الفصل الثالث

مصادر التلوث البيئى

الفصل الثالث

مصادر التلوث البيئى

التلوث بالمعادن

يحتوى الكون على ٩٢ عنصراً طبيعياً - بخلاف العناصر المصنعة بالتفاعلات النووية - تختلف تركيزاتها وكيفية وجودها تبعا لأماكن تواجدها سواء فى التربه الأرضيه أو فى الغلاف الجوى أو فى أجسام الكائنات الحيه أو فى المحتوى المائى من محيطات وأنهار ومياه جوفيه . والعناصر الرئيسية التى تتكون منها القشرة الأرضيه هى الأكسجين والسليكون والألومنيوم والحديد والكالسيوم والصوديوم والبوتاسيوم والماغنسيوم ويتأثر توزيع هذه العناصر سواء فى التربه أو فى المياه الطبيعية فى أجسام الكائنات بكثير من العوامل الطبيعية والكيميائية .

وتتكون خلايا الكائنات الحيه أساسا من ثلاثة مجموعات من العناصر تبعا لنسبة تواجدها فى جسم الكائن ، والمجموعة الأولى هى مجموعة العناصر الرئيسية Major elements وهى الكربون والهيدروجين والنيتروجين والأكسجين وهى تمثل حوالى ٩٦٪ من الكتله الحيه، والمجموعة الثانية هى مجموعة العناصر الثانوية Minor elements وتضم الكالسيوم والكلور والماغنسيوم والفوسفور والبوتاسيوم والصوديوم ونسبتها حوالى ٣٫٦٪. أما النسبه الباقية فهى تضم عددا كبيرا من العناصر حيث يوجد كل عنصر منها بنسبة صغيره جدا وقد سميت بالعناصر النادرة Trace elements وهى تشمل عدد كبير من المعادن.

ومع التطور المذهل فى الطرق المستخدمه فى تعيين تركيز المعادن المختلفة أصبح فى الإمكان تعيين كميات متناهية فى الصغر من مختلف أنواع المعادن حتى أنه قد تم إطلاق تعبير العناصر فائقة الندرة Utratrace elements على العناصر التى توجد بتركيزات أقل من ١٠ ميكروجرام/ كيلو فى الأنسجه الحيه ويمكن تقسيم العناصر النادرة من ناحية تأثيرها البيولوجى على الكائن الحى إلى ثلاثة أقسام :

أ- عناصر أساسية Essential elements

وهى العناصر التى لايمكن الإستغناء عنها ولا إستبدالها بعناصر أخرى لتؤدى نفس الدور الذى تلعبه هذه العناصر. وبدون هذه العناصر الأساسية لاينمو الكائن الحى كما تتوقف العمليات الحيوية التى تتم داخل جسمه مثل التنفس والتخليق الضوئى . ومن أمثلة هذه العناصر بالنسبة للنباتات عناصر النحاس والكوبالت والحديد والزنك، أما بالنسبة للكائنات الحيوانية والإنسان فمنها الكوبالت والكروم والنحاس والفلور والنيكل والسيليكون .

ب- عناصر غير أساسية Non-essential elements

وهى العناصر التى توجد عاده فى أنسجة الكائن الحى وسائل جسمه ولم يثبت حتى الآن أى دليل على أهميتهابالنسبه للعمليات الحيويه التى تتم فى جسم الكائنات الحيه، ومن هذه العناصر بالنسبة للإنسان الليثيوم والجيرمانيوم والاسترانشيوم والروبيديوم والبورون .

جـ- عناصر سامه Toxic elements

وهى العناصر التى يتسبب وجودها فى حدوث أضرار مختلفة للكائن الحى حتى لو وجدت بكميات ضئيلة جدا ومنها الكادميوم والزئبق والرصاص، وبالطبع فإن الضرر الناتج من هذه العناصر يتزايد بزيادة تركيزها فى الجسم ، وعموما فالعناصر النادرة كلها تعتبر سامه إذا زادت نسبتها عن مستويات معينة وتظهر تأثيراتها على الكائن تبعا لنوع العنصر ونسبة هذه الزيادة.

والعناصر تنقسم كما هو معروف إلى لافلزاتNonmetals مثل الكربون والكبريت والفوسفور وكل العناصر الغازية وإلى فلزات أو معادنMetals منها ما هو خفيف ونشط كيميائيا مثل الصوديوم والبوتاسيوم والكالسيوم، ومنها ما هو ثقيل يتعدى وزنه الذرى العدد ١٠٠ أو تتعدى كثافته النوعيه العدد ٥ ، وهى ما يطلق عليه العناصر الثقيله Heavy metals وهى العناصر التى توجد أسفل

الجدول الدورى للعناصر.

وترتبط الخواص الكيميائية للمعادن وكذلك درجة سميتها والمشاكل التى تسببها للبيئة إرتباطا وثيقا بمواقعها فى الجدول الدورى، وترجع خطورة العناصر الثقيلة إلى كونها من العناصر الإنتقاليه Transition elements ولها القدرة على تكوين متراكبات Complexes ثابته مع مجموعة كبيرة من المركبات العضوية وغير العضوية الموجوده فى أجسام الكائنات الحيه. ومع ذلك فبعض العناصر يمكن ضمها للعناصر الثقيله عند الحديث عن أضرارها البيئية مع أن عددها الذرى أقل بكثير من ١٠٠ ، وذلك لتأثيرها الذى يشابه تأثير العناصر الثقيلة مثل الألومنيوم .

كما ترتبط سمية العناصر المعدنية بتركيبها الفيزياكيميائى Physico-chemical structure ، فالمعادن ممكن أن تتواجد فى الطبيعة على صور متعدده مثل الصوره الأيونية المرتبطة بالماء Hydrated ionic species أو فى صورة متراكبات متعدده مع مركبات عضويه أو غير عضويه، وهذه المركبات إما أن تكون قائمة على الإرتباط الإلكتروستاتيكى أو التساهمى أو كلاهما. ويرجع نشاط معظم المعادن إلى سهولة تأينها بفقد عدد معين من الإلكترونات لتتحول إلى أيونات موجبه تحمل شحنة أو أكثر. وغالبا ما يحدث الإتباط بين أيونات المعادن والشقوق الكيميائية المتوفره فى البيئة المحيطه بها مثل تلك التى تحتوى على الأكسجين (OH) أو النيتروجين (NH) أو الكبريت (SH) .

وفيما يلى النسب الوزنية التقريبية للمعادن الموجوده بجسم الإنسان والدور الذى تلعبه فى حياته .

المعدن	الرمز الكيميائي	النسبة الوزنية(٪)	الأهمية الفسيولوجية
الكالسيوم	Ca	١ر٥	بناء الهيكل العظمي وصحة الجهازين العصبي والعضلي
البوتاسيوم	K	٠ر٤	صحة الجهاز العصبي والعضلي
الصوديوم	Na	٠ر٢	صحة الجهاز العصبي والعضلي
الماغنسيوم	Mg	٠ر١	منشط للإنزيمات
الحديد	Fe	٠ر٠١	تركيب الدم وعامل مختزل
المنجنيز	Mn	٠ر٠٠٥	عامل مساعد لنشاط الإنزيمات
النحاس	Cu	٠ر٠٠٥	عامل مساعد لنشاط الإنزيمات
الكوبالت	Co	٠ر٠٠٥	تكوين فيتامين ب ١٢ وصنع الدم
النيكل	Ni	٠ر٠٠٥	مساعد للإنزيمات والهرمونات الجنسية
المولبدنيوم	Mo	٠ر٠٠٥	مساعد لعمل للإنزيمات
الزنك	Zn	٠ر٠٠٣	مكون لكثير من الانزيمات ومساعد على الاخصاب

وفيما يلى سنعرض لكيفية تلوث مكونات البيئة المختلفة بالمعادن ومدى الأضرار التى يسببها هذا النوع من التلوث .

١-تلوث الهواء بالمعادن:

معظم المعادن الملوثة للهواء توجد مرتبطه بجزئيات Particulate صغيره من مواد أخرى، وغالبا ما توجد هذه المعادن على هيئة أيونات ذائبه فى الطبقة المائيه

المتكثفة حول هذه الجزئيات، بإستثناء معدن الزئبق الذى يمكن تواجده فى الغلاف الجوى على الحالة الغازية . وإذا أمكننا رصد تركيز هذه الملوثات المعدنية بدقه فى الغلاف الجوى على مستوى الكره الأرضية، أصبح فى الإمكان رسم خريطة دقيقه لمراكز التجمعات الصناعية فى العالم، ومن الطبيعى أن نجد أن من أكثر المناطق تلوثا المدن الصناعية فى أمريكا الشمالية وأوربا وأجزاء من قارة آسيا .

والتلوث المعدنى من المشاكل المرتبطه بزيادة أنشطة الإنسان الصناعية وتعددها، ومن أهم مصادره صناعة الحديد والصلب وهى تسبب التلوث بالمنجنيز والكروم وصناعة صهر المعادن غير الحديديه Non-ferrous metals التى تسبب التلوث بالزنك والنحاس والكادميوم والزرنيخ ، وصناعة تكرير البترول تسبب التلوث بالفناديوم والنيكل وكذلك فصناعة الأسمنت مرتبطه بتلوث الهواء بعنصر الكالسيوم على هيئة سليكات الكالسيوم. ومن الصناعات الحديثه التى تسبب التلوث بعدد كبير من المعادن الضاره كالألومنيوم والنحاس والزنك والكادميوم والزئبق صناعة الايروسولات بمختلف أنواعها .

بالاضافة إلى ذلك فإن إحتراق الفحم يسبب التلوث بعناصر البريليوم والكوبالت والمولبدنيوم والأنتيمون والسلينيوم ، وكذلك إحتراق المواد البترولية التى تحتوى على إضافات الرصاص مثل رابع ميثيل أو إيثيل الرصاص تسبب تلوث الجو بعنصر الرصاص. وينتج من عمليات الإحتراق أبخره وجزئيات صغيره تتكاثف وتتجمع بأحجام مختلفه، ولكنها بصفة عامه تكون أصغر من الجزئيات الدقيقه الموجوده فى الهواء من مصادر طبيعية. وتختلف ذرات المعادن المختلفه فى طريقة تجمعها، فمثلا جزئيات الرصاص أو الكادميوم تتجمع مع بعضها فى أحجام تتراوح أقطارها بين ٣ر٠ إلى ٨ر٠ ميكرومتر، أما عناصر مثل الكالسيوم والماغنسيوم فتتجمع على جزئيات

كبيره نسبيا من مواد أخرى بقطر يقل عن ٢ ميكرومتر، بينما المنجنيز والنحاس والكروم تتجمع على جزئيات تتراوح أقطارها بين ١-٥ ميكرومتر.

وتعتمد حركة الجزئيات الموجوده فى الهواء على عده عوامل طبيعية تؤثر على إتجاه حركتها والمساحات التى تنتشر فيها، وهذه العوامل تشمل إتجاه الرياح وشدتها وحجم الجزئيات المعدنية ودرجة حرارة الجو ونسبة الرطوبه. ومن المخاطر التى تسببها جزئيات المعادن الدقيقه الموجوده فى الهواء أنها تلعب دورا هاما فى أكسدة غاز ثانى أكسيد الكبريت لتحوله إلى حمض كبريتيك يسقط بعد ذلك ذائبا فى مياه الأمطار مسببا ما يعرف بالأمطار الحمضية . والمعادن التى تساعد على الإسراع فى حدوث هذا التفاعل معادن المنجنيز Mn(II) والحديد Fe(III) والنحاس Cu (II) والكروم Cr (III) والألومنيوم Al(III) والرصاص Pb(II) ، حيث أنها تعمل كعامل مساعد Catalyst لإتمام هذا التفاعل :

$$2\,SO_2 + 2H_2O + O_2 \text{ ---------- } 2\,H_2SO_4$$

وكذلك فبعض المعادن تكون مسئولة عن ظاهرة الضباب الدخانى Photochemical smog مثل الرصاص والكالسيوم والفناديوم والحديد، حيث تتجمع الجزئيات الدقيقه منها ويتكثف عليها بخار الماء لتشكل ستاراً دقيقا من الغيوم يقوم بحجب نسبة كبيره من الضوء .

٢-تلوث المياه بالمعادن:

تسببت زيادة أنشطة الإنسان المختلفة فى زيادة تلوث البيئة المائية بالكثير من المعادن السامة ، سواء كانت هذه البيئة مياه جوفيه أو سطحية كالأنهار والبحيرات والبحار والمحيطات، أى أن جميع أشكال المياه على سطح الأرض قد نالها جزء من

هذا التلوث بطريقة أو بأخرى . والتلوث يحدث إما مباشرة من الهواء الجوى وإما بإلقاء النفايات فى مصادر المياه أو بالإرتشاح من التربه المجاوره لمصدر المياه . ومصادر تلوث المياه عموما ترتبط بتقدم الإنسان وممارسته للأنشطة الصناعية والتجاريه والزراعيه الحديثه، وتشمل هذه الأنشطة الصناعات الكيميائية والمعدنية والبترولية وعمليات التعدين واستخراج الخامات من باطن الأرض وكذلك إحتراق الوقود السائل والفحم. بالإضافة إلى ذلك فوسائل النقل البحرى والنهرى تلعب دورا كبيرا فى زيادة تلوث الأنهار والبحار. أما فى مجال الزراعة فيتسبب الإستخدام المتزايد للمخصبات ومبيدات الآفات الزراعية والحشائش فى تلويث المياه بشكل كبير. ومن المصادر التى تسبب زيادة فى تلوث المياه بالملوثات المعدنية والعضوية مياه الصرف الصحى والزراعى.

والمعادن توجد فى الماء على هيئة ذائبه أو غير ذائبة، فهى توجد على الصوره الأيونية أو على هيئة متراكبات عضويه أو غير عضوية وغالبا ما توجد المعادن فى المياه مرتبطه بالمواد الغروية أو متجمعه على سطح مواد أخرى عضويه أو غير عضويه ونسبة كبيره منها تكون متجمعه على القاع. وتتنوع المركبات العضويه المعدنية Organometallic compounds بداية من أبسطها وهى المتراكبات التى تحتوى على الأحماض الأمينية إلى المتراكبات التى تحتوى على المركبات ذات الأصل النباتى أو الحيوانى أو مايسمى بالمركبات الدبالية Humic compounds. ويمكن ترتيب بعض العناصر الهامه من ناحية قابليتها لتكوين متراكبات عضويه ثابته كالتالى : الزئبق > النحاس > النيكل > الكوبالت > المنجنيز > الكادميوم > الرصاص.

ولاتعتمد درجة تلوث المياه فقط على أنواع المعادن الموجوده بها ولكن على

الشكل الطبيعى والكيميائى الذى توجد عليه والمركبات الكيميائية الأخرى المتواجده معها، وغالبا ما تحدد المجموعات المرتبطه بالعنصر درجة سميه هذا العنصر. وكمثال لذلك فإن عناصر الزئبق والزرنيخ والقصدير والرصاص تعتبر من المعادن السامه إذا وجدت فى الماء. وتزيد هذه السميه عند إرتباطها بمجموعة ألكيل مثل مجموعة الميثيل.

