التلوث بالعناصر الثقيلة

تتضمن هذه المجموعة مواد معدنية سامة لا تسبب الوفاة بصورة سريعة وأنما يكون لها طبيعة التجمع (Accumulation) ضمن فترة زمنية طويلة حيث تتركز في الكبد والكليتين والعظام والشعر فتؤدي الى التسمم المزمن ولذلك تسمى بالعناصر الثقيلة (Heavy Elements) ماعدا بعض من مركبات هذه العناصر ذات السُمية العالية والتي تسبب التسمم الحاد.

العناصر الثقيلة: هي عناصر كيميائية ذات ثقل نوعي (Specific Gravity) عالي حوالي 5 أضعاف الثقل النوعي للماء.

العناصر الثقيلة تشكل في مجموعها كل العناصر والأملاح المعدنية ذات المصادر الطبيعية أو الناتجة من مخلفات الأنشطة الصناعية والبشرية وغيرها، إذ يتم تحويل العناصر إلى أملاح معدنية عن طريق الأكسدة بالأوكسجين، لتترسب في قاع البحر كمعدن الحديد الذي يتحول إلى حديدوز وأملاح النحاس، الفوسفات، الكبريت، والمواد النيتروجينية الأخرى، وتعتبر عناصر الزئبق، الزرنيخ، القصدير، الرصاص، من العناصر السامة إذا وجدت في الماء حيث تزيد سمية البعض منها في الوسط البحري كالألمنيوم الذي يذوب بفعل سقوط الأمطار الحمضية التي تعمل على زيادة حموضة الوسط ثم إذابته في المياه المتواجد بها.

وعلى الرغم من أن كثير من العناصر المعدنية يحتاجها جسم الإنسان والحيوان والنبات والأحياء المجهرية على اختلاف أنواعها خلال مراحل النمو والتكاثر وغير ذلك من الفعاليات الحيوية، فإن هذه المواد تشكل خطرا كبيرا في حالة تواجدها بمستويات أعلى من المستويات التي تحتاجها فعليا، ورغم كون هذه العناصر طبيعية الوجود، إلاّ أن تزايد النشاطات الاقتصادية والزراعية والصناعية ساهم في زيادة حدة تأثيراتها الخطيرة، بعد أن أصبحت حرة في الطبيعة تتعرض إلى تفاعلات كيميائية.

وما يميز هذه العناصر عدم قابليتها للتحلل الكيميائي تحت أي ظرف من الظروف سواء كانت بيولوجية أو كيميائية، لكن تحولها إلى صور كيميائية نتيجة تفاعلها مع مواد موجودة في الوسط الذي تتواجد به يعد ميزة تداخل العناصر مع مؤكسدات الوسط الذي يحدث التلوث بالعناصر الثقيلة ويعد كل من الزئبق، الرصاص، والكادميوم، من أكثر العناصر الثقيلة سمية بالنسبة للإنسان في حالة تأينها، إذ يطلق على التأين الزئبقي بمرض "مينماتا" و الذي يؤدي إلى خلل في الجهاز العصبي وفقدان الذاكرة وتلفا في خلايا المخ، وتعد حادثة مينماتا عام 1959 من أشهر وأشد الدلائل على خطورة التلوث بالعناصر الثقيلة (الزئبق) والتي أدت إلى

موت أكثر من مائتي صياد إثر تناولهم لأسماك ملوثة بالزئبق وإصابتهم بأمراض عصبية وعقلية أدت إلى الوفاة المباشر. إلى جانب معدن الرصاص الذي يسبب الأنيميا وإتلاف النظام العصبي، فيما تنتقل دقائق الرصاص من جو المدن المنبعث من عوادم السيارات إلى مياه البحار عن طريق السحب والتي ترسبها مياه الأمطار، إضافة إلى ما تنفثه محركات البواخر والبوارج مباشرة في المياه البحرية. ونظرا لخطورة هذا التلوث فقد أصدرت هيئة الصحة العالمية عدة توصيات تحرم فيها أكل الأسماك التي يزيد محتواها من الرصاص (Pb) عن 500 جزء من البليون. في حين يعتبر الكادميوم" Cd " كذلك من أكثر العناصر سمية، وتظهر أعراضه بعد مدة قدرها العلماء بسنتين من تراكمه في الجسم، ومن أعراضه اضطراب وظائف الكليتين ولين العظام بسبب اضطراب دور الكالسيوم في الجسم.

