرارة الزائدة من المياه الصناعية قبل إعادتها الى الجسم المائي الأم الذي أستحصلت منه ، وهناك نوعان من الإعمدة يجرى إستعمالها :-

النوع الأول :- العمود الرطب حيث يمرر الماء الحار من أعلى العمود على قواطع متسلسلة داخل العمود ، ويدخل هواء بارد من أسفل العمود ويغادر من أعلاه بعد أن يكون قد تسخن وقام بسحب معظم الحرارة من الماء .

النوع الثاني :- العمود الجاف وفي هذا العمود تدفع كمية كبيرة من الهواء بواسطة مراوح ضخمة بإتجاه أنابيب حلزونية تحوي الماء الحار فيها ، وتصنع الأنابيب من مادة ملائمة لعملية التبادل الحراري الكفوء .

ومن طرق التبريد الأخرى المستعملة من قبل الصناعة ما يسمى بخزانات التبريد (Cooling ponds) وهي خزانات ضحلة أو بحيرات صناعية صغيرة مصممة عمليا بحيث تناسب سعتها وعمقها مع كمية الماء الحار الداخلة فيها والكمية المعادلة لذلك والخارجة منها الى الجسم المائي الطبيعي وبالدرجة الحرارية المطلوبة . لقد أستعملت بعض هذه البحيرات الدافئة لتربية أنواع معينة من الأسماك وخاصة في المناطق الباردة التي تتجمد فيها المياه في فصل الشتاء على أنه يجب أخذ العديد من الأمور بنظر الإعتبار عند القيام بمشروع من هذا النوع ، خاصة التأكد من عدم تسرب أي من السموم الصناعية في هذه البحيرات . لم تتحقق لحد الآن عملية ناجحة لإعادة إستغلال الحرارة الزائدة في المياه الصناعية للأغراض الصناعية أو تسخين البيوت بسبب الكلفة العالية لنقلها ولعدم إرتفاع درجة حرارتها الى حد يكفي لإعادة إستغلالها ، ولهذا لازالت المشكلة قائمة في كيفية التخلص من الحرارة الزائدة في المياه الصناعية.

التلوث بالمواد العالقة والترسبات

تعد المواد اللاعضوية العالقة في المياه أحدى ملوثات المياه الرئيسة وينتج معظم هذه المواد من عمليات تعرية التربة بالإضافة الى ما تنتجه فعاليات الإنسان خاصة العمليات التعدينية . تجرف التربة بواسطة السيول بعد نزول الأمطار أو ذوبان الثلوج ، ويكون مصير التربة المنجرفة في الأنهار الكبيرة ثم في البحر إلا أن قسما منها يترسب في قيعان الأنهار ، على سواحلها وفي دلتا مصبات الأنهار في البحار.

إن عملية عوامل التربة طبيعية حدثت ولاتزال تحدث ومنذ ملايين السنين وكنتيجة لدورة المياه في الطبيعة ، إلا أن تدخل الإنسان في هذه العملية الطبيعية هو الذي يسبب المشاكل البيئية ، وإن هذا التدخل يتمثل في أنشطة ثلاثة أساسية :-

الأول :- حراثة وزراعة التربة أي جعل سطح التربة هشا قابلا للجرف بمياه السيول . والثاني :- عمليات التعدين السطحي وحفر المناجم وتراكم كميات هائلة من التربة الهشة القابلة للجرف بالمياه بسهولة . والثالث :- عمليات التوسع العمراني وزيادة حجم المدن وشق الطرق وما يتطلبه ذلك من التوسع في الصناعات الإنشائية التي تتطلب الحفريات الكبيرة والمستمرة بحثا عن الحجر الملائم لهذه الصناعات ، وكنتيجة لهذه النشاطات الإنسانية التي (لابد منها) فإن سرعة تعرية التربة قد زادت أكثر من خمسين ضعفا في القرن الحالي عما كانت عليه قبل الثورة التكنلوجية والتضخم السكاني الحالي . عند جرف التربة من قبل السيول ونزولها الى مياه الأنهار أو البحيرات فإنه تبقى بعض أنواع التربة معلقة لفترات طويلة في الماء إعتمادا على الطبيعة الكيميائية لها وعلى حجوم دقائقها وأحيانا على طبيعة المياه نفسها وإحتمال إحتوائها على ملوثات تساعد على تثبيت المحاليل المعلقة . لاتبقى التربة المصنفة من نوع (الرمال) أي أن تركيبها الكيميائي (SiO_2)إلا فترات قصيرة تركد بعدها وتزال من الماء ، أما التربة المصنفة كأطيان (سليكات الألمنيوم) فقد تبقى عدة أشهر معلقة في الماء قبل أن تركد ويبين الجدول (4 – 6) الوقت اللازم لتركيد أنواع مختلفة من الدقائق . إن النتائج المبينة في الجدول أستحصلت في حالة الماء الراكد ، أما عند حدوث تيارات في الماء (مثل حالة المياه الجارية في النهر) فإن الدقائق من نوع الأطيان تبقى عالقة ولاتركد الى ما لانهاية من الوقت .