وقد تحدث زياده فى معدل تلوث المياه كنتيجة غير مباشره لنوع آخر من التلوث، فمثلا يزيد معدل ذوبان عنصر الألومنيوم الموجود فى البحيرات نتيجة سقوط الأمطار الحمضية على تلك البحيرات مما يسبب زياده حموضتها وإذابة مركبات الألومنيوم الموجوده بها .

وتلعب الأحياء المائيه الدقيقه كذلك دورا هاما فى تحديد الشكل الذى توجد عليه المعادن فى المحتوى المائى، فبعض المعادن تترسب من المياه بواسطة النشاط البيولوجى لبعض أنواع البكتيريا التى تنتج منتجات كيميائية تتفاعل مع المعادن الذائبة فى الماء أو الموجوده على هيئة رواسب معدنية غير ذائبة . ويتم ذلك عن طريق تكوين كبريتيد الهيدروجين الذى يتفاعل مع المعدن ليرسبه على هيئة ملح الكبريتيد. وتقوم بهذه العملية بعض أنواع البكتيريا المختزله لأيون الكبريتات مثل بكتيريا ديسلفوفبريو Desulfovibrio أو بكتيريا ديسلفوتوماكولوم Desulfotomaculum ، وتنتشر هذه الأنواع من البكتيريا فى البيئات غير الهوائية كمياه المستنقعات والرواسب الطينية فى قيعان المجارى المائية . وتتم عملية إختزال الصور المختلفة للكبريت مثل الكبريتات والكبريت العنصرى إلى كبريتيد مرتبطه مع عمليه أكسده الصور المختزله للكربون مثل المركبات العضويه البسيطة. ويستغل هذا النشاط البكتيرى فى عمليات التخلص من الملوثات المعدنية بيولوجيا

بترسيب المعادن الموجوده فى المياه بفعل البكتيريا ثم إزالتها على هيئة ترسبات وحليه Sludge. ومن المعادن القابله للترسب على هيئة كبريتيد معادن النحاس والرصاص والزنك والحديد والسيلينيوم.

كما أن لبعض الكائنات الحيه الدقيقه غير البكتيريه القدره على ترسيب بعض المعادن على هيئة كبريتيدات، وتتم هذه العملية بغرض التخلص من سميه هذه المعادن، ومن أمثلتها ترسيب الكادميوم بواسطة الكليبسيلا إيروجينيز Klebsiella aerogenes . كما أن بعض المواد التى تنتج عن الكائنات الميكروبيه يمكنها ترسيب عددا من المعادن مثل السيتروباكتر Citrobacter Sp. الذى ينتج أنزيم الفسفته Phosphatase enzyme الذى يستخلص أيون الفوسفات HPO_4^{2-} من المركبات العضوية الفوسفاتية، وهذا الأيون يتحد مع بعض العناصر الثقيله فيرسبها على هيئة فوسفات $MHPO_4$ مثل الرصاص والكادميوم، ويتم هذا الترسب على جدران الخلايا الخارجية. وبعض الكائنات الدقيقه الأخرى تعمل على ترسيب المعادن بفعل ما تنتجه من فوق أكسيد الهيدروجين حيث يترسب المعدن على هيئة أكسيد. كما يتسبب ما تنتجه الفطريات من حمض الأكساليك فى ترسيب بعض المعادن على صورة أكسالات.

كما تعمل الكثير من الأحياء الدقيقه كعامل مساعد فى إتمام بعض التفاعلات المتعلقه بالمعادن ، والتى تستغل فى معالجة المياه الملوثه بالمعادن أو فى استخلاص المعادن التى لها قيمة إقتصادية ، وتشمل تفاعلات الأكسده والإختزال والألكله.

1 – تفاعلات الأكسده: Oxidation reactions

تتم أكسدة أيونات الحديد (Fe^{2+}) والمنجنيز (Mn^{2+}) فى البيئات الطبيعية بواسطة بعض التفاعلات التى تدعمها البكتيريا والفطريات والطحالب والكائنات

الحيوانية وحيدة الخلية Protozoa ، وتتسبب هذه التفاعلات فى إنتاج هيدروكسيد الحديديك $Fe(OH)_3$ وثانى أكسيد المنجنيز MnO_2 . وتقوم بعض أنواع البكتيريا مثل ثيوباسيلس فيروأكسيداز Thiobacillus ferrooxidas بإذابه المعادن من خاماتها مثل النحاس والكادميوم والذهب، وتستخدم هذه الخاصية فى عمليات إستخلاص المعادن .

وتتم عملية الإذابه إما مباشرة بأكسدة المعدن بواسطة الكائن أو عن طريق الأكسدة بواسطة نواتج الأيض التى يفرزها الكائن الحى. وكمثال للتفاعل غير المباشر لأكسدة الحديد الثنائى بواسطة البكتيريا السابق ذكرها:

$$2\ FeS_2 + 7O_2 + 2\ H_2O \text{ ---------- } 2\ FeSO_2 + 2\ H_2\ SO_4$$

$$4\ FeS_4 + O_2 + 2\ H_2SO_4 \text{ ---------- } 2\ Fe.SO_4)_3 + 2\ H_2O$$

ب – تفاعلات الإختزال : Reduction reactions

يتم إختزال المركبات المعدنية بواسطة الكائنات الدقيقة بتقليل الشحنه الموجبه عليها أو بتحرير المعدن من مركباته ليصبح على الصوره المعدنية المفرده. ومن المعادن التى يمكن إختزالها بتأثير الأنشطة البيولوجية الزئبق والحديد والمنجنيز والسيلينيوم والزرنيخ. ويتسبب إختزال مركبات الزئبق فى حدوث مشاكل بيئيه كبيره، حيث يتحول من حالة الأكسدة Hg^{2+} إلى الزئبق المعدنى ليتطاير إلى الجو على هيئة

بخار أثناء التفاعل مسببا تلوث الهواء الجوى بهذا المعدن شديد السميه. وتقوم البكتيريا بهذا التفاعل لإزالة سميه Detoxification معدن الزئبق عن طريق إفراز إنزيم Mercuric reductase .

جـ - تفاعلات الألكه: Alkylation reactions

بعض المعادن مثل القصدير والسيلنيوم والرصاص تتحول إلى مركبات متطايره بعد تحولها إلى صوره الألكيل وهذا التفاعل من تفاعلات إزالة السميه بالنسبه للبكتيريا، وقد يتم داخل الخليه بواسطة مركبات مثل Methylcoblamin أو Tetrahydrofolicacid كما يمكن حدوثها خارج الخلية بواسطة نواتج الأيض كما يحدث فى حالة الطحالب البحريه والبكتيريا عند إفرازها لمركبات Halomethanes أو Haloaromatic compounds .

ومن العناصر الهامة التى تزيد سميتها للإنسان بعد حدوث عملية الألكه عنصر الزئبق الذى يتحول الى مركب ثنائى ميثيل الزئبقيك $Hg(CH_3)_2$ ، وقد تم دراسة هذا التفاعل بإستفاضه نتيجة ما يسببه من أضرار خطيره للإنسان . وتعتبر عمليه الألكله عموما من المشاكل الكبيره التى تظهر عند معالجة مياه الصرف .

٢-تلوث التربه بالمعادن:

تعتبر التربة عاملا مهما من عوامل تكوين البيئة ، حيث أنها تقوم بتثبيت جذور النباتات والأشجار وهى مصدر الغذاء بالنسبه لها لإحتوائها على الماء والأملاح المعدنية والبكتيريا اللازمة لحياة النبات .

وتقوم التربه بتحليل الكائنات النباتيه والحيوانيه بعد موتها إلى عناصر أوليه بسيطه تمكنها من العوده مره أخرى إلى دورتها فى الطبيعة، أى أن التربه تلعب دورا

أساسيا فى إتمام الدورات الطبيعية للعناصر. وتتشكل التربه نتيجة عده عوامل طبيعيه أهمها التعريه الجويه Weathering حيث يؤدى التجمد والأنصهار المتكرر للماء فى بعض المناطق وإختلاف درجات الحراره إلى تشقق الصخور وتفككها، وكذلك عمليات الحت Erosion عن طريق تيارات المياه والسيول أو عن طريق التحلل الكيميائى للخامات المعدنية حيث تختلط هذه المواد مع ماء التربه لتتخلل حبيبات التربه مسببه تفكك هيكلها الأساسى . وأخيراً يأتى عامل الترسيب Sedimintation ويتم عن طريق الرياح حيث تحمل جزئيات التربه المفككة وتنقلها من مكان لآخر .

ويمكن تقسيم التربه من حيث نوعيتها إلى أربعة أقسام رئيسيه هى الرمل والطين والغرين والدبال.

أ - الرمل **Sand** : أهم مكونات طبقة الرمل هى السيليكا (SiO_2) وحبيباته كبيره نسبيا تسمح بنفاذية عاليه للماء وتهوية جيده للتربه. والتربه الرملية لاتحتوى على الكثير من المعادن لإرتفاع نفاذيتها.

ب - الطين **Clay** : يتكون من التعريه الجويه للصخور الجرانيتيه ويحتوى على عده معادن، وطبقه الطين طبقه متماسكه إلى حد كبير وتستطيع الإحتفاظ بكميات كبيره من الماء .

جـ - الغرين **Silt** : تتكون من أنواع مختلفه من الصخور المطموره فى التربه وتترسب بواسطة الرياح ومياه الأمطار ، وحجم حبيباتها متوسطه بين الرمل والطين، ولكن منطقة الغرين أقل صلابه من الطين ويمكنها الاحتفاظ بالمعادن والماء ولذلك فهى من أغنى الطبقات كمصدر غذائى للنبات.

د – الدبال Humus : وهى المنطقة التى تحتوى على المواد العضويه فى التربه من بقايا الكائنات وفضلاتها بعد تحللها جزئيا. وأهمية هذه الطبقة بالنسبة للنبات هى الحفاظ على الفراغات الهوائية فى التربه الطينية ممايقلل من صلابتها ويمكن جذور النباتات من النمو خلالها بسهولة، وبسبب هذه الفراغات يمكن للتربه الرملية الاحتفاظ بكمية أكبر من الماء .

وتوجد العناصر المعدنية فى التربه إما على هيئة أملاح بسيطه ذائبه مثل الصوديوم والبوتاسيوم والروبيديوم أو على هيئة سليكات الألومنيوم مثل الليثيوم والبريليوم والسيزيوم أو كربونات أو كبريتات غير قابله للذوبان فى الماء كالباريوم والماغنسيوم والكالسيوم والاسترنشيوم أو على هيئة أوكسيدات مثل أكاسيد المنجنيز والكروم والفانديوم والتيتانيوم والحديد والألومنيوم والسكانديوم أو كبريتيدات مثل عدد كبير من المعادن منها الزنك والمولبدنيوم والنيكل والكوبالت والنحاس والزئبق والرصاص أو على هيئة هيدروكسيدات مثل الحديد والمنجنيز.

ويحدث تلوث التربه بالمعادن بمعدل أقل من تلوث الهواء والماء وتبقى العناصر الملوثه بها لفتره طويله حيث يصعب التخلص منها. والسبب الأساسى فى تلوث التربه يرجع لممارسات الإنسان فى الكثير من مجالات الحياة .فالتلوث السطحى يتركز بالقرب من المناطق الصناعية التى من أهمها عمليات التعدين وصهر المعادن وكذلك على جوانب طرق مرور السيارات . ومن العناصر شديدة السميه التى يمكن أن تصيب التربه عناصر الكادميوم والرصاص والزرنيخ نتيجة وجودها فى بعض أنواع أسمدة السوبر فوسفات. أما مياه الصرف فتسبب تراكم عدة عناصر مثل الكروم والنحاس والنيكل والزنك والزئبق .

ونتيجة وجود مواد لها القدره على إحداث تبادل كاتيونى Cationic

exchange ومركبات قادرة على تكوين متراكبات ، تبقى الموادالمعدنية محتجزه ومرتبطه بالمنطقة العليا من التربه وطبقة الدبال . وينشأ عن التلوث السطحى بالمعادن تعطيل دور هذه المنطقه من التربه فى تحلل الكائنات النباتية الميته الموجوده بها. كما يتسبب تلوث مناطق الغابات بالملوثات المعدنية فى القضاء على أعداد كبيره من الكائنات اللافقاريه مثل ديدان الأرض Earthworms ، ومتساويات الأرجل Isopods ، والديدان الفيه الأرجل Millipedes والتى تساعد على تخلخل التربه وتهويتها بتفتيت الطبقة السطحية منها ليسهل عمل الكائنات الدقيقه فى زيادة تفتيت الأرض، معايتسبب فى قلة خصوبة التربة.

٤-تلوث النباتات بالمعادن:

للنباتات القدره على تجميع العناصر المختلفه من التربة وبخاصه العناصر الثقيلة ، وبذلك تصبح مصدرا غير مباشر لنقل تلك العناصر للحيوانات والإنسان . ومن الطبيعى أن تكون الجذور هى الممر الرئيسى لدخول العناصر المكونه لبقية أجزاء النبات، ولكن فى المناطق القريبه من مصادر التلوث الصناعى حيث يزيد معدل تلوث الهواء بدقائق المعادن تصبح الأوراق من منافذ إصابه النبات بهذا النوع من التلوث ، كما يظهر هذا التلوث بوضوح على أسطح النباتات الخشنه التى تحتوى على شعيرات دقيقه . ويعتمد مدى تلوث النبات على عده عوامل متداخله مثل مدى اصابه التربه بالتلوث والشكل الكيميائى الذى يوجد عليه المعدن أو المعادن وكذلك درجة حموضة التربه والرطوبة ودرجة الحرارة والمحتوى العضوى بالتربة ونسبة الفوسفات فيها ونوعية العناصر الأخرى الموجوده فى التربه. أما بالنسبة للنبات فيؤخذ فى الإعتبار نوعية النبات وشكل الأجزاء التى يتكون منها وعمق الجذور وكذلك عمر النبات والتأثير الموسمى على طريقة إغتذائه.

ويتأثر النبات تأثرا سلبيا بإمتصاصه لهذه العناصر السامه فتقل نضارته وقدرته على الاثمار وتقل قدرته على التنفس الضوئى Photorespiration نتيجة سقوط الدقائق المعدنية على أوراق. كما يظهر هذا التأثير على العمليات الحيويه التى تتم داخل أنسجته كالتمثيل الضوئى Photosynthesis وتثبيت النيتروجين . وتختلف النباتات فى شدة تحملها للتلوث بالمعادن الثقيله، فكلما زاد تحمل النبات للتلوث كلما زادت كميه السموم التى تحتويها أنسجته والتى تكون غالبا مركزه فى منطقة الجنور .