كما نجد تلوثا آخر بارز وواسع الإنتشار وهو التلوث بالفوسفور، إذ يعتبر من العناصر الأساسية في بناء الخلايا الحية، يدخل في تكوين الهياكل العصبية والصدفية والأسنان للحيوانات البحرية والبرية كالطيور، إذ يمتص بواسطة النباتات والطحالب على هيئة فوسفات ثم ينتقل عبر السلسلة الغذائية للإنسان، ويؤدي ارتفاع مستواه إلى نمو الطحالب على حساب المرجان وفي مقابله يتراجع نمو العديد من الأحياء الأخرى، وقد تتلاشى تماما خاصة التي تستخدم المرجان كموطن لها حيث يعد الفوسفور أهم عنصر يستخدمه في بناء هيكله الصلب. ويطلق على الفوسفات (السم البلوري) حيث أكدت الدراسات تأثيره على منع تكلس المرجان، الرخويات، الصدفيات، أضف إلى ذلك أثره كمواد ترسيبية، الأمر الذي يزيد من أثر التنافس بين كل من المرجان والطحالب والإسفنجيات على هذه المادة المخربة للوسط البيئي البحري ومواطن الأسماك، فيما تعمل على قتل المرجان أو الحد منه نظرا لنموها فوقه، حيث تدخل البيئة البحرية مع مخلفات مياه الغسيل، ومصانع الفوسفات التي تدر في الهواء ومياه الصرف بالكميات التي تضر بالبيئة البحرية لابد من الحد منها.

وتمثل حوادث إلقاء البراميل المعبئة بالمواد السامة والمياه الثقيلة من أهم وأخطر المسببات للتلوث بالعناصر الثقيلة، بحيث تتآكل تلك البراميل بمرور الوقت أو تتحطم نتيجة لعوامل الأمواج والضغوط وغيرها لتتسرب محتوياتها إلى ماء البحر مسببة التسمم للكائنات البحرية أهمها الأسماك، فيما تنتقل عاجلا أم آجلا إلى الإنسان، خاصة مع طرق الإستغلال المباشر ودون المعاينة الجيدة والعلمية للمستخرجات البحرية.

فيما ظهرت حوادث التلوث بهذه العناصر كثيرة، كانت الأمم المتحدة قد حذرت في تقرير لها في فبراير 2005 من تواجد مخلفات خطيرة أو نووية قد أُلقيت في سواحل الصومال فيما تبعثرت على طول الساحل بعد إعصار " تسونامي" الذي حدث نهاية 2004 فيما ساهم هذا الأخير في فتح البراميل المغلقة والمحتوية على مخلفات صناعية أو كيماوية، كالزئبق والكادميوم ومخلفات اليورانيوم المشع اذ شهدت مجموعة ظواهر غريبة لم تعرفها المنطقة، من تغير لون ورائحة المياه البحرية، ووجود لنوع من الإشعاعات الضوئية المنبعثة في ظلمة الليل. كما تم رصد مخاوف الأفراد وعزوف الكثيرين عن ممارسة أغلب الهوايات والمهن البحرية كالصيد والسباحة والتنزه قرب هذه المياه التي تشوبها شكوك التلوث وتمثل هذه الحادثة واحدة من حوادث التلوث الذي تعتري البيئة البحرية. فيما يوجد ما هو أعظم من ذلك لكن يشكل غياب الدلائل حول التجاوزات التي تقوم بها بعض الدول الصناعية والدول الشاطئية العائق الكبير في رصد كمية الملوثات التي تدخل إلى هذه البيئة كالتلويث بالعناصر المشعة.

الفرق بين التراكم البيولوجي والتضخم الأحيائي

التراكم البيولوجي Bioaccumulation : هو تراكم المواد السامة في الكائنات الحية، يحدث ذلك بمرور الوقت، ويمكن أن تكون هذه المواد العناصر ثقيلة أو مبيدات حشرية أو مواد كيميائية عضوية يدخلون في النظم الحية عن طريق الماء أو الطعام ويحدث التراكم البيولوجي عن طريق السلاسل الغذائية اذ يكون تراكم المواد السامة في المستويات الغذائية المنخفضة أقل مقارنة بالمستويات الغذائية الأعلى. عادة لدى الجسم آليات لإزالة جميع المنتجات غير المرغوب فيها والسامة من الجسم ومن ثم يحدث التراكم الأحيائي عندما يكون معدل التراكم أعلى بكثير من معدل الإزالة كذلك إذا كان عمر المادة أعلى، فإن تأثيرها يزداد أيضًا.