جدول (4 – 6) سرعة تركيد أنواع من دقائق التربة وحسب حجومها .

نوع الدقائق	قطر الدقيقة (µm)	الوقت اللازم للتركيد بعمق 10 سم في ماء راكد
الأطيان Clay	1 2	1867 دقيقة = 425
الغرين – الطمى Silt	5 10 20	= 68 = 17.5 = 4.3
الرمل Sand	1000	10 ثانية

تعزى الإختلافات في كميات المواد العالقة في المياه بالإضافة الى إسهامات نشاطات الإنسان الى نوع التربة والطبيعة الجيولوجية والجغرافية للمنطقة والى كمية الأمطار ونوع الغطاء النباتي للتربة .

أهم الآثار السلبية لوجود المواد العالقة في المياه هي كما يلي :-

1- التركيد والتراكم في قنوات المياه والموانىء والخزانات مما يستدعي تنظيفها المستمر وإلا فاضت المياه عن الحدود المسحوبة لها .

2 - تؤدي الترسبات الى قتل العديد من أشكال الحياة المائية خاصة الحيوانية منها بسبب ترسبها وتراكمها على مصادر الغذاء لها ، وكذلك على مناطق تكاثرها خاصة الأسماك .

3- تقلل من قابلية إختراق الضوء للماء وبذلك تقلص عملية البناء الضوئي للنباتات المائية وما لذلك من تأثير على توفر الأوكسجين المذاب في الماء والتأثير السلبي لذلك على توازن الحياة المائية .

4 – جعل الماء غير صالح للعديد من الإستعمالات المنزلية والصناعية والإضطرار للقيام بعمليات تصفية مكلفة ، وقد تكون الكلفة عالية عند تهيأة المياه للإستعمالات الصناعية بسبب تأثير الدقائق العالقة الصغيرة على المعادن وغير ذلك.

تلوث المياه بالحوامض المعدنية :

هناك مصادر صناعية عديدة تؤدي الى طرح مياها حامضية الى مصادر المياه الرئيسة أما بطريقة مباشرة أو أن الصناعة تنتج فضلات حامضية صلبة يؤدي غسلها بمياه الأمطار الى سحب الحوامض منها الى الأجسام المائية الطبيعية . أن طرح الأكاسيد الحامضية مثل أكاسيد الكبريت (SO_x) وأكاسيد النتروجين (NO_x) الى الهواء والناتجة من حرق الوقود في المصانع ومحطات توليد الطاقة الكهربائية وكذلك من عدد من العمليات الصناعية يكون مصير معظم هذه الى الأجسام المائية بعد نزولها بشكل مطر حامضي يلوث التربة والنباتات والممتلكات قبل وصوله الى الأجسام المائية ويلوثها .

تؤدي الحفريات المنجمية في العديد من الدول الصناعية خاصة عند إستخراج الفحم الحجري الى كشف كميات كبيرة من مادة كبريتيد الحديد (FeS_2) وقد وجد إن هذه المادة وبوجود نوع خاص من البكتيريا الهوائية تتأكسد في الهواء الى حامض الكبريتيك وكما في المعادلة الآتية :-

$$2FeS_2 + 7O_2 + 2H_2O \rightarrow 2FeSO_4 + 2H_2SO_4$$

عند تلوث المياه الطبيعية بالحوامض فإن هذه المياه تحوي عادة أيونات الكاربونات (CO_3^{2-}) والبيكاربونات (HCO_3^-) ، وبذلك نجد إن الدالة الحامضية (pH) لمعظم المياه الطبيعية تقع في المجال 6.5 الى 8.5 وتعمل هذه الخاصية المنظمة للحامضية (Buffering action) للمياه الطبيعية على مقاومة هذه المياه للتغير في الدالة الحامضية عند إضافة كميات قليلة من حامض أو قاعدة ، ويجب أن نذكر هنا أيضا إن وجود أيونات الكاربونات والبيكاربونات يوفر المصدر الرئيسي للكاربون لعمليات البناء الضوئي في النباتات المائية . إن الخسارة في تركيز هذه الأيونات نتيجة لعملية البناء الضوئي هذه يعوض عنها عادة بإذابة كميات إضافية من غاز CO_2 الموجود في الجو .

يؤدي ضخ كميات كبيرة من حامض قوي مثل (حامض الكبريتيك) الى القضاء على المقاومة (البفرية) للمياه الطبيعية وقد يحدث إنخفاض كبير في قيمة الدالة الحامضية وإن حدث ذلك فقد تحدث تأثيرات سلبية كبيرة على التوازنات في المياه وكما يأتي :-

1- تحطيم الحياة المائية : فعند pH أقل من (4) تموت معظم الفقريات واللافقريات وبعض الأحياء المجهرية التي تعيش في الماء وكذلك تموت معظم أنواع النباتات المائية العليا ولا يتبقى إلا بعض البكتيريا والإشنات . تعد المياه الحامضية المنسابة من تراكمات الحفريات المنجمية لإستخراج الفحم الحجري من أهم أسباب موت الأسماك في الولايات المتحدة الأمريكية .