وكما تتأثر النباتات الراقيه بالتلوث المعدنى يظهر هذا التأثير أيضا على التجمعات البكتيريه والفطريه حيث يؤثر فى قدرتها على التكسير الحيوى للمواد العضويه، كما يؤثر على الوظائف الفسيولوجية لهذه الكائنات كالتنفس وإنتقال النيتروجين ومعدل إنتاج الإنزيمات. ولايتأثر العدد الكلى لهذه الكائنات إلا عند حدوث تلوث بنسبه كبيره تصل إلى ١٪ من وزن التربه الجافه بعناصر معينه هى النحاس والزنك والرصاص. وتعتبر الفطريات بصفه عامه أكثر حساسيه للملوثات المعدنية مقارنه بالبكتيريا.

٥- تلوث أجسام الحيوانات والأنسان بالمعادن:

تم عن طريق الكثير من الدراسات الفسيولوجية إثبات أهمية بعض العناصر ودورها فى إتمام الكثير من العمليات الحيوية الهامه التى تحدث فى جسم الإنسان والحيوان، وكمثال لهذه العناصر الكوبالت والنيكل والنحاس والكروم والمنجنيز والمولبدنيوم والفناديوم وغيرها. ولكن الكميات التى يحتاجها الجسم من هذه المعادن ضئيلة جدا يحصل عليها الإنسان من خلال غذائه، فإذا زادت سببت الكثير من المشاكل والأمراض للإنسان وللدلالة على ذلك فإن عنصر الحديد إذا قلت

كميته تسبب فى حدوث الأنيميا ولكن زيادته تسبب تليف الكبد ، أما نقص الزنك فيسبب نقص فى معدل النمو وفقدان الشهيه وزيادته تسبب الأنيميا ، وكذلك عنصر الفناديوم يسبب نقصانه قلة تكون كرات الدم الحمراء ونقص فى نمو الأسنان والعظام وزيادته تسبب عدة مشاكل صحيه منها إرتفاع ضغط الدم. وكذلك بقية العناصر تسبب زيادتها للجسم مشاكل خطيره مثل تشوه المواليد وأمراض السرطان ومرض الزهايمر.

ومما يزيد من الأضرار التى تسببها الملوثات المعدنية تأثيرها المباشر على صحة الإنسان، فالجزئيات الكبيره نسبيا منها (قطرها حوالى ١٠ ميكرومتر) تسبب تهيج العينين والجهاز التنفسى العلوى حيث تترسب فى منطقتى الأنف والبلعوم ، بينما الجزئيات الصغيره (أقل من ٥ ميكرومتر) فلها القدره على إختراق الشعب الهوائية مسببه التهاب الشعب ومرض الربو. وكذلك فبعض العناصر تعتبر شديده السمية للإنسان والحيوان مثل الرصاص والكادميوم والكروم والزرنيخ والزئبق ، وترتبط درجة سميه المعدن بموقعه فى الجدول الدورى فتقل بإزدياد ثبات التركيب الإلكترونى للذره. ويمكن المقارنه بين بعض العناصر من ناحية سميتها، فمجموعة منها يزيد تأثيرها السام بزياده عددها الذرى كالتالى :

الماغنسيوم < الكالسيوم < الاسترنشيوم < الباريوم .

ومجموعة أخرى تزداد سميتها بزياده الإيجابيه الكهربيه لها Electropositivity كالتالى :

الزنك < الكادميوم < الزئبق .

ويمكن إرجاع سمية بعض المعادن إلى قدرتها على التفاعل مع بعض

المجموعات المرتبطة بمراكز النشاط فى الإنزيمات مثل مجموعتى الأمينو Amino والسلفيدريل Sulphydryl . وعموما فإن سمية المعادن تعتمد إلى حد كبير على التركيب الجزيئى لمركباتها، فمثلا عنصر السيلنيوم Se يوجد على أكثر من صوره كيميائيه وهى السيلينيد Selenide (Se^{2-}) والسيلينيت Selenite (SeO_3^{2-}) والسيلينات Selenate (SeO_4^{2-}) ، والصوره الأخيره هى الأكثر سميه لأنها تتشابه فى التركيب مع أيونات الكبريتات (SO_4^{2-}) وذلك يمكنها من أن تحل محلها فى التفاعلات البيولوجية وبالتالى يحل عنصر السيلينيوم محل عنصر الكبريت فى عمليات الأيض مما يؤدى إلى إختلال هذه التفاعلات. وترجع كذلك سمية بعض المعادن وخصوصا الغير أساسيه للإنسان إلى قدرتها على التجمع الخلوى بإختراقها لجدران الخلايا الحيه. وبعض المعادن مثل الرصاص والنحاس يقل ضررها بوجود مواد قابله للتفاعل معها لتكوين متراكبات توقف التأثير السام لهذه المعادن، ولكن قد يحدث العكس فى حالة تكون متراكبات محبه للبيدات Lipophilic مما يسبب زيادة معدل اختراقها للخلايا الحيه والتجمع فيها. ومن الصور الكيميائية التى تزيد معها سميه معظم المعادن صوره الكيل المعدنى Metal alkyl بإستثناء عنصرى السيلينيوم والزرنيخ فسميتها فى الصوره الغير عضويه تكون أكبر نتيجة طبيعية تأثيرها الفسيولوجى المختلف عن باقى المعادن .

يجب الانتباه إلى خاصيه هامه تميز المعادن عند الحديث عن مشكلة التلوث بها وهى عدم قابليتها للتحلل الكيميائى تحت أى ظروف سواء كانت بيولوجية أو كيميائيه، بعكس المركبات العضوية التى تتفاوت مقاومتها للتكسر الحيوى فى البيئة ولكنها فى النهاية تعتبر من المواد القابله للتحلل بفعل عوامل البيئة. أما المعادن فهى تتحول من صوره كيميائيه لأخرى كنتيجة للتفاعل مع المواد الموجوده بالوسط الذى توجد فيه ،

وهذا مما يزيد من أبعاد مشكلة التلوث بالمعادن وبخاصه عند وجودها فى أجسام الكائنات الحيه.

وسنعرض لثلاثة من أكثر العناصر الثقيله سميه بالنسبة للإنسان وهى الزئبق والرصاص والكادميوم مع ان هذه العناصر غير سامه فى الحاله المعدنية إلا أنها تعتبر سامه عندما تكون على هيئة أيونيه بسبب ارتباطها بسلاسل كربونيه عضويه قصيره. وتأتى هذه السميه من قابليتها الشديده للأرتباط بذرة الكبريت المكونه لمجموعات السلفيدريل Sulphydryl (SH) التى تعتبر من المراكز النشطه فى الانزيمات التى تتحكم فى سرعة التفاعلات الأيضيه الهامه فى الجسم. وينتج من ارتباط المعدن السام بهذه الإنزيمات تفاعلات جانبيه تؤثر على المسار الطبيعى لنشاط الانزيمات وتعطل عملها، يتضح من التفاعل الاتى :

$$2\ R\text{-}S\text{-}H + M^{2+} \text{ ---------- } R\text{-}S\text{-}M\text{-}S\text{-}R + 2\ H^{+}$$

يمثل الرمز RSH تركيب الإنزيم وتمثل مجموعة SH الجزء النشط منه.

وكعلاج طبى للتسمم بهذه المعادن يمكن للشخص المصاب تناول مركب كيميائى آخر له قدره أكبر على إجتذاب المعدن السام والتفاعل معه مثل المركب المعروف إختصارا بالرمز (BAL) أو British Anti-Lewisite أو بإستعمال ملح الكالسيوم لمركب الإدتا Ethylenediamine tetraacetic acid (EDTA) وهو من المركبات التى لها قابلية قوية للاتحاد بالعناصر ثنائية وثلاثية التكافؤ .

١- الزئبق Mercury

يعتبر الزئبق (Hg) من أكثر المعادن الثقيله سميه ، ويظهر تأثيره على خلايا المخ والعصب الشوكى وأعراض التسمم به : إضطراب عصبى وفقدان الذاكرة وفقدان الثقه بالنفس، كما يمكن للزئبق إختراق الأنسجة الواقيه للجنين فى بطن الأم وإحداث تلف فى خلايا مخه . ويعتبر الزئبق أكثر سميه فى صورته العضويه ألكيل الزئبق $HgCH_3$ ويطلق على التسمم بعنصر الزئبق مرض "مياناتا" نسبة إلى نهر مياناتا فى اليابان الذى تلوث إلى حد كبير بمخلفات صناعة البلاستيك وصناعات أخرى يستخدم فيها الزئبق كمنشط للتفاعل ، وحدثت أعراض هذا التسمم بعد تناول سكان تلك المنطقة للأسماك التى تراكم الزئبق فى خلاياها مع الوقت. وتبدأ دوره الزئبق عند وصوله إلى مصادر المياه الطبيعيه على الصوره الغير عضويه ثم تحوله بواسطه الأحياء المائية الدقيقه لصوره الألكيل التى لها قدره كبيره على إختراق الخلايا الحيه النباتيه والحيوانيه والذوبان فيها مثل الطحالب والأحياء المائيه والأسماك . كما ينتقل هذا التلوث إلى الدواجن التى تتغذى على مساحيق الأسماك ، ويكون المقر النهائى لهذا التلوث هو الإنسان. وتعتبر صناعات البلاستيك والصودا الكاويه والأسمده من أهم الصناعات التى تسبب التلوث بالزئبق .

٢- الرصاص Lead

تنتشر المصادر المسببه للتلوث بعنصر الرصاص (Pb) إنتشاراً كبيرا حيث ينتج من مداخن المصانع ومن عدة صناعات مثل البطاريات الجافه وصقل الخزف كما يستعمل بكثره فى لحام العلب المعدنية التى تستخدم فى حفظ الأطعمه والأسماك . ومن أهم مصادر التلوث بالرصاص نواتج إحتراق الوقود فى السيارات ، وقد بدأت إضافة الرصاص إلى البترول منذ عام ١٩٢٠م على هيئة رباعى ميثيل الرصاص

Tetramethyl ورباعي إثيل الرصاص Tetraethyl لتحسين خواصه .

ويتسبب الرصاص في حدوث تلوث للنباتات بمعدل كبيره وبخاصه تلك الموجوده على جوانب طرق مرور السيارات ، و أكثر النباتات تأثرا به الخضروات الورقيه والفاكهة التي تحتوى على قشرة رقيقه مثل المشمش والخوخ .

وتختلف الصور التي يوجد عليها الرصاص في الماء تبعا لنوعية الماء وخواصه الكيميائيه، وتحتوى المياه الطبيعية على حوالى ١ر٠ - ١ ميكروجرام / لتر من الرصاص ، وتصل هذه النسبه في مياه الشرب في المدن إلى ١٠٠ ميكروجرام/ لتر نتيجة إستعمال المواسير المصنوعه من الرصاص في توصيل المياه إلى المنازل .

ويعتمد مدى تأثير الإنسان بالتلوث بالرصاص على كميه العنصر ومده التعرض له والصوره الكيميائيه التي يوجد عليها حيث تعتبر الصوره العضوية أكثر سميه من الصوره غير العضوية لقدرتها على إختراق الخلايا والتجمع فيها. وأكثر الأفراد تأثرا بهذا التلوث الأطفال في مرحلة النمو حيث يحل الرصاص في أجسامهم محل الكالسيوم ويخزن فيها على هيئة فوسفات الرصاص ، كما يثبط عددا من التفاعلات الحيويه في الجسم مما يسبب حدوث الأنيميا واتلاف النظام العصبي. ويتسبب الرصاص أيضا في اضطراب الهضم واتلاف الكليتين والتأثير على الحاله الذهنيه للإنسان ، ومن أعراض التلوث به الهزال وفقدان الشهية ، وقد يصاحب ذلك إرتفاع في ضغط الدم وحده في الطباع.

٢-الكادميوم Cadmium

الكادميوم (Cd) من المعادن الثقيله شديده السميه وتظهر أعراضه بعد عدة

سنين من تراكمه فى الجسم ، ومن أعراضه : اضطراب وظائف الكليتين ولين العظام نتيجة لاضطراب دوره الكالسيوم فى الجسم. ويطلق على أعراض التسمم بالكادميوم مرض " إيتاى إيتاى" وهو اسم مقاطعة فى اليابان ظهر فيها المرض لأول مره نتيجة تلوث ماءها بالمخلفات الصناعية ، وكان هذا الماء يستخدم فى زراعة الأرز وتربى فيه الأسماك. وينتج هذا العنصر من عدة صناعات مثل البطاريات الجافه والألوان ومخلفات المناجم ، ويوجد متركزا فى الأسماك والحيوانات البحريه وكبد وكلى الحيوانات الكبيرة .

التلوث بالغازات

يرتبط تلوث الهواء بالغازات بمصادر إنتاج الطاقة نتيجة إحتراق الأنواع المختلفة للوقود بالإضافة للصناعات المختلفة كصناعة الكيماويات والحديد والصلب وغيرها، إلى جانب ما ينتج من عوادم السيارات وبقية وسائل النقل. ويقاس مدى تلوث الهواء بمقدار ما يحدث له من تغير فى تركيبه وخواصه. وينعكس هذا التلوث على جميع الكائنات الحيه الموجوده على سطح الأرض فيؤثر عليها بشكل أو بآخر ويعتمد تأثيره على نوع الماده الملوثه ومقدار التلوث وفتره التعرض له. وقد يمتد هذا التلوث الغازى أيضا للأحياء المائيه نتيجة تغييره لصفات المحتوى المائى. وسنعرض لأهم الغازات المسببه لتلوث الهواء الجوى والأضرار الناتجه عنها .

١- أكاسيد الكربون : Carbon oxides

تشمل أكاسيد الكربون أول أكسيد الكربون CO وثانى أكسيد الكربون CO_2 وهى غازات عديمة اللون والرائحة والمصدر الرئيسى لها هو إحتراق الوقود سواء الناتج من مداخن المصانع ومحطات توليد الكهرباء أو من محركات السيارات التى تستخدم منتجات البترول أو من إحراق الأخشاب بغرض التدفئة أو من حرائق الغابات.

ويتكون غاز أول أكسيد الكربون نتيجة الاحتراق الغير تام للوقود داخل المحركات لعدم وصول كميه كافية من الأكسجين تعمل على إحتراق الوقود إحتراقا كاملا، لذلك فهو ينتشر فى المدن المزدحمه بالسيارات. وهذا الغاز من الغازات السامه جدا وترجع سميته لقدرته على الإتحاد مع هيموجلوبين الدم وتكوين مركب يسمى كاربوكسى هيموجلوبين Carboxy haemoglobin وهو بذلك يحل محل

الأكسجين ويؤدى إلى عدم وصوله بالكميه الكافيه للخلايا . وتعتبر عملية تكوين هذا المركب عمليه إنعكاس سريعه فيمكن إنقاذ الأشخاص الذين تعرضوا لغاز أول أكسيد الكربون بإستنشاق غاز الأكسجين بوفره ليطرد أول أكسيد الكربون ويحل محله فى الدم مره أخرى. ويسبب التلوث بهذا الغاز أعراض الدوار والصداع وصعوبة فى التنفس وقد يصل الأمر إلى حدوث تشنجات ، وتظهر هذه الأعراض عند زيادة نسبة الغاز فى الهواء عن ١٠ أجزاء فى المليون ويصبح قاتلا عند وصوله إلى ١٠٠ جزء فى المليون .