التضخم الأحيائي Biomagnification: هو زيادة تركيز مادة سامة بمرور الوقت عند الانتقال على مستوى منخفض إلى مستوى أعلى في سلسلة غذائية. يجب أن تكون الملوثات طويلة العمر من أجل إحداث تضخم أحيائي، كما يجب أن يكون متحركًا بحيث يدخل بسهولة في النظم البيولوجية عن طريق الطعام أو الماء. إذا لم يكن متحركًا، فقد يبقى داخل كائن حي ولن ينتقل إلى المستوى الغذائي التالي علاوة على ذلك، إذا كانت قابلة للذوبان في الدهون، فإنها تميل إلى البقاء في أجسام الكائنات الحية لفترة أطول.

المعالجة النباتية

نظرا للتنوع في النباتات المائية وانتشارها الواسع في المسطحات المائية وتحملها الجيد للظروف البيئية المتغيرة فقد استخدمت أنواع مختلفة من العائلات النباتية كأدلة حياتية لدراسة تلوث المياه بالعناصر الثقيلة. كما أنها أصبحت ذات استخدام واسع في مجال التنقية الحياتية Biofilteration لقابليتها على إزالة العناصر الثقيلة من الماء وتجميعها في الأنسجة، ويطلق على عملية استخدام النباتات لإزالة الملوثات من التربة والمياه الجوفية والسطحية ومياه الفضلات بالمعالجة النباتية Phytoremediation إذ أن العمليات الحيوية للنبات تساعد على عملية المعالجة التي تسمى باسم المعالجة الخضراء Green Treatment .

إن بعض هذه النباتات تعطي أدلة جيدة للتلوث المائي بالعناصر الثقيلة وذلك لقابليتها على تراكم هذه العناصر في أنسجتها أكثر مما في المحيط المائي. فضلا عن نموها السريع وتكيفها للعيش في بيئات مختلفة وبمتطلبات بيئية بسيطة. كما أن تراكيز العناصر الثقيلة المتراكمة في أجسام النباتات قد تختلف باختلاف الأنواع النباتية وباختلاف العضو النباتي المدروس. وان العناصر في الأنظمة الطبيعية لا تكون مهيأة للامتصاص من النبات بشكل حر وإنما تكون بشكل معقدات ذائبة، وهذا يعتمد على الظروف الكيميائية والفيزيائية للمحيط مما يجعل تأثير ذلك قويا في العمليات المتعلقة بامتصاص ايونات العناصر، إذ أن بعض النباتات تجمع مستويات عالية من العناصر الأساسية وكذلك العناصر غير الأساسية داخل أنسجتها، وذلك من خلال التداخل في نظام نقل الايونات ما بين النوعين من العناصر بواسطة التشابه في الخصائص الكيميائية للمعادن فلا يميز النبات فيما بينها، وهذه النباتات تسمى بعالية التجميع Hyper Accumulator ولها القدرة على سحب العناصر من الوسط بنسب أعلى بكثير من النباتات الأخرى.

وتعد عملية استخدام النباتات في المعالجة تقنية جديدة في إزالة الملوثات بسبب الخواص الجينية والكيميائية والفسلجية لبعض النباتات التي ليس لها تأثيرات ضارة على البيئة على العكس من المواد الكيميائية التي تكون ضارة بالبيئة عند استخدامها في معالجة المياه الملوثة.

ان امتصاص وتراكم العناصر الثقيلة بواسطة النباتات أعطى مفهوما واسعا للمعنى البيولوجي لتركيز دقائق العناصر وتوزيعها في جسم الكائن الحي وبين ان التداخل بين العناصر الذائبة والأسطح البيولوجية مثل جدران الخلية من الممكن ان يؤثر على انتقال وتراكم وسمية هذه العناصر إذ أنها من الممكن أن تدخل إلى الخلية إما عن طريق الانتشار عبر جدران الأغشية وأما عن طريق النقل الفعال للمواد الغذائية.