2- إحداث التآكل عند إستعمال المياه للاغراض الصناعية والمنزلية فعند قيمة للدالة الحامضية أقل من (6) تتآكل أنابيب المياه وأنابيب المجاري في البيوت وتتآكل معظم المعدات الصناعية في المعامل .

3- تلف الحاصلات الزراعية :- تقاوم النباتات عادة زيادة أو نقصان الدالة الحامضية لمياه الري في المجال (4.5 – 9) ، وفي الحقيقة تعزى أسباب المقاومة هذه لإمتلاك

التربة الزراعية لخاصية (بفرية) ضمن هذه الحدود ولكن عند إنخفاض ال pH الى أقل من 4.5 تزداد قابلية ذوبان أملاح المعادن الآتية : الحديد ، الألمنيوم والمغنيسيوم ، وعند زيادة تراكيز هذه الأملاح عن حد معين تصبح سامة للنباتات . إن سبب موت الأسماك وبقية الحياة المائية الحيوانية من جراء تلوث المياه بالحوامض قد تعزى الى التفاعلات المبينة في أدناه والتي تتدخل في توازن CO_2 ، CO_2 ، HCO_3^- الموجودة في المياه الطبيعية ، فعند القيم القليلة للدالة الحامضية أي عند حدوث الحامضية العالية تتحول الكاربونات والبيكاربونات الى غاز CO_2 الذي يذوب في الماء .

$$HCO_3 + H^+ \rightarrow H_2O + CO_2$$

$$CO_3^{2-} + H^+ \rightarrow H_2O + CO_2$$

وهذه الزيادة غير الطبيعية لغاز CO_2 المذاب في الماء تؤدي الى إختناق الأسماك ،لإن التبادل الغازي في خياشيمها يتم بأخذ الأوكسجين المذاب في الماء وطرح أو رمي CO_2 الى الماء، ولكن عند زيادة تركيز CO_2 في الماء فذلك يعرقل إزالة هذا الغاز وإنتشاره من دم الأسماك الى الماء عن طريق الخياشيم ومع مرور الوقت تكون النتيجة موت الأسماك .

خلاصة تأثير التلوث على الموارد المائية :

يؤدي تردي نوعية مياه الموارد المائية الى عدة نتائج أهمها :-

1- تلويث مصادر الموارد المائية وإضافة عبء جديد على محطات معاملة مياه الشرب.

2- تحديد الإستخدامات السياحية والرياضية للمورد .

3- الإساءة الى مظهر المورد وربما يصبح المورد مصدر رائحة كريهة للمناطق المجاورة .

4- التأثير على الأحياء المائية (خاصة الأسماك) .

وتستخدم الموارد المائية حسب تدرج جودة نوعيتها كالآتي :

1- كمصدر لمياه الشرب .

2- كمصدر للمياه الصناعية .

3- لصيد الأسماك (التجاري) .

4- كمصدر لمياه السقي .

5- للإستحمام (الرياضة المائية ..... الخ) .

6- للنقل المائي .

7- لطرح الفضلات (كمصدر مائي مستقبل للفضلات) .

طرق السيطرة على ملوثات المياه :

تؤدي العديد من العمليات والظواهر الطبيعية مثل إنجراف التربة والمواد في أثناء الفيضانات وإنفجارات البراكين وتسرب الغازات والسوائل من باطن الأرض وحرائق الغابات وإنسياب المياه الجوفية في طبقات أرضية متغيرة التركيب وتفسخ المواد العضوية وغير ذلك الى زيادة تراكيز المواد الذائبة والمواد العالقة في المياه وليس للإنسان دخل فيها وليس لديه سبيل فعال للسيطرة على هذه الملوثات الطبيعية . من الناحية الأخرى فإن طرح فضلات المياه الصناعية وفضلات المياه السكنية في الأجسام المائية الطبيعية مثل الأنهار والبحيرات يؤدي الى تراكم الملوثات فيها ويجعل بعضها غير صالح للشرب أو الإستعمالات الحياتية الأخرى ، كما يجعلها غير صالحة للإستعمالات الصناعية وبإمكان الإنسان بل يجب عليه وضع حد لهذا النوع من التلوث الناتج في معظمه من عمليات غير مسؤولة وليس فيها أي إكتراث لما يمكن أن تؤل اليه الحالة ، وكما آلت اليه فعلا في أماكن عديدة من العالم .

إن فعاليات الإنسان والنمو الصناعي والزراعي للتجمعات البشرية يدخل العديد من التأثيرات السلبية التي تنعكس بصورة واضحة على دورة المياه في الطبيعة إبتداءا من مرحلة تبخر المياه من البحر وإنتهاءا بعودتها ثانية محملة بالملوثات المتسببة من نشاطات الإنسان المختلفة ، وقد يكون لعدد من العمليات الطبيعية دور إيجابي في تحسين وضعية عدد من حالات تلوث المياه حيث تسهم في إزالة أو تقليل عدد من الملوثات المضافة من قبل الإنسان إلا أن هذا السلاح الطبيعي ضعيف ويزداد ضعفا مع زيادة النمو الصناعي وزيادة الملوثات التي تطرح بتراكيز عالية في مقومات البيئة الأساسية (الهواء والماء والتربة) .