أما غاز ثانى أكسيد الكربون فينتج عن إحتراق المواد العضويه إحتراقا كاملاً، وهو غير سام إلا أن زيادته فى الهواء تؤثر على كمية الأكسجين ممايسبب شعورا بضيق التنفس وقد تؤدى زيادته الكبيره الى الإختناق. والحد الأمن لهذا الغاز أقل من ٣٢٠ جزء فى المليون . ومن المصادر الطبيعية لغاز ثانى أكسيد الكربون نواتج تنفس الكائنات الحيوانية وتحلل أجسادها بعد الموت . وتتسبب زيادة غاز ثانى أكسيد الكربون مع بعض الغازات الأخرى فى حدوث ظاهره ما يسمى بالإحتباس الحرارى أو الصوبه حيث تشكل الغازات الملوثه طبقة على إرتفاعات قريبه نسبيا من سطح الأرض تسمح بنفاذ الأشعه فوق البنفسجية القادمه من الشمس ولا تسمح بنفاذ الأشعة الحراريه تحت الحمراء المنعكسه على سطح الأرض مما يؤدى إلى إرتفاع ملحوظ فى درجة حراره الكره الأرضية ويتسبب هذا الإرتفاع فى ذوبان الجليد فى القطبين وإرتفاع منسوب المياه فى البحار والمحيطات . وقد ساهمت الإزالة المستمره للغابات الطبيعية فى الكثير من مناطق العالم فى إرتفاع نسبة التلوث بثانى أكسيد الكربون لأن النباتات الخضراء تقوم أثناء عملية التمثيل الضوئى بإمتصاص هذا الغاز وإطلاق غاز الأكسجين . ولذلك يكمن حل هذه المشكلة فى الحفاظ على الغابات الإهتمام بزياده الرقعه الخضراء .

ويجدر الإشاره إلى نوع من أنواع التوازن البيئى الذى تقوم به الطبيعة للتخلص من الزيادة فى كميات ثانى أكسيد الكربون فى الهواء الحيوى وذلك عن طريق إختزال المركبات غير العضويه الذائبه فى مياه المحيطات بواسطة الهوائم النباتية حيث تحولها إلى مركبات عضويه كربونيه بواسطة التخليق الضوئى، وعند موت تلك الهوائم فإنها تغوص فى قاع الماء مسببه قلة فى تركيز ثانى أكسيد الكربون المذاب فى هذه المياه. ويتم تعويض هذا النقص بإذابة الغاز مره أخرى من الهواء الجوى. وتعتبر هذه العملية بمثابة مضخه تنقل غاز ثانى أكسيد الكربون من دورته السريعه فى الهواء إلى دورته البطيئة فى الماء وترسبه على قاع المحيطات بطريقة غير مباشرة .

٢-أكاسيد النيتروجين Nitrogen oxides

يوجد أكثر من نوع من أكاسيد النيتروجين ، أحدها هو غاز أكسيد النيتروز Nitrous oxide (N_2O) وهو أحد نواتج عملية فقد النتره وهى عملية طبيعية تحدث فى التربة ، وينتج هذا الغاز فى الصوب الزراعية والبيوت الزجاجيه التى تستخدم لحمايه النباتات ، وهو يعتبر من الغازات الغير نشطه كيميائيا وليس له دور فى تلويث البيئه. أما الأكاسيد الأخرى فهى أكسيد النيتروجين Nitrogen (NO) Oxide وثانى أكسيد النيتروجين (NO_2) وهذه الغازات توجد بنسبة ٢ر٠ - ٣ر٠ جزء فى المليون فى الجو الطبيعى وهى تنتج من إحتراق الفحم والوقود السائل وتتكون من تفاعل النيتروجين مع الأكسجين فى درجة حراره عاليه كما فى المعادلات :

$$N_2 + O_2 \text{ ---------- } 2NO$$

$$2\,NO + O_2 \xrightarrow{160\,C^\circ} 2\,NO_2$$

وتتسبب المصانع ومحطات توليد الطاقة الكهربية وعوادم السيارات فى تلويث البيئة بهذه الغازات التى تنتشر بفعل الرياح بعيدا عن مصادرها ويعتمد هذا الإنتشار على درجة الحرارة والطروبة وأحوال الطقس. وهذه الغازات من الغازات السامة التى يرجع خطرها إلى تأثيرها الحمضى الذى يظهر عند ترسبها على سطح التربة والماء وعلى أوراق النباتات . أما بالنسبة للإنسان فهى تؤثر على القصبة الهوائية وتسبب بعض أنواع الحساسية والتهاب الجهاز التنفسى حيث تتحول بعد ذوبانها فى الماء إلى حمضى النيتروز والنيتريك وهى كذلك المسئوله مع المركبات الهيدروكربونية عن الغيوم السوداء التى تشاهد فى سماء المدن الصناعية الكبرى ، كما يؤدى وجودها فى الهواء الى انخفاض مدى الرؤية لإمتصاصها جزء من أشعة الشمس .

وتعتبر أكاسيد النيتروجين NO_2 , No من الغازات النشطة كيميائيا، فغاز أكسيد النيروجين NO له القدره على تدمير طبقة الأوزون فى منطقة الستراتوسفير تبعاً للمعادلة الآتية :

$$O_3 + NO \xrightarrow{160\,C^\circ} NO_2 + O_2$$

وفى منطقة التروبوسفير يحدث تفاعل كيميائى يتم فى ضوء الشمس بتكسر جزئ من ثانى أكسيد النيتروجين NO_2 منتجاً جزئ من أكسيد النيتروجين وذرة أكسجين فى الحاله النشطه تتفاعل بدورها مع جزئ من الأكسجين لتكوين الأوزون مره أخرى :

$$NO_2 \xrightarrow{\text{Light}} NO + O$$

$$O + O_2 \longrightarrow O_3$$

وينتج من ذوبان غاز ثاني أكسيد النيتروجين في الماء كلا من حمضي النيتريك HNO_3 والنيتروز HNO_2 كما هو واضح من المعادلة :

$$2\,NO_2 + H_2O \longrightarrow HNO_3 + HNO_2$$

وهذا التفاعل يوضح مدى التأثير الحمضي القوى لغاز ثاني أكسيد النيتروجين.

٣- ثاني أكسيد الكبريت Sulphur dioxide

بدأت معرفة الإنسان بالمخاطر التي يسببها التعرض لغاز ثاني أكسيد الكبريت SO_2 منذ بداية استعماله للفحم كمصدر من مصادر الطاقه في الصناعة . وينتج هذا الغاز من احتراق الوقود الفحمي والسائل الذى يحتوي على الكبريت ، حيث يحتوى الفحم على حوالى ٥ر٠٪ من وزنه كبريت غالبا ما يكون على صوره كبريتيد حديد، ويحتوى البترول كذلك على نسبة مقاربه من الكبريت. وتوجد مصادر أخرى طبيعية لهذا الغاز حيث يتصاعد مع غازات البراكين.

وغاز ثانى أكسيد الكبريت له رائحة نفاذه ويسبب إستنشاقه تهيجا فى الجهاز التنفسى وضيقا فى النفس وله تأثيرات ضاره على الرئتين. ويرجع تأثيره الضار بالإنسان إلى خواصه الحمضية عند ذوبانه فى الماء حيث يكون حمض الكبريتوز Sulphurous acid (H_2SO_3) الذى سرعان ما يتأكسد نتيجة عدم ثباته إلى حمض الكبريتيك :

$$SO_2 + H_2O \text{ ---------- } H_2SO_3$$

$$H_2SO_3 \xrightarrow{\text{Oxidation}} H_2SO_4$$

ويسبب هذا الغاز أضرارا كبيره للنباتات التى تتعرض له وهو فى الحاله الجافه فهو يعتبر سما للخضروات ويسبب قلة إنتاج النباتات وفقدان الأجزاء الحساسه منها.

٤-كبريتيد الهيدروجين Hydrogen Sulphide

يوجد غاز كبريتيد الهيدروجين H_2S فى كثير من المياه المعدنية التى تعرف بالمياه الكبريتية ويمكن تمييز وجوده برائحة الماء المميزه، كما يتصاعد من فوهات البراكين ويتواجد فى مياه المستنقعات . أما المصادر الصناعية له فتأتى من تكرير البترول ومن الصناعات البتروكيماوية وعمليات إنتاج غاز الفحم . وغاز كبرتيد الهيدروجين من الغازات السامه التى تؤدى إلى إلتهابات فى الجهاز التنفسى وإحمرار

العينين وقد تؤدى تركيزاته العاليه لفقد حاسه الشم عند الإنسان ، بالإضافة لتأثيره على الجهاز العصبى المركزى . وهذا الغاز عديم اللون وله رائحة نفاذه كريهة تشبه رائحة البيض الفاسد، وهو قابل للتأكسد فى جو من الأكسجين عند درجة حراره عاليه لتكوين ثانى أكسيد الكبريت والماء إذا كانت كمية الأكسجين وفيره أو إلى كبريت وماء إذا كانت كمية الأكسجين قليله :

$$H_2S + 2O_2 \text{ ---------- } H_2SO_4$$

$$2H_2S + O_2 \text{ ---------- } 2H_2O + S$$

ولايظهر تأثير غاز كبريتيد الهيدروجين إلا إذا تواجد بكميات كبيره فى مكان محدود فإنه يسبب الأعراض السابق ذكرها .

٥- الفلور وفلوريد الهيدروجين Florine & hydrogen floeide

يتصاعد غاز الفلور F_2 من مداخن مصانع الألومنيوم ويكمن خطره فى إتلاف النباتات التى يسقط عليها، كما يسبب هزالا شديدا للماشيه التى تتغذى عليها.

أما غاز فلوريد الهيدروجين HF فينتج من تصنيع خامات الحديد وصناعة السيراميك وكذلك من إختزال أسمده الفوسفات، وهو غاز شديد السميه وله خواص تآكلية Corrosive لكثير من المواد الصلبه والمعادن وحتى الزجاج . ويحتوى الهواء على تركيزات غايه فى الضآله من هذا الغاز ولكن خطورته تكمن فى تراكمه فى خلايا

النباتات مما يؤثر على الكائنات الحيه التى تتغذى عليها.

٦-الكلوروفلوروكربونات Chlorofluorocarbons

مركبات الكلوروفلوروكربونات (CFCS) هى مركبات عضويه ثابته كيميائيا تحتوى على عنصرى الكلور والفلور وتوجد على الحاله الغازيه فى درجات الحراره العاديه، وهى سهلة الإساله بالضغط ولذلك تستعمل بكثرة فى صناعة الإيروسولات Aerosols والسوائل المستعمله فى الثلاجات وأجهزة التكييف والمبردات ، كما تستخدم كمذيبات فى صناعة الرغويات . وتتسرب كميات كبيره من هذه الغازات إلى طبقات الجو العليا لقلة كثافتها، حيث تتعرض للتحليل الكيميائى بفعل الأشعة فوق البنفسجية الآتيــة من الشمس لتنتــج ذرات كلــور وفــلور نشطه جدا كيميائيا، وتتفاعل هذه الذرات مع جزيئات الأوزون الموجوده فى طبقة الستراتوسفير تبعا للمعادلات الآتية :

$$Cl + O_3 \xrightarrow{uv} ClO + O_2$$

$$ClO + O \xrightarrow{uv} Cl + O_2$$

$$O + O_3 \xrightarrow{uv} 2\,O_2$$

ونتيجة لهذه التفاعلات تتفكك جزيئات الاوزون وتتحول في النهاية إلى غاز الأكسجين . وتعتبر طبقة الأوزون هى المسئوله عن حماية سطح الأرض من أضرار الأشعة فوق البنفسجية حيث أنها تسمح بمرور كمية معينة منها تقدر بحوالى ١٢٪ من الأشعة الكلية الساقطه عليها . وقد بدأ العلماء منذ فتره فى رصد الثقوب التى حدثت فى هذه الطبقة فوق القطبين وتتبع معدل الزياده الحادثه لها، وبدأت الكثير من الدول المتقدمه فى إحلال غازات أخرى محل الكلوروفلوروكربونات ليس لها مثل هذا التأثير الضار على طبقة الأوزون . وتتسبب الأشعة فوق البنفسجية فى إصابة الإنسان بأمراض خطيره كسرطان الجلد وعتامه عدسه العين وخلل فى الجهاز المناعى للجسم، كما تحدث تغييرات فى التركيب الكيميائى للخلايا الوراثية .

٧-الهيدروكربونات Hydrocarbons

هى مركبات عضوية تتكون من عنصرى الكربون والهيدروجين منها ما يوجد على الصوره الغازية أو السائلة أو الصلبه . أبسطها فى التركيب غاز الميثان (CH_4) ويسمى غاز المستنقعات لأنه من نواتج التحلل العضوى للكائنات الموجوده بالمستنقعات المائيه. ومن الهيدروكربونات الغازيه الإيثان والبروبان والبيوتان، وتتكون هذه الغازات من الاحتراق غير التام لوقود السيارات والمصانع . وللمركبات الهيدروكربونية تأثير ضار عموما بصحة الإنسان ، ويتوقف هذا التأثير على نوع المركب.

وحتى يكتمل حديثنا عن الملوثات الغازية يجب أن نتطرق لظاهرة هامه من ظواهر التلوث البيئى ذات صله وثيقه ببعض أنواع التلوث الغازى وهى ظاهرة الأمطار الحمضية .

الأمطار الحمضية Acid rains

بدأت الدراسات على ما يسمى بالأمطار الحمضية منذ بداية الستينات من هذا القرن، ومشكلة الأمطار الحمضية مشكلة ظهرت حديثًا وهي مرتبطه إرتباطا وثيقا بكميه العوادم الغازية الناتجة من الصناعة ووسائل النقل المختلفه . وقد تنبه الكثير من العلماء إلى مدى الأضرار الناتجه عن تلك الأمطار بالنسبه للبيئة بصفه عامه بما فيها من نباتات وحيوانات وحتى الجماد . ويمكن تعريف المطر الحمضي بأنه المطر الذى تقل قيمة الأس الهيدروجيني (pH) له عن ٥ر٦ وهذه القيمة هي القيمه المقابله لماء مقطر يحتوى على ٣٤٠ جزء في المليون من غاز ثاني أكسيد الكربون الذى ينوب فى الماء مكونا حمض الكربونيك Carbonic acid وهو حمض ضعيف يتحلل إلى ماء وثاني أكسيد الكربون مره أخرى تبعا للمعادلة الإنعكاسية .

$$CO_2 + H_2O \text{ ---------- } H_2CO_3$$

والأمطار الطبيعية يكون قيمة الأس الهيدروجيني لها حوالي ٦ر٥ .