التلوث النفطي

التلوث بالنفط : هو إطلاق عناصر أو مركبات أو مخاليط غازية أو سائلة أو صلبة مصدرها النفط إلى عناصر البيئة، التي هي الهواء والماء والتربة، مما يسبب تغييراً في وجود هذه العناصر. يؤدي تلوث البحار والمحيطات بالنفط إلى مجموعة كوارث حقيقية في غاية الخطورة فمنها ما يمكن ملاحظته وحصره والسيطرة عليه منذ بداية التلوث وخلال عدة أيام وإلى شهور ومنها لا يمكن حصره والسيطرة عليه لأن أثاره الخطيرة لا تظهر إلا بعد عدة سنوات ولا يمكننا السيطرة عليها .

مصادر التلوث النفطي :

- **مصادر طبيعية:**

تشمل تسربات من باطن الأرض Natural Oil Seeps

- **مصادر صناعية:**

1- قيام بعض ناقلات النفط بتفريغ محتويات صهاريجها من المخلّفات البترولية في مياه البحار، وتنتقل المواد النفطية هذه إلى السواحل، مسببة تلوث البيئة الساحلية ومؤثرة في الأحياء الموجودة في السواحل، ومؤثرة على مياه الشرب، حيث الكثير من الدول تستعمل مياه البحر للشرب بعد تحليتها .

2- غرق الناقلات النفطية المحمَّلة بالنفط أو اصطدامها بالسفن الأخرى.

3- تدفق زيت البترول أثناء عمليات التنقيب عن النفط في المناطق المغمورة، وقد يؤدي ذلك إلى موت عدد لا يحصى من طيور البحر والأسماك والدلافين والكائنات البحرية الكثيرة.

4- وقد يحدث التسرّب بانفجار آبار النفط في البحر أو بأجهزة إنتاج النفط الموجودة في البحر أو على الشواطئ أو حدوث تآكل كيماوي في خطوط أنابيب النفط البحرية.

5- كما إن من أسباب التلوث في البحار إلقاء مخلَّفات الصناعات البترولية في مياه البحار.

أنواع النفط :

تختلف أنواع النفط حسب خصائصها الكيميائية والفيزيائية من حيث (اللزوجة – التطاير – الخطورة السمية... وغيرها) والأنواع هي:

- نفط خفيف جداً Very light Oil (كوقود الطائرات - والبنزين)
- النفط الخفيف Light Oil (كالديزل – الوقود رقم 2 – الخام الخفيف)
- النفط المتوسط Medium Oil (أغلب النفط الخام)
- النفط الثقيل Heavy Oil (الخام الثقيل – الوقود رقم 6)

العمليات التي تتعرض لها البقعة النفطية اثناء سيرها في البيئة المائية

-1 الانتشار (Spreading)

-2 الإنجراف (Drifting)

-3 التبخر (Evaporation)

-4 التفكك - التحلل الطبيعي (Natural Dispersion)

-5 مستحلب- خليط ماء ونفط (Water in Oil Emulsification)

-6 الذوبان (Dissolution)

-7 الأكسدة (Oxidation)

-8 الترسب (Sedimentation)

-9 التحلل البكتيري (Biodegradation)

أسباب حدوث التلوث بالنفط :

هناك العديد من الأسباب التي تؤدي إلى التلوث بالنفط سواء كانت غير متعمدة أو متعمدة ويمكن ذكر الأسباب المؤدية إلى التلوث بالنفط حسب أهميتها وتكرار حدوثها فيما يلي :

- حوادث انفجار وغرق ناقلات النفط .
- انفجار الآبار النفطية البحرية .
- حوادث الخلل في عملتي الشحن والتفريغ .
- مخلفات سفن الشحن والناقلات ومنصات النفط .
- مصانع البتروكيماويات الموجودة على شواطئ البحار .

- التسرب الطبيعي للنفط من قيعان البحار والمحيطات .
- الهجوم على المنشآت النفطية وناقلات النفط اثناء العمليات الحربية .
- النفايات الصناعية ونفايات المدن .
- الاستثمار في عرض البحر سواء في مرحلة التنقيب أو في مرحلة الإنتاج يعتبر مصدراً للتلوث بالنفط عن طريق التسرب كما يحدث التسرب من بعض خطوط الأنابيب التي تحمل النفط إلى شواطئ البحار .