وتتكون الأمطار الحمضية من أكسدة غازات أكسيد النيتروجين وثاني أكسيد النيتروجين وثاني أكسيد الكبريت في الماء في وجود عوامل مؤكسده مثل أيونات الهيدروكسيل OH أو ذرات الإكسجين الأحادية أو ذرات بعض المعادن. ويتأثر معدل الأكسده - وبالتالي معدل تكون المطر الحمضي - بالاحوال الجويه حيث يكون سريعا جدا في الجو الصيفي الرطب لدرجة أنه خلال ساعه واحده قد تتحول الغازات الملوثه الى امطار حمضيه. ويقل هذا المعدل في الشتاء ، وهو يقل عموما بقلة الرطوبه ويزيد

عند وجود الضوء والعوامل المؤكسده. ويحدث هذا التفاعل بطريقة طبيعية حيث تتكون أكاسيد النتيروجين فى طبقات الجو العليا نتيجة التفاعلات الضؤكيميائية Photochemical reactions بين الأكسجين والنيتروجين فى وجود الأشعة فوق البنفسجية الآتية من الشمس . ويمكن توضيح نواتج هذه التفاعلات بالمعادلات الآتية:

يذوب غاز ثانى أكسيد الكبريت فى الماء مكونا حمض الكبريتوز

$$SO_2 + H_2O \text{ ---------- } H_2SO_3$$

ويمكن أن يتأكسد ثانى أكسيد الكبريت إلى ثالث أكسيد الكبريت بفعل المؤكسدات الموجوده فى الجو

$$SO_2 \xrightarrow{\text{Oxidation}} SO_3$$

ويذوب غاز ثالث أكسيد الكبريت فى الماء ليكون حمض الكبريتيك

$$SO_3 + H_2O \text{ ---------- } H_2SO_4$$

أما بالنسبه لغاز ثانى أكسيد النيتروجين فيذوب فى بخار الماء المنتشر فى

الجو مكونا حمض النيتريك وحمض النيتروز.

$$2NO_2 + H_2O \text{ ---------- } HNO_3 + HNO_2$$

وتمثل هذه الأحماض مجتمعه ما يسمى بالأمطار الحمضية. ويعكس التلوث بالجزئيات الدقيقه، فالتلوث بالمطر الحمضي لايقل كلما إبتعدنا عن المصدر ولكنه ينتشر فى مساحات شاسعة ويسبب تلفاً كبيرا فى المناطق التى يسقط عليها خصوصا فى مناطق الغابات والأراضى الزراعيه فيسبب ذبولها تدريجيا.

ويتساوى تأثير الغازات الجافه أو الذائبه فى الماء عند سقوطها على التربه أو على سطح الماء، ولكن هذا التأثير يختلف بالنسبه للنباتات، فالغازات الملوثه SO_2 NO_2 ، NO تدخل جسم النبات بداية عن طريق الثغيرات Stomata ، وبالنسبه لغاز ثانى أكسيد الكبريت فهو يذوب فى طبقة المياه المغلفه لسطح النسيج الأوسط لورقه النبات Mesophyll ليتحول إلى الصوره المتميئة $SO_2.H_2O$ وهذه الصوره تعتبر شديده الحموضه وتتأين تدريجيا إلى HSO^{3-} , SO_3^{2-} . وكنتيجة للشحنات السالبه التى تحملها هذه الأيونات فإن حركتها تتوقف خارج الخليه ولاتستطيع إختراقها فى حين تتمكن الصوره المتميئه من ذلك حيث تتأين بعد دخولها الخليه لتنتج أيون SO_3^{2-} الذى يعتبر ساما للنبات. ويتأكسد هذا الأيون داخل الخليه بواسطة البخضور إلى أيون الكبريتات SO_4^{2-} الأقل سميه.

وبنفس الطريقه تدخل غازات أول وثانى أكسيد النيتروجين إلى الخلايا النباتيه لتعطى أيونات النترات والأيونات السامه النيتريت التى يحاول النبات التخلص منها

بواسطة تحويلها إلى الأمونيا التي تدخل في دائرة الأيض للنبات .

ويؤدى سقوط الأمطار الحمضية على التربه إلى إذابة العناصر الأساسية لغذاء النبات وترشيحها من خلال التربه إلى أعماق بعيده قد تتجاوز المدى الذى تصل إليه الجذور مسببه عدم حصول النبات على الكمية الكافية من هذه العناصر، كما تعمل الحموضه الزائدة على زياده محتوى التربه من أيونات الألومنيوم حيث يزيد معدل ذوبان مركباته بزياده الحموضه مما يؤثر سلبا على نمو النبات بطريقه سليمه ، وتؤدى الحموضه بجانب ذلك إلى ضعف نمو جذور النبات وتؤثر على ثباته في التربه، وتعمل على توقف نشاط الإنقسام البكتيرى .

وتتسبب الأمطار الحمضيه في زياده معدل تلوث النبات بالمعادن الثقيله بطريق غير مباشر لأنها تزيد من ذوبان تلك المعادن وتسهل حركتها في التربه، فيسهل على النبات عملية إمتصاصها ويزيد تراكمها بالتالى في أنسجته .

وتتأثر كذلك مصادر المياه الطبيعية كالأنهار والبحيرات تأثرا كبيرا بالأمطار الحمضيه نتيجة زيادة حموضتها، ويتوقف هذا التأثير على محتوى أملاح الكالسيوم والماغنسيوم الموجوده بالمياه حيث أن وجود هذه الأملاح بكمية كبيره يعمل على معادلة الحموضه الزائده وملاشاة أثر المطر الحمضى. ويمكن توضيح أثر الأمطار الحمضية على التجمعات المائية فيما يلى :

١- زيادة نسبة العناصر الثقيله كالكادميوم والنحاس والزنك والمنجنيز نتيجة زيادة ذوبان مركباتها في المياه كنتيجة لإرتفاع الحموضه، وهذا يسبب تلوث الأسماك والأحياء المائيه بهذه المعادن السامه، وقد يصل هذا التلوث إلى الحد القاتل .

٢- زيادة عنصر الألومنيوم الذائب في الماء بزيادة درجة الحموضه يتسبب فى حدوث تداخل مع الوظائف التنفسية للأسماك وتخثر فى الأغشية المخاطيه لخياشيمها مع تغير فى الإتزان الكاتيونى لسوائل الجسم الداخلية.

٣- التأثير السلبى لوجود اللافقاريات والأحياء المائية حيوانيه الأصل نتيجة التأثير الفسيولوجى الضار لزيادة أيونات الهيدروجين H^+ مع تغير فى السلسله الغذائية الطبيعيه .

٤- قلة عدد الأسماك والأحياء المائيه أو موتها كليه عند زيادة الحموضه لدرجة كبيره مع تغير فى طبيعة وكمية مصادر الغذاء .

٥- تغير التركيبه الطبيعية لأصناف الأحياء المائيه وقلة تنوع التجمعات الخاصة بالنباتات المغموره.

٦- زيادة تجمعات الموادالعضوية بزيادة الحموضه .

وكعلاج للآثار الضارة للأمطار الحمضية يضاف أحيانا الحجر الجيرى لمعادلة الزياده فى الحموضه وتستعمل هذه الطريقة فى الأنهار الصغيرة والتجمعات المائية المحدوده لإرتفاع تكاليفها ولإنحصار تأثيرها فى مناطق محدوده . ويكمن الحل الأمثل فى مكافحة المطر الحمضى فى تقليل أسباب التلوث بالغازات المسببه له ومن أهمها نواتج احتراق المواد المحتوية على عنصر الكبريت .

التلوث بالمواد العضوية

المواد العضوية هى مركبات كيميائية يتكون هيكلها الأساسى من ذرات الكربون وتكون مرتبطـه غالبا بذرات من الهيدروجين أو الأكسجين أو الهالوجين (الفلور والكلور والبروم واليود) أو النيتروجين أو الكبريت ...الخ . ويمكن إعتبار أن جميع المركبات العضويه هـى مركبات سامـه عند التعرض لهـا بتركيـز معين ، ويختلف هذا التركيز بإختلاف الماده. والموادالعضويه بصفه عامه من أكثر المواد ضررا على البيئة من حيث الكميه وخطورة ما تسببه من أضرار . ويمكن وضع الخطوط العريضه لمجموعات المواد الأكثر ضررا بالنسبة للكائنات الحيه وهى تتمثل فى الهيدروكربونات الأليفاتيه Aliphatic hydrocarbons ، والهيدروكربونات الأروماتية Aromatic hydrocarbons ، والألدهيدات Aldehydes والكحولات Alcohols ، والفينولات Phenols ، والأنيلينات Anilines ، والبنزيدينات Benzidines ، والمذيبات الكلوريه Chlorinated solvents ، والبايفينيلات عديده الكلور Polychlorinated biphenyls ، ومبيدات الآفات Pestisides وتشمل مبيدات الحشرات Insecticide ، ومبيدات الأعشاب Herbicides ، ومبيدات الفطريات Fungicides بالإضافة للمركبات التى تدخل فى صناعة البوليمرات مثل الفثالات Phthalates .

وينقسم تحليل المركبات العضويه الموجوده فى البيئه إلى قسمين ، الأول معرفة نوع الماده والتعرف بدقه على تركيبها الكيميائى أو ما يعرف بالتحليل الكيفى Qualitative analysis ، ويتم ذلك غالبا باستخدام طرق تحاليل مثل الرنين المغناطيسى النووى NMR والأشعة تحت الحمراء IR .

أما القسم الثانى فهو معرفة تركيز هذه الماده بدقة أو ما يعرف بالتحليل الكمى

Quantitative analysis وتستخدم فى ذلك طرق تحاليل مختلفة أغلبها طرق كروماتوجرافيه Chromatographic methods حيث تسمح بقياس تركيزات غاية فى الصغر من المركبات العضويه المختلفة.

وتعتبر التربه هى الوعاء النهائى الذى تصب فيه معظم الكيماويات العضويه، حيث تصل إليها مباشرة عن طريق الأنشطة الزراعية أو نتيجة التسرب أثناء النقل أو عن طريق مياه الصرف. ومن خصائص تلوث التربه أن الموادالملوثه تتركز فيها حيث يصعب توزيعها على مساحات شاسعة بعكس التلوث الهوائى أو المائى إذ يحدث تخفيف سريع للملوثات نتيجة حركة الهواء أو التيارات المائية. وتعتبر التربه بيئة صلبه تتكون من أملاح معدنية غير عضوية ومواد عضويه تشمل المواد المتحلله الناتجة من النباتات والحيوانات وغيرها من الكائنات الميكروبيه بالإضافة الى بعض المواد الذائبة التى تمثل النواتج الأوليه لتكسر الجزيئات العضويه كبيره الحجم مثل جزيئات المواد الكربوهيدراتية والبروتينية والمركبات عديدة الأروماتيه الناتجة من اللجنين (وهى الماده الأساسيه فى بناء جدر الخلايا النباتية) .

وكذلك نواتج التصنيع الحيوى الميكروبى والتى يطلق عليها اجمالا إسم المواد الدباليه Humic materials وتتحدد الصفات الكيموفيزيائية - Physico Chemical Properties للتربه من النسبه بين المكونات المعدنية والمكونات العضويه الموجوده بها ، وتتوقف على هذه النسبه خصائص هامه للتربه مثل المسامية والقدره على إستيعاب المياه والقدره على التبادل الأيونى وكذلك الثبات الاجمالى التربة بصفة عامة .

وعند بحث موضوع الملوثات العضوية للتربه فمن المهم معرفة الحجم النسبى للجزئيات الغروية غير العضوية وكمية الطبقة العضوية وكذلك الخواص الأيونية لهاتين

الطبقتين ومدى قابلية جزيئات الماء للارتباط بهما.

وتتحدد العلاقة بين المركبات العضوية والتجمعات الميكروبية بطبيعة تكوين التربه والمحتوى المعدنى بها، حيث تتسبب الاسطح الغروريه بما لها من قدرة على الإمتزاز فى تقليل تركيز الملوثات، كما تعمل الطبقة العضوية على تقليل تركيز المواد الذائبة باختزالها عن طريق ميكانيكيات تفاعل مختلفة مثل التبادل الأيونى Ion exchange أو تكوين روابط تساهمية CoveIant bonding أو هيدروجينيه H-bonding أو قوى فان درفال Van de Waals' forces . كما يتأثر التجمع الميكروبى الطبيعى بخواص أخرى للتربه مثل الأس الهيدروجينى (pH) وجهد التأكسد والإختزال والرطوبة وتركيز المغذيات الأساسية ، وعلى أساس كل ذلك تتحدد نوعيه وكميه الكائنات الحيه التى يمكن تواجدها طبيعيا فى التربة . ومن المهم ذكر هذه العلاقات لإلقاء الضوء على النشاط الحيوى بداخل التربه لما له من أهميه كبيره فى القضاء على سميه معظم الملوثات العضوية التى تصل التربه .

أما المحتوى المائى للتربه فترجع أهميته إلى تأثيره على نمو الكائنات الميكروبيه وإلى خاصيته الهامة للعمل كمذيب لكثير من المواد العضويه التى تسبب تلوث البيئة . والماء يؤثر كذلك على المحتوى الغازى للتربه وهو ما ينعكس بدوره على الكائنات الحيه الموجوده بها، وهذا المحتوى يعتبر غنيا بغاز ثانى أكسيد الكربون بالمقارنة بالهواء الخارجى كنتيجة لتنفس النباتات أما بالنسبه للأكسجين فهو قليل وقد يصل تركيزه إلى الصفر، محفزا بذلك التفاعلات غير الهوائية Anaerobic على الحدوث مثل التخمر Fermentation وتفاعل فقد النترنة Denitrification وتكوين غاز الميثان Methane formation .

وترجع أهمية التفاعل بين الصور الثلاثة الصلبه والسائله والغازيه المكونه للتربه

إلى أن التفاعلات المختلفة والأنشطة الحيويه وكذلك نواتج تلك التفاعلات تتم على الأسطح الفاصله بين تلك الطبقات. ويمكن رصد هذه الظاهرة أيضا فى الأوساط المائيه حيث تكون الميكروبات متجمعه بكثره حول الدقائق الصلبه والغرويه وهى الأماكن التى يزداد فيها تركيز الغذاء عن بقية المحتوى المائى .

ويؤدى إضافة ماده عضويه قابله للتحلل الحيوى إلى تربه ما الى حدوث تغيرات كميه وكيفية على التجمعات الميكروبيه عضويه التغذيه، حيث يظهر التأثير السريع للماده فى موت كميه كبيره من الكائنات الدقيقه الأكثر حساسيه ، وعند تحللها تتحول إلى مصدر غذاء عضوى غنى تتغذى عليه بقيه الكائنات المرافقه لها فى التربه فيزيد عددها زياده غير طبيعية ما تلبث أن تتراجع إلى معدلها الطبيعى مع الوقت كنتيجة لعدم توافر كمية مناسبه من الغذاء. وتكون المحصله النهائية لذلك حدوث إختفاء تام لأنواع معينة من الكائنات بينما تسود أنواع أخرى لها قدرة أكبر على تحمل التلوث .

وتلعب النباتات نفسها دورا هاما فى إدخال الملوثات العضويه إلى التربه لأنها تقوم بتجميع المواد العضوية من الهواء والماء والتربه بطريقة تراكمية فى أجزائها المختلفه وعند موتها وتحللها ينتقل ما بها من تلوث إلى التربه مباشره .

وكما ذكرنا من قبل فإن المواد العضويه تختلف فى درجة سميتها بالنسبة للكائنات تبعا لإختلاف تركيبها الكيمائى ، وتختلف كذلك فى درجة ثباتها فى البيئة، فمن المعروف أن معظم المواد العضويه تتعرض لتغيرات فى تركيبها الجزيئى مما يؤدى فى النهاية إلى تكسرها إلى مركبات بسيطه بفعل العوامل البيئية المختلفة، وهى عوامل معقده ومتداخله . وكلما زادت فترة تواجد الماده العضويه فى البيئة على حالتها الأصلية كلما زادت إحتمالات التعرض لتأثيرها الضار، وكلما كانت قابله للتكسر بسرعة كلما زال خطرها سريعا عن المحتوى البيئى . والحديث عن مدى ثبات

المركبات العضوية يقودنا للبحث فى أسباب وظروف هذا التكسر بما يعرف بالتكسير الحيوى .

التكسير الحيوى Biodegradation

يمكن التكهن بالضرر الذى تحدثه الماده العضويه للبيئة من خلال تركيبها الكيميائى وما ينشأ عن هذا التركيب من قابلية للتفاعل مع البيئة المحيطة أو بمعنى أكثر تحديداً فإن خطر المواد العضوية التى تصل إلى التربه يعتمد على نوعيه التربه والمحتوى المائى بها ودرجة الحراره ، فكل ذلك يؤثر على سرعة تكسير المادة العضويه نتيجة العمليات الحيويه التى تتم عليها مثل الأكسدة والتحلل الضوئى والتحلل المائى والإمتصاص . ومعظم تلك العمليات تتم بواسطة الكائنات الحيه وبخاصه الكائنات عضوية التغذية (التى تعتمد فى غذائها على المواد العضوية) وتختلف المواد العضوية من حيث قابليتها للتحلل بإختلاف تركيبها الكيميائى ، فإذا كان هذا التركيب مشابها لبعض المواد الموجودة بصورة طبيعية فى التربه فإنها تكون سهلة فى الأيض بواسطة كائنات التربة ، وربما تخضع لبعض التعديل البسيط فى تركيبها ليسهل على تلك الكائنات التعامل معها كماده صالحة لغذائها .

أما إذا كان التركيب معقدا فإنه يحتاج لفترة أطول فى تكسيره، حتى أنه أحيانا لايتم بطريقة كامله، ولكن تتوقف هذه العملية عند خطوة معينة وتبقى نواتج هذا التكسر فى التربه كمركبات غير قابله للتحلل الى صور اكثر بساطه . ويمكن تطبيق هذه الحاله على البوليمرات العضوية الغير قابله الذوبان فى الماء مثل اللجنين Lignin أو الموادالبلاستيكية Plastics ، ففى هذه الحالة تكون طبيعة المركب فى المسئوله عن مقاومة التكسر الحيوى فى حين تكون المكونات الأوليه التى قام عليها بناء البوليمر قابله للتكسر سواء كانت أحاديه Monomers أو ثنائية Dimers أو

ثلاثية Trimers . وتحتاج هذه البوليمرات لتتكسر إلى إنزيمات تفرز خارج الخلايا الحيه Extracellular . وكذلك فإن درجة تفرع المركب إذا زادت يقل معدل تكسره، كما تزداد صعوبه تكسر المركب عند وجود مجموعات فرعيه فيه لاتتواجد عاده فى البيئة الطبيعية أو لاتنتج من أيض أو تكسير الكائنات للمواد العضويه المتوفره فى البيئة . ويحدث أحيانا أن تتوقف عملية التكسر الحيوى عند مرحلة معينه لينتج عنها مركبات أكثر سميه من المركب الأصلى ، مثل مادة البيركلورو أيثيلين Perchloroethylene الذى تحدث له عدة تفاعلات فى التربه حتى ينتج مركب كلوريد الفينيل Vinyl chloride الذى يتجمع فى الأوساط عديمه الأكسجين ويتوقف عند ذلك ، وهو أكثر سميه من المركب الأصلى .كما قد تتسبب بعض التفاعلات البيولوجية فى زيادة تعقيد التركيب الكيميائى لبعض المركبات، ويتم ذلك كوسيلة دفاع للكائنات الحيه الدقيقه للتغلب على الأثر السام لهذه المركبات التى يصعب عليها تكسيرها مثل التفاعلات التى تؤدى لبلمرة مركب يسمى ٣و٤- ثنائى كلوروفينيل بروبيوناميد 3,4- dichlorophenyl propionamide .

وعند إضافة مركب عضوى جديد لأول مره إلى التربه تبدأ الكائنات الدقيقه الموجوده بها فى التعامل معه عن طريق إفرازاتها بعد التعرف عليه، وقد يقوم نوع واحد من هذه الكائنات بمهمة تكسيره أو يجتمع على ذلك أكثر من نوع حيث يقوم كل منهما بدور ما لتحويل المركب فى النهاية إلى الصورة المبسطة التى يسهل منها الحصول على الكربون والطاقة اللازمين لحياة تلك الكائنات .

وتعتبر المركبات الهالوجينيه العضوية من أكثر المركبات العضوية شيوعاً فى البيئة الحيوية حيث أنها تنتج طبيعيا بجانب ما يضاف إلى البيئة صناعيا بفعل الإنسان ومايعتبر كنواتج لعمليات التكسير الحيوى لمركبات أكثر تعقيدا . والنسبة الغالبة من هذه المركبات والتى تصل إلى ٧٥٪ هى مركبات كلوريه ، وذلك لإرتفاع

نسبة عنصر الكلور فى محتوى البيئة الأرضية عن باقى الهالوجينات . ومعظم المركبات الكلورية الطبيعية هى من النواتج الحيوية للكائنات الأرضية البكتيرية والفطرية ، بينما تنتج غالبية المركبات البروميه من البيئات البحرية . والكثير من المركبات الهالوجينية له نشاط بيولوجي مضاد لعدد كبير من الكائنات الدقيقه المسببة للأمراض مثل مركبات الكلورتيتراسيكلين Chlortetracycline والكلورامفينيكول Chloramphenicol ، وهى تنتج من أنواع معينه من البكتيريا والفطريات وتستعمل كمضادات حيوية .

وتتحدد قابلية الجزيئات العضويه الهالوجينية للتكسر الحيوى بعدة عوامل فى نوع الهالوجين وعدد ذراته المرتبطة بالهيكل الكربونى للجزئ ومواقع هذا الإرتباط. وتهدف ميكانيكية تكسير هذه النوعيه من المركبات إلى التخلص من ذرات الكلور المرتبطه المركب عن طريق تفاعلات مختلفه مثل الأكسدة والاختزال والتفاعل مع الماء. وكمثال لهذه التفاعلات تحويل ١و٢ - ثنائى كلور الإيثان 1,2-Dichloroethane بواسطة بكتيريا تسمى Xanthobacter autotrophicus إلى الصوره القابلة للأيض ٢- هيدروكسى حمض الخليك 2-Hydroxy acetic acid بعد التخلص من ذرات الكلور تبعا للمعادلات الاتية :

$$CH_2Cl - CH_2Cl \xrightarrow[\text{halidohydrolase}]{\text{Haloalkane}} CH_2Cl\text{-}CH_2OH$$

$$CH_2Cl\text{-}CH_2OH \xrightarrow[\text{dehydrogenase}]{\text{Alcohol}} CH_2Cl\text{-}CHO$$

$$\xrightarrow[\text{dehydrogenase}]{\text{Alcohol}} CH_2Cl - COOH$$

$$\xrightarrow[\text{halidohydrolase}]{\text{2- Haloacid}} CH_2OH - COOH$$

ولننتقل الآن للحديث عن أهم أنواع الملوثات العضوية بادئين بأكثرها ضررا على صحة الإنسان وهى مبيدات الآفات :

مبيدات الآفات Pestisides

المبيدات هى مجموعة من العوامل الفيزيائية أو البيولوجية أو الكيميائية التى تستعمل فى عمليات التخلص من نوع معين من الكائنات الحيه. ويكمن تأثير المبيد فى تعطيل العمليات الحيويه الهامه التى تحدث فى جسم الكائن الحى فتؤدى فى النهاية الى موته. وقد عرف الإنسان عدة عوامل فيزيائية للقضاء على الميكروبات الضارة مثل تسخين السوائل لدرجة الغليان لفترات كافيه أو البستره. كما استعمل أشعة X والأشعة فوق البنفسجية فى التعقيم. أما العوامل البيولوجية فأهمها استعمال كائن معين فى القضاء على كائن آخر ضار . والمبيدات الكيميائية هى الأكثر انتشارا كمبيدات للآفات وهى مواد إما أن تكون طبيعية مستخلصه من أنواع معينة من النباتات مثل النيكوتين Nicotine المستخرجه من نبات التبغ ، أو مادة كيميائية غير عضويه أو عضويه، فقد إستخدم الإنسان فى بادئ الأمر بجانب المستخلصات النباتية الطبيعية بعض الاملاح غير العضوية كمبيدات مثل الزرنيخ ومركباته المعروفه باسم الزرنيخات AsO_4^{3-} مثل زرنيخات الرصاص Lead arsenate وزرنيخات الكالسيوم Calcium arsenate ، وقد إنتشر استعمال هذه المركبات بين عامى ١٩٣٠و ١٩٥٠. كما إستخدم كبريتات النحاس $CuSO_4$ بمفرده أو مخلوطا بملح من أملاح الزرنيخيت AsO_3^{3-}، وكان هذا المخلوط يعرف باسم أخضر باريس Paris green . كما عرف الإنسان خواص عنصر الكبريت القاتلة للآفات فاستعمله بعد سحقه أو بعد حرقه ليتحول إلى غاز ثانى أكسيد الكبريت وهو مبيد حشرى وفطرى قوى .

واستعملت كذلك الأملاح غير العضوية للفلوريد مثل فلوريد الصوديوم NaF فى ابادة النمل ، واستعمل مع حمض البوريك لإبادة الصراصير . واستعملت بعض

المبيدات على الصوره الغازيه مثل سيانيد الهيدروجين Hydrogen cyanide وهو مبيد للفطريات وللحشرات التى تصيب أشجار الفاكهة .

وقد وجد أن المركبات غير العضوية التى تستعمل كمبيدات سامه جدا للإنسان حتى لو كانت بكميات ضئيلة ، وهى تحتوى بجانب ذلك على عناصر ثقيله مثل الرصاص والزرنيخ والزئبق وهى غير قابله للتكسر الحيوى . وبعد أن اكتشف الإنسان التأثير البيولوجى لبعض المركبات العضوية المخلقه معمليا بدأ التوسع فى إنتاجها وإحلالها محل المبيدات غير العضويه لأنها أقل سميه وقابله للتكسر الحيوى فى البيئه مع الوقت.

وتنقسم المبيدات الى ثلاثة أقسام رئيسية هى المبيدات الحشرية والفطريه والعشبيه، وهى المبيدات التى تستخدم على نطاق واسع فى المنازل أو فى المناطق الزراعية ويطق عليها اجمالا إسم مبيدات الآفات.

١-المبيدات الحشريه Insecticides

تمثل الحشرات أكبر مجموعة من مجموعات الكائنات الحيه وأكثرها تنوعا، إذ يزيد ما تم إكتشافه منها على سبعمائة وخمسين ألف نوع. ونظرا لأهميتها بالنسبة للإنسان وإرتباطها الوثيق بحياته فى المجالات الطبية والزراعية والإقتصادية ، فقد إهتم بدراستها حتى أصبح علم الحشرات علما قائما بذاته وتفرع عنه عدة فروع مثل علم الحشرات الإقتصادية وعلم الحشرات الطبية الذى يبحث فى العلاقة بين بعض أنواع الحشرات والأمراض التى تنقلها للإنسان مثل الملاريا والحمى الصفراء والتيفوس والفيلاريا والدوسنتاريا. أما فى مجال الزراعة فالحشرات تلحق أضراراً بالغة بالنباتات إما مباشرة بالتهام أوراق وأجزاء النبات الخضراء أو الأزهار والثمار أو بقرض جذور النبات، أو بطريق غير مباشرة بنقل الميكروبات الفيروسية أو البكتيرية

التى تصيب النبات بالأمراض . ولايقتصر ضرر الحشرات على إتلاف المزورعات ولكن يتجاوزها إلى إتلاف الحبوب المخزونه، كما لاتسلم الثروه الحيوانية أيضا من الحشرات الضارة اذ تصيب أنواع من الحشرات القارضة الحيوانات الحقليه وتسبب لها الأمراض والهزال .

وقد بدأ إستخدام المبيدات الحشريه العضويه فى بداية الأربعينات من هذا القرن، وكانت مادة د د ت.(Dichlorodiphenyl (D.D.T. trichloroethane من أوائل المبيدات المستخدمه على نطاق واسع ، وكان لتصنيع هذه الماده دوياً هائلاً حيث اعطت نتائجاً مبهرة فى بداية استعمالها واعتقدالإنسان أنه قد امتلك عصا سحريه يستطيع بها ابادة الحشرات الضاره التى تنقل له الامراض وتقضى على نسبه كبيره من المحاصيل الزراعيه فتسبب له خسائراً اقتصادية فادحة . ولكنها كانت مجرد البداية لحرب كيماوية شرسه شنها الإنسان على الحشرات ولازالت مستمره . وقد وجد بالتجربة أن استخدام نوع جديد من المبيدات الحشريه لأول مره يسبب نسبة إماته عاليه للحشرات التى تتعرض له بينما تقاومه نسبة قليلة منها، وعندما تتكاثر هذه الأعداد القليله تنتج أجيالا لها مقاومه عاليه لهذا النوع من السموم وبذلك تقل فاعلية المبيد مع كثرة استعماله حتى يصبح تقريبا بلا تاثير، ويترتب على ذلك إما زيادة الجرعه أو الحاجة الى استعمال نوع جديد من المبيدات أو اللجوء إلى خلط أكثر من نوع. وهكذا يستمر الصراع، فالإنسان فى حاجة دائمة لتطوير المبيدات الكيميائية بينما الحشرات تكتسب مناعة ضد كل ما هو جديد من هذه المركبات وهذه المناعه تورثها لأجيالها اللاحقه . ويكمن سر مقاومة الحشرات لهذه الكيماويات السامة فى سرعة تكيفها مع الظروف البيئية المتغيره، فهى تمتلك القدره على سرعة إفراز بعض المبيدات السامة والتخلص منها خارج أجسامها أو تخزين ما دخل أجسامها فى بعض الأنسجة غير الحساسه مثل الأنسجة الدهنية حتى

تقلل من تأثيرها السام . وكذلك فإن الأجيال المتعاقبة من الحشرات تكتسب وسائل دفاع جديده بحدوث طفرات فى تركيب أجسامها مثل زيادة سمك الجدار الخارجى أو زيادة كثافة الشعيرات المحيطه بالجسم للتقليل من نفاذ المواد السامة للداخل . وكذلك فإنها تكتسب القدره بعد التعرف على نوع المبيد على تكسيره إلى مواد بسيطه غير سامه وإخراجه بعد أن يفقد فاعليته .