وفيما يلي نذكر بعض الآثار على الكائنات الحية :

أ- آثار التلوث النفطي على العوالق النباتية والطحالب البحرية :

تعتبر العوالق النباتية والطحالب البحرية المصدر الاساسي للسلسلة الغذائية لكافة الكائنات البحرية وتمد الأرض بالجزء الأكبر من الأوكسجين الذي تتنفسه جميع الكائنات الحية حيث تطلق ما يزيد عن 150 مليار كيلو جرام من الاوكسجين سنوياً وأنتشار النفط على سطح الماء يشكل طبقة تمنع التبادل الغازي كما تمنع وصول الضوء الكافي لهذه الكائنات مما يسبب خلل في السلسلة الغذائية ودخول الملوثات النفطية إلى البيئة الخلوية لها مما قد يتسبب في حالات النفوق أو منع الخلايا من الانقسام وقد أجريت بعض الدراسات على عدة أنواع من الهائمات النباتية ووجد أن تركيز النفط الذي يؤدي إلى النفوق يتراوح بين 0.0001 – 1 مل/لتر.

ب- أثار التلوث النفطي على الثروة السمكية وصيد الأسماك :

يؤثر النفط على الغدد التناسلية للأسماك مما يؤدي إلى تأخير وضع البيض وقلته كما يتسبب في تقليل قابلية بعض الأسماك الصغيرة للنمو والحياة ويحتوي النفط على كثير من المركبات العضوية ومن أمثلتها المركبات العطرية مثل النفتالين والفنانثرين والمركبات المحتوية على الكبريت مثل النيوفين وبعض هذه المركبات يسبب الأورام خصوصاً بعض الهيدروكربونات مثل البنزيرين وتتجمع هذه المواد في بعض الأنسجة الحية مثل الانسجة الدهنية وأنسجة الكبد والبنكرياس مما يؤدي حدوث كثير من الاضطرابات في الكائن الحي وقد بينت البحوث أن كثيراً من الأسماك بها بعض الأورام الشاذة كما وجد في بعضها نسبة عالية من مركب البنزبيرين مختزناً في أنسجتها ويؤثر التلوث بالنفط على انخفاض إنتاجية المصائد بسبب انخفاض العمليات الحيوية كالنمو أو عزوف الناس عن شراء الأسماك خوفاً من أخطار التلوث او توقف عمليات الصيد من قبل الصيادين أنفسهم في المناطق الملوثة لان النفط يؤثر على معدات الصيد والشباك والقوارب مما يؤدي إلى إتلافها أو التقليل من فعاليتها .

جـ آثار التلوث النفطي على الطيور المائية :

يكمن الأثر الأساسي للتلوث النفطي على الطيور المائية في وصول النفط إلى الريش والنفط الخام يتميز بأنه غليظ القوام إلى الريش وعند وصوله إلى ريش الطائر يصبح من الصعب إزالته وبالتالي يؤدي إلى ضعف حركته ويعمل النفط على اختراق ثنايا الريش فيؤدي إلى تبلل جسم الطائر وإحساسه بالبرد وفقدان التوازن وقد يغادر الطائر الماء ويتوقف عن الأكل فيزداد بذلك معدل التغيرات الكيميائية في جسمه لكي يعوض النقص في حرارة الجسم خاصة إذا كان الطائر في مياه باردة مستنفذاً بذلك مخزونة من الطاقة بسرعة ويموت كثير من الطيور بسبب التعرض الناتج عن استهلاك الطاقة .

وتتأثر الطيور بدرجة خطيرة عندما تبتلع الزيت أثناء تسويته ريشها بمنقارها وتتفاوت المنتجات النفطية في سميتها كما تتفاوت الطيور في درجة حساسيتها للنفط وقد تبين من الدراسات التجريبية أن الآثار الرئيسية لسمية النفط هي تعطيل الجهاز الذي يمكن الطيور البحرية من إمدادها بالمياه العذبة من المياه الصالحة التي تشربها وإعاقة الامتصاص الغذائي وإحداث النزيف في الجهاز الهضمي وإتلاف الكلى والكبد والبنكرياس.