ويمكن تقسيم المبيدات الحشريه عموما إلى عدة أقسام تبعا للطريقه التى تؤثر بها على الحشره كالتالى :

١- مبيدات سامه للجهاز الهضمى : مثل د.د.ت (D.D.T.) والكاربيل Carbayl والديليدرين Dieldrin وفى هذه الحالة لابد أن تبتلع الحشره المبيد ليتم مفعوله، وهذا النوع يستعمل ضد الحشرات ذات الفم القارض كديدان القطن والجراد.

٢- مبيدات الملامس . مثل د.د.ت (D.D.T.) والمالايثون Malathion والباريثون Parthion ويتم مفعول هذه المبيدات بعد أن تستقر على جسم الحشره لفتره ليحدث أثرها حيث أنها تسبب تآكل جدار الجسم الخارجى أو تسد الفتحات التنفسيه أو تنفذ من خلال الجسم فتسمم الدم أو تشل الجهاز العصبى. وهى تستعمل بطريقة الرش أو التعفير وتستخدم لإبادة النمل والصراصير .

٣- المبيدات الضبابية Fumigants

ومنها ثلاثة أنواع :

أ - غازية : مثل أكسيد الإيثيلين .

ب – سائلة : مثل ثانى كبريتيد الكربون.

جـ – صلبه : مثل الفوسفوكسين وهو ينتج غاز الفوسجين السام بتفاعله مع الماء.

ويتم مفعول هذه المبيدات عن طريق الهواء الذى تتنفسه الحشره وتستخدم على هيئة بخار فى مكان مغلق، وفى حالة مكافحة الآفات النباتية يتم التبخير تحت خيمه من قماش غير نفاذ تنصب حول الأشجار المصابه. وكذلك تنقسم المبيدات الحشريه العضوية تبعا لتركيبها الكيميائى إلى عدة أنواع أهها :

أ– كلوريه عضوية : وهى مركبات عضويه عديده ذرات الكلور Polychlorinated وهى عالية الثبات فى البيئة ولاتذوب فى الماء ولكنها تذوب فى الدهون ولذلك وجدت مخزونه فى دهون معظم الكائنات الحيه مثل الأسماك والطيور والحيوانات بالاضافه لجسم الإنسان بالطبع . ومن هذه المركبات الـ د . د . ت . والدلدرين والألدين والميثوكسى كلور.

ب – فوسفوريه عضوية : وهى مركبات عضويه تحتوى على عنصر الفوسفور Organophosphorus وهى سامه جدا ولكنها أقل ثباتا من المركبات الكلوريه ، ومنها الماليثون والباراثيون.

وتختلف طريق إستخدام هذه المبيدات تبعا لنوع المبيد وطريقة تأثيره على الحشره، وكذلك على نوع الحشرة المراد القضاء عليها. ويمكن تلخيص ذلك فى الطرق الآتية :

١– طريقة الرش Spraying

وهى من أكثر الطرق استعمالا . ويتم فيها إذابة المبيد فى الماء أو فى مذيب

عضوى مثل الكيروسين اذا كان المبيد لاينوب فى الماء ، وتستخدم أجهزة خاصة فى عملية الرش، وتستعمل هذه الطريقة اساسا لرش الأشجار والحقول.

٢- طريقة التبخير Fumigation

وتستخدم فى المبيدات الغازيه التى تتبخر بسرعة عند درجات الحراره العادية مثل النفثالين وثانى كبريتيد الكربون ، وتستخدم لمقاومة الحشرات التى تصيب الأشجار.

٣- طريقة التعفير Dusting

يسحق المبيد الصلب وتضاف إليه مواد حامله لضمان انتشاره وتوزيعه على مساحات كبيره، ومن المواد الحامله المستخدمه الكبريت وكبريتات الكالسيوم وبعض أكاسيد السليكون .

٤- الإيروسولات : Aerosols

تذاب الماده الفعالة فى مذيب عضوى تحت ضغط عالى وتعبأ فى علب معدنية محكمه ، وعند تخفيف الضغط على هذا المحلول يتبخر السائل العضوى بسرعة حاملا معه المبيد المذاب فيه لينتشر فى الجو. وهذا النوع يستخدم فى المنازل لإبادة الحشرات الطائرة والزاحفه .

٥- الدخان : Smokes

يخلط المبيد مع مواد بطيئة الاحتراق مثل الأزوبنزين ثم يحرق فيتصاعد الدخان محملا بالمبيد ليسهل إنتشاره ويمتد تأثيره للحشرات المختفيه فى أماكن ضيقه ، وهذا النوع يستعمل غالبا لمكافحة الحشرات التى تنتشر فى صوامع تخزين الحبوب والغلال .

٢- المبيدات الفطريه : Fungicides

الفطريات هى نوع من أنواع النباتات البدائية التى تهاجم الأشجار وأوراقها وثمارها وهى تسبب تلفا للأخشاب المستعمله فى المبانى، كما تصيب الكثير من المحاصيل الزراعيه بالضرر. وتتسبب الفطريات أيضا فى إصابة الإنسان والحيوان بأمراض جلديه خطيره. وقد استخدمت المبيدات الفطريه من وقت طويل وتم تطويرها للقضاء على الأنواع العديده من الفطريات، ومن أهم أنواعها المركبات العضويه للكبريت ومركبات النحاس والزئبق والكينونات ومشتقات النيتروبنزين.

ويتلخص تأثير المبيدات الفطرية فى إيقاف نمو الفطر أو إيقاف تكاثره عن طريق :

١- إتحاد المبيد مع المركبات الحيويه داخل خلايا الفطر مما يسبب خللا فى إنتاج البروتينات، كما أن إتحاده مع المركبات النيتروجينيه يؤثر على عمليات أيض الأحماض النوويه داخل الخليه.

٢- التفاعل مع الإنزيمات الحيوية مما يسبب تثبيطها وتعطيل عملها.

٣- التأثير على عمليات الأكسده والإختزال داخل خلايا الفطر.

ومن أهم أنواع المبيدات الفطريه مركبات الكبريت العضوية ومشتقات الكينون Quinone والنيتروبنزين Nitrobenzene والأنيليدات Anilides ومركبات البنزيميدازول Bensimidazole بالإضافة لبعض أنواع المضادات الحيوية .

٣- المبيدات العشبيه Herbicides

تستعمل المبيدات العشبيه فى القضاء على الأعشاب الضارة التى تنافس النبات فى الحصول على عناصر الغذاء الأساسيه والماء ، كما تتسبب فى جلب

الحشرات إلى الأراضى المزروعه. وتوجد مجموعتان من المبيدات العشبيه، الأولى وهى الإنتقائيه أى التى لاتؤثر إلا على أنواع معينه من الأعشاب مثل ثنائى كلورو فينكسى حمض الخليك Chlorophenoxy acetic acid ويستخدم لإبادة الإعشاب ذات الأوراق العريضه. أما المجموعة الثانية فهى المبيدات غير الإنتقائيه وتستخدم لإبادة الحشائش عموما بدون التمييز بين أنواعها وتستعمل للقضاء على الأعشاب الضاره التى تظهر فى حقول الذره وقصب السكر ومن أمثلتها مبيد الدايكوت Diquat . ويكثر استخدام مبيدات الأعشاب عموما فى مزارع الحبوب والقطن لما لهذين المحصولين من أهمية اقتصادية كبرى.

خطورة التلوث بالمبيدات

التلوث بمبيدات الآفات ظاهرة حديثه عرفها الإنسان نتيجة الإسراف فى استعمال الأنواع المختلفه من المبيدات التى تلوث الهواء والماء والتربه. وقد تسببت المبيدات الزراعية - وهى من أكثر أنواع المبيدات إنتاجا واستعمالا على مستوى العالم - فى تلوث التربه الزراعيه وإنتقل هذا التلوث عن طريق مياه المطر والصرف الزراعى إلى المجارى المائيه فسبب قتل الكثير من الكائنات الدقيقه التى تعيش فى المياه الطبيعية ، وهذه الكائنات لها دور هام فى حفظ التوازن الطبيعى للبيئه، إذ أنها عن طريق عمليات التمثيل الضوئى التى تقوم بها تحافظ على نسبة الأكسجين الذائبة فى الماء. وتتجمع المبيدات بطريقة تراكميه فى أجسام الأسماك التى تعيش فى مياه ملوثه مسببه موتها إذا وصل التلوث للمستوى القاتل، أو ينتقل لجسم الإنسان عند تناوله للأسماك الملوثه بالمبيدات. كما يتسرب جزء من المياه الملوثه إلى طبقات الأرض السفلى فيسبب تلوث المياه الجوفية .

وقد أدى الإستخدام المتزايد للمبيدات إلى خلل فى التوازن الطبيعى بين الآفات والأعداء الطبيعية لها سواء كانت حشرات أو حيوانات، ولأن هذه المبيدت غير إختياريه فى تأثيرها فإنها تصيب كل من يتعرض لها بأضرار تتفاوت بين كائن وآخر وتزداد بزيادة تركيز المبيد ومدة التعرض له . ونتيجة لذلك نجد أن حشرات مفيده مثل النحل يتم القضاء على أعداد كبيره منها بسبب المبيدات الزراعيه، كما تصاب الحيوانات الحقليه والدواجن بالتسمم نتيجة تعرضها للرش المباشر أو نتيجة تغذيتها على النباتات الملوثه. ويصاب الإنسان أيضا بأضرار بالغة بسبب تناول المنتجات الزراعيه الملوثه مثل الخضر والفاكهة والحبوب أو المنتجات الحيوانية مثل اللحوم واللبن والبيض. ويزداد هذا التأثير بالنسبه لعمال المصانع المنتجه للمبيدات والعمال

الزراعيون الذين توكل لهم مهمة رش الأراضى الزراعيه بمبيدات الآفات. ويجب توخى الحرص الشديد فى التعامل مع تلك المبيدات ومعرفة النسب الصحيحة لخلطها وإرتداء ملابس واقيه واقنعة خاصه للتقليل من احتمالات التلوث .

ومن الأشياء الهامة التى يجب دراستها بدقة من قبل المتخصصين مدى ثبات المبيد فى البيئة ، حيث تحدث للمبيدات - بإعتبارها من الموادالعضويه - عملية تجمع فى الخلايا الحيه سواء النباتية أو الحيوانية ويزيد هذا التجمع التراكمى حتى يصل إلى مستويات ضاره بالإنسان، فإذا كان المبيد عالى الثبات فى الظروف البيئية الطبيعية أصبح خطره ممتدا طالما ظل تركيبه الكيميائى ثابتا ، ولايزول هذا الخطر إلا بعد تعرض المبيد للتكسر الحيوى .

ومن المهم عند استعمال المبيدات الزراعيه ملاحظة أن يتم الرش قبل فترة كافية من الحصاد وخاصة فى المحاصيل التى يتم تناولها طازجة حتى تترك فتره كافية تسمح بتكسر المبيد إلى مركبات غير سامه. ومن المركبات شديدة الخطوره المركب الشهير د.د.ت D.D.T فهو من أكثر المبيدات الحشريه ثباتا إذ أنه يحتاج إلى ٢-١٥ سنه ليختفى أثره من البيئة ، بينما مبيد الحشائش المسمى د-٢و٤ Dichloro phenoxy acetic acid . (D-2,4) يعتبر سريع التكسر ، إذ لايتعدى وجوده فى البيئه ٤ أسابيع وهو معدل سريع للتخلص من آثار المبيدات. ومن الأخطار التى تسببها المبيدات الزراعيه أنها تقضى على الكائنات الحية الدقيقه التى تعيش فى التربة وهى التى تقوم بإمداد النبات باحتياجاته الأساسية من الغذاء كما تتسبب فى تحويل الآفات الثانوية إلى آفات رئيسية وينشأ عن تكرار استعمالها تكون سلالات جديدة من الآفات أكثر مقاومه للمبيدات .

كما يسبب كثرة تعرض الأنسان للمبيدات أخطارا صحيه جسيمه سواء كان هذا التعرض مباشرا أو غير مباشر عن طريق السلسلة الغذائيه، وأكثر الأفراد تأثرا هم الأطفال حيث تم رصد حالات من الإسهال المزمن والطفح الجلدى وتساقط الشعر ونوبات من التشنج بسبب التعرض للمبيدات الزراعيه، كما أنه أصبح فى حكم المؤكد أن المبيدات تسبب العديد من أنواع السرطانات وبخاصة سرطان الدم (اللوكيميا).

أما بالنسبه للمبيدات الحشريه المستخدمه فى المنازل فمن الخطوره استعمالها بإسراف أو التعرض المباشر لها ولمدد طويله لأنها تسبب تشوه الأجنه، كما تصل إلى لبن الأم المرضع وينتقل تأثيرها إلى الأطفال الرضع . والتركيزات العاليه من المبيدات تسبب للشخص البالغ إضطرابات فى الوظائف الحيويه للمعده والكلى والكبد بالإضافة إلى مظاهر الخمول وضعف الذاكره .

مكافحة الحشرات بدون استخدام الكيماويات :

تجرى محاولات عديده للأقلال من استعمال المبيدات الكيميائيه لما لها من آثار خطيره على الكائنات الحيه وذلك بإستعمال طرق أخرى مستخلصه من الطبيعه يكون لها فاعليه فى القضاء على الحشرات الضاره بدون الإضرار بالجنس البشرى أو بالكائنات الحيه الأخرى. وقد تستعمل هذه الطرق بالتوازى مع الطرق الكيميائيه وتسمى فى هذه الحاله بالمكافحة المتكاملة ، ومن أهم هذه الطرق:

١-المكافحة الطبيعية:

وتشمل إستغلال الظواهر الطبيعية المؤثرة على حياه الحشرات وتكاثرها مثل الأحوال الجويه والأمطار وتغير درجات الحرارة . كما تشمل تربيه بعض أنواع الكائنات الغير ضاره بالإنسان والتى تتغذى على الحشرات الضاره مثل بعض أنواع

الطيور والحشرات الأخرى، أو تتسبب فى اصابه الحشره الضاره بالأمراض مثل بعض أنواع البكتيريا والفيروسات والفطريات .

٢-المكافحة البشريه:

وتشمل طرق المكافحة اليدويه بجمع الحشرات الضارة أو أحد أطوار حياتها ثم حرقها، وكذلك وضع الحواجز والأسلاك التى تمنع إنتقال الحشرات من منطقة زراعيه لأخرى أو منعها من الدخول للمنازل. كما يمكن إستخدام درجات الحراره المنخفضه فى حفظ الثمار والخضروات من الحشرات وكذلك الإشعاع فى وقاية الحبوب خاصة أثناء تخزينها .

٣-المكافحة البيولوجية:

ويتم هذا النوع من المكافحة بأكثر من طريقة تعتمد على دراسة الطبيعة الفسيولوجية للحشرات المراد القضاء عليها وفهم طبيعة حياتها، وتتم إما بمنع الحشره عن التغذية أو بإيقاف دورة حياتها:

١- باستخدام المركبات المانعة للتغذية والتى تؤثر على أعصاب التذوق الموجوده حول فم الحشره مثل مركب هيدروكسيد ثلاثى فينيل القصدير Triphenyltin hydroxide ضد دودة ورق القطن وحشرات الحبوب المخزونه .