د- أثار التلوث النفطي على الاقتصاد :

يتسبب التلوث النفطي في شل حركة الملاحة بأنواعها مما يؤثر سلباً على اقتصاد المنطقة كما أن له مخاطر كبيرة على الثروة السمكية مما يؤثر على إنتاجية الدول للأسماك وتعتبر تكاليف المعالجة للتسربات النفطية باهظة الثمن فعلى سبيل المثال أدت حالة التسرب النفطي الناتجة عن حرب العراق والكويت عام 1991م إلى خسائر مادية كبيرة جداً في المنطقة وصلت إلى حوالي 23 مليون درهم وذلك من اجل أجراء البحوث عن تأثير هذه الكارثة على الحياة البحرية فقط . كما أن السيطرة على التلوث النفطي والتخلص منه تستغرق سنوات عديدة وتحتاج إلى إنفاق ملايين الدولارات وكذلك له آثاراً ماليه معقده كالمطالبات بالتعويض والتأمين.

معالجة التلوث النفطي

أولويات عمليات مكافحة التلوث النفطي :

(المحافظة على الأرواح - حماية البيئة - حماية الموارد الاقتصادية والحيوية)

يتم التخلّص من المنطقة الملوثة بالطرق التالية:-

1- استخدام الحواجز المطاطية الطافية (Oil Booms) لتسييج البقعة النفطية للحيلولة دون انتشار النفط. و تغيير الاتجاه للنفط المنسكب (بعيداً عن المناطق الحساسة كالشواطئ).

2- استعمال المواد الماصّة التي تعرقل حركة البقعة النفطية جزئياً مثل الصوف الزجاجي.

3- استعمال طريقة الشفط بواسطة أجهزة خاصة تشفط البقع النفطية مثل المكانس الكهربائية، وبذلك يتمكن من فصل النفط عن الماء.

4- استعمال أجهزة قاشطات الزيت (Oil Skimmers) تقوم بقشط طبقة النفط السميكة الطافية فوق سطح المياه ويتم تجميع النفط المقشوط وسحبه باستخدام المضخّات.

5- المكافحة الكيميائية : وهي عملية رش لبقعة الزيت بمواد كيميائية تسمى المشتات (Dispersants) أو مواد تساعد على توزع جزيئات الزيت المنسكب ومن ثم تحيط هذه المشتات بالزيت وتستقر تحت الماء، وتستخدم لتقليل الأضرار البيئية ويعتمد استخدامها على أماكن معينة وليس دائما، لذلك لابد من أخذ الموافقة من الجهات المختصة (مصلحة الأرصاد وحماية البيئة) لاستخدامها.

6- كما يمكن مكافحة التلوث النفطي بواسطة المعالجة الحيوية (Bioremediation) باستخدام البكتيريا. وقد وجد بعض العلماء أن عدداً من الإحياء الدقيقة المجهرية التي تستطيع تحليل المواد النفطية في الوقت نفسه تستطيع تحويل البُقع النفطية إلى قطرات دقيقة جداً في الماء. كما وجد ان زيادة نسبة المغذيات (Nutrients) النيتروجين والفسفور، وخاصة النيتروجين ضروري لزيادة أعداد البكتيريا للقيام بعملية التحلل.

7- الإحراق بموقع بقعة الزيت : الهدف من احراق الزيت هو إزالة بقعة الزيت من سطح الماء، ويتم ذلك بتجميع بقعة الزيت وإحاطتها بحواجز مقاومة للحريق ومن ثم احراق البقعة في مكانها. وتخضع عملية الإحراق لإجراءات وقائية لتحديد فاعلية استخدامها، وعادة ما تكون هذه العملية أخر حلول المكافحة وبعد موافقة الجهات المختصة متمثلة بمصلحة الأرصاد وحماية البيئة.

8- تنظيف الساحل: تعتبر عملية تنظيف السواحل المتضررة بالزيت من أعقد عمليات المكافحة وأعلاها من ناحية التكاليف نظرا لخصائص الزيت وصعوبة استخلاصه وتنظيف الساحل

منه. وتستخدم في أعمال التنظيف عدة معدات ويعتبر من أعمال المكافحة الميكانيكية ومنها معدات الحفر والتجميع اليدوية، وكذلك المعدات الثقيلة كسيارات الشفط ومضخات الماء والبخار وحاويات تجميع الزيوت ومخلفاتها وغيرها.