٢- بإستخدام الإشعاع فى تعقيم ذكور الحشرات ، حيث يستخدم الكوبالت ٦٠ لهذا الغرض ثم يتم إطلاق الذكور المعقمه فى الطبيعة لتنتج بعد التزاوج بيضا غير مخصب فتتوقف دورة حياه الحشره . وتستعمل هذه الطريقه مع ذبابة الدوده البريميه وذبابة البطيخ .

٣- باستخدام المعقمات الكيميائية مثل رباعى الأمين Tetramine وهى تستخدم بدلا من طريقة التعقيم الاشعاعى وتؤدى نفس الفرض، ويتم خلط هذه المواد مع طعام الحشره أو مع بعض المواد الجاذبة جنسيا.

٤- باستخدام الهرمونات الحشريه للتأثير على خصوبه الحشرات والتأثير على دورة حياتها مثل بعض الهرمونات المستخرجه من زلال البيض ومشيمة الإنسان أو الغدة التخامية فى العجول الصغيره .

٥- باستخدام الجاذبات الجنسيه لجذب الذكور وهى مواد تحضر صناعيا وتوضع فى مصائد خاصة أو تخلط بمواد لاصقه تجذب ذكور الحشرات ليتم التخلص منها بقتلها.

٦- بإيجاد جيل من الحشرات ذو نقص فى صفاته الوراثيه ، ويتم ذلك معمليا بتربيه الحشره وإحداث طفرات جينيه فى تركيبها لتنقلها للأجيال التاليه بعد إطلاقها مثل النقص فى أجزاء الفم مما يعوقها عن الغذاء .

زيت البترول Petroleumoil

يعتبر البترول من أهم مصادر الطاقة المستخدمه على المستوى العالمى، بالاضافه الى دخوله فى كثير من الصناعات البتروكيمياوية . ومع ازدياد الاحتياج العالمى للبترول زادت عمليات التنقيب عنه سواء فى اليابسه أو فى المناطق البحرية، كما زادت حركة نقل خاماته من مواقع الانتاج إلى مواقع الاستهلاك .

وتشكل المواد البترولية أخطر ملوثات البحار حيث أن حوالى ٢٠٪ من البترول المنتج عالميا يستخرج من أعماق البحار، وقد تحدث أثناء عمليات حفر الآبار بعض الحوادث التى تسبب تلوث المياه بكميات هائلة .

كما يحدث تلوث البحار بسبب ناقلات البترول نتيجة الحوادث كالتصادم أو التآكل فى الجسم المعدنى للناقلة مما يسبب تسرب الزيت الخام، وكذلك أثناء عمليات التحميل والتفريغ ومن الأسباب التى تزيد كمية التلوث إلقاء مياه غسل خزانات الناقلات بعد تفريغها فى البحر ، وكذلك إلقاء ما يعرف بمياه الموازنه فى مياه البحر، حيث تملأ الناقله بعد تفريغ شحنتها من البترول بالمياه بنسبة لاتقل عن ٦٠٪ من حجمها للحفاظ على إتزان الناقله أثناء سيرها فى عرض البحر خلال رحله العوده الى ميناء التصدير. وتتسبب ناقلات البترول وحدها فى تسرب الزيت الخام إلى مياه البحار والمحيطات بمعدل يصل إلى ٢ مليون طن سنويا.

ومن الأسباب الخطيره لحدوث التلوث البترولى الانفجارات التى قد تحدث أثناء عمليات التنقيب أو النقل البحرى مسببه تدفق زيت البترول الخام فى المياه لفترات طويله تصل لعدة شهور .

ويحتوى زيت البترول الخام على العديد من المواد العضوية الكثير منها يعتبر ساماً للكائنات الحيه ومن أخطر تلك المركبات مركب البنزوبيرين Benzopyrene

وهو من الهيدروكربونات المسببه للسرطان Carcinogenic ويسبب موت الكائنات الحيه المائية . ويمكن تقسيم المواد البترولية الى عدة مجموعات تبعا لتركيبها الكيميائى :

١- البرافينات : وهى مركبات هيدروكربونية ذات سلاسل أليفاتيه مستقيمه أو متشعبه ، القصير منها يكون سهل التطاير وله درجة غليان منخفضه بينما تقل قدرة المركب على التطاير وتزداد درجة غليانه بزيادة طول السلسلة وتشعبها.

٢- النفثينات : وهى مجموعة من المركبات الحلقيه البسيطة تكون متجانسه إذا إحتوى هيكلها فقط على ذرات الكربون أو غير متجانسه عند دخول ذرات أخرى مثل النيتروجين أو الأكسجين أو الكبريت فى تلك الحلقات.

٣- الحلقات العطرية : وهى مركبات معقدة التركيب إذ أن معظمها يوجد مرتبطا ببعضه البعض ليكون ما يعرف بالمعقدات الحلقيه Polycyclic Compounds ويعتقد أن هذه المجموعة من المركبات من أكثر المواد المسببه لأمراض السرطان .

٤- القار : وهو مجموعه من المركبات عاليه الكثافة لها أوزان جزيئية كبيره جدا ولها درجات غليان عاليه وهى تحتوى على مركبات صلبه ومركبات هيدروكربونيه شمعية ومركبات غير هيدروكربونيه يدخل فى تركيبها الأكسجين والنيتروجين والكبريت وبعض المعادن .

ولأن كثافة البترول أقل من كثافة الماء فهو يطفو على سطحه مكونا طبقة رقيقه عازلة بين الماء والهواء الجوى ، وهذه الطبقه تنتشر فوق مساحة كبيره من سطح الماء وتمنع التبادل الغازى بين الهواء والماء فتمنع ذوبان الأكسجين فى مياه البحار

مما يؤثر على الاتزان الغازى، كما أنها تمنع وصول الضوء إلى الأحياء المائية فتعيق عمليات التمثيل الضوئى التى تعتبر المصدر الرئيسى للأكسجين والتنقيه الذاتية للماء ، ممايؤدى لموت كثير من الكائنات البحريه واختلال فى السلسلة الغذائية للكائنات البحرية .

وتعمل البكتيريا الاكسجينيه الموجوده بالمياه على تحليل تلك الطبقة البترولية باعتبارها من الموادالعضوية التى تتكون اساسا من أنواع مختلفة من الهيدروكربونات ويتم ذلك ببطء ، ويعتبر نوعا من المكافحة الطبيعية لهذا النوع من أنواع التلوث .

ويتسبب النفط فى تلويث الشواطئ نتيجة إنتقاله لمسافات بعيده بفعل التيارات البحرية وحركة المد والجذر، كما تتجمع بعض أجزائه على شكل كرات صغيره سوداء تعيق حركة الزوارق وعمليات الصيد بالشباك وتفسد جمال الشواطئ الرمليه وتتلف الاصداف البحريه والشعاب المرجانية مؤثرة على السياحة فى تلك المناطق. ولاتسلم الطيور البحرية أيضا من آثار تلك المشكلة فتظهر على أجسامها وريشها آثار التلوث البترولى ممايؤدى الى تسممها ، كما تذيب المواد الدهنية الموجوده على ريشها والتى تعمل كطبقة عازلة لأجسام الطيور فتسبب بذلك موتها بتأثير البرد.

ولعلاج مشكلة التلوث بالبترول يتم تنظيف الشواطئ بجرف كميات كبيره من الرمال والتخلص منها بعيدا عن شاطئ البحر ، أما التلوث البحرى فيتم محاصرته بإستخدام أجهزه ومعدات خاصه مع الاستعانه بالجرافات والكانسات، وهذه التقنية تستغرق وقتا طويلا تتعرض فى أثناء هذه البقع الزيتيه لعوامل المناخ والتيارات البحريه حيث تتشتت وتتحطم بفعل الضوء مما يزيد صعوبة عملية المكافحة. أما الطريقة الكيميائية لعلاج تلك المشكله فتتم برش أنواع معينه من المذيبات والمنظفات على سطح البقع الزيتيه فى البحار الملوثة لتحولها بعد تفتيتها إلى ما يشبه المستحلب

ليترسب على القاع. ويعتبر هذا علاجا ظاهريا للمشكلة لأن وصول تلك المواد الى قاع البحار يسبب إبادة الأسماك والقواقع وديدان الرمل التى تعيش فيها. وبذلك تعتبر هذه الطريقة زيادة فى تعقيد مشكلة التلوث وليس حلا نهائيا لها.

أما أحدث ما توصل إليه علماء الهندسة الوراثية للقضاء على هذه المشكلة فهو تخليق أنواع من البكتيريا لها القدره على تحمل سمية هذه المواد وتحويلها إلى مادة غذائية لها. ويتم ذلك بتهجين أكثر من نوع من أنواع البكتيريا الموجوده فى الطبيعة وإحداث عدد كبير من التبادل بين جيناتها المختلفه للوصول إلى الصفات المطلوبه وإنتاج نوع جديد من البكتيريا التى لاوجود لها فى الطبيعه لها القدره على استعمال البترول كغذاء. وقد استخدمت هذه الطريقه على نطاق واسع لمعالجة مشكلة بحيرات البترول التى خلفتها حرب الخليج وحققت نتائج مدهشة .

البوليمرات Polymers

إنتشر استعمال البوليمرات أو المواد البلاستيكية على نطاق واسع فى جميع مجالات الحياه، وأصبح لها فرعا مستقلا من فروع علم الكيمياء يسمى علم البوليمر Polymer Science يبحث فى طرق تحضير وخواص تلك المركبات الهامه بهدف تحسين خواصها واستحداث الجديد منها لملاحقه احتياجات الانسان المتزايده لتلك المركبات.

والبوليمرات إما أن توجد طبيعية حيث لادخل للإنسان فى إيجادها مثل المطاط الطبيعى الذى يستخلص من بعض أنواع الأشجار وكذلك الصمغ العربى والسليولوز ، أو تكون مصنعه بواسطة الإنسان . ويتم تصنيع تلك المركبات من منتجات البترول الهيدروكربونيه عن طريق تفاعلات تسمى تفاعلات البلمره Polymerization وهى عباره عن تكرار لوحدات صغيره من الجزيئات العضوية بسيطه التركيب تسمى Monomers لتنتج مركبا جديدا يختلف فى صفاته الفيزيائية والكيميائيه ووزنه الجزيئى عن المركب الأصلى، ويحتوى الجزئ الواحد من البوليمر على عدد كبير من تلك الوحدات الأساسيه قد يصل للملايين . وتتم عملية البلمره فى أوعية تفاعل خاصة وتحت ظروف معينه من الضغط والحراره . وتضاف أثناء تلك العمليه بعض المواد الكيميائية تكون مسئولة عن بدء التفاعل وتسمى بالمواد البادئه للتفاعل Initiators ، كما تضاف مواد أخرى وهى مواد مساعده Catalysts لزيادة سرعة التفاعل. ويستمر تفاعل البلمره حتى يصل الوزن الجزيئى للوزن المطلوب فتضاف مواد معينه لإيقاف التفاعل تعرف بإسم المواد المثبطه Terminators.

وتعتبر صناعة البتروكيمياويات من الصناعات الهامه التى يقاس بها مدى تقدم الدول، فقد أمكن الحصول من تلك المواد الأوليه المكونه للبترول على حوالى عشرة

ألاف مركب تختلف فى صفاتها وخصائصها ، وقد حلت تلك المواد تدريجيا محل المواد التقليديه مثل المعادن والخشب والزجاج وذلك لسهولة تشكيلها وخفة وزنها وتحملها ورخص تكلفتها. كما أن من مميزاتها أنها غير قابله للصدأ مثل بعض المعادن، ومقاومة للأحماض والقلويات كما أنها لاتتفاعل مع المواد الغذائية إلا فى ظروف خاصة.

استعمال المواد البلاستيكية:

١- فى مجال الأدوات المنزلية:

تستخدم البلاستيكات فى تصنيع الكثير من أدوات المطبخ والمائده وخاصة البولى إيثيلين والبولى بروبيلين والبولى ستيرين حيث أنها خفيفه الوزن وتتمتع بألوان جذابه بالإضافة لسهولة تنظيفها فضلا عن رخص ثمنها . كما تستعمل راتنجات الميلامين فى تصنيع الأطباق والأكواب والذى يعرف بإسم الميلامين ، وتستخدم راتنجات اليوريا فورمالدهايد وراتنجات الفينول فورمالدهايد فى تصنيع ما يعرف بإسم البكاليت وهو شائع الاستعمال فى الأجهزه الكهربيه وأدوات الحمامات.

٢- فى مجال الأثاث والديكور:

ينتشر استعمال المواد البلاستيكية فى مجال تصنيع الستائر والمفروشات والسجاجيد والموكيت وكذلك ورق الحائط ، وهذه المواد مصنعه من إسترات عديده مشبعه. كما تستخدم مادة البولى يوريثان الرغوى فى تصنيع المراتب الاسفنجية وحشو الكراسى. وهذه المواد قابله للتلون بألوان زاهية جميله المظهر بالإضافة لسهولة تنظيفها بالماء وعدم تأثرها به.

٣-في مجال الألياف الصناعية والمنسوجات:

تم إستبدال الكثير من المنسوجات التقليدية ببدائل من الألياف الصناعية البلاستيكية لرخص ثمنها وتمتعها بالألوان الجذابه ومقاومتها العاليه لنمو البكتيريا والكائنات الحيه الدقيقه أثناء تخزينها، كما أن بعضها يكون مقاوما للحريق ويتحمل الغسيل المتكرر . واغلب تلك المنسوجات تصنع من البولى استرات المشبعه المعروفه بإسم الداكرون والتيريلين أو من النايلون أو الفيسكوز .

٤-في مجال الزراعة :

تعتمد طرق الزراعة الحديثه على نظم الرى التى تستعمل فيها المواسير والأنابيب ورشاشات المياه والوصلات المرنه وكلها تصنع من مواد بلاستيكية مثل البولى إيثيلين أو البولى كلوريد الفينيل، كما يستخدم البلاستيك فى تغطية الصوبات الزراعية وفى تبطين قنوات المياه.

٥-في مجال الطب والجراحة :

أدى إدخال المواد البلاستيكية فى عالم الطب إلى تخفيض أسعار الكثير من الأدوات المستخدمة فى هذا المجال، كما ساهم فى إبتكار الكثير من المنتجات الجديده التى يسرت بعض أنواع العلاج الطبى كأكياس حفظ الدم والمحاليل الطبيه والأنابيب التى تستخدم فى نقلها، بالإضافة لعبوات الأدويه والقطره والحقن والقفازات الجراحية .

كما تدخل هذه المواد أيضا فى العمليات الجراحيه وبخاصة جراحة التجميل بجانب جراحات المناظير ، كما تصنع منها بعض المواد التعويضيه البشريه، كذلك تصنع منها صمامات القلب والعدسات اللاصقة .

٦-في مجال التغليف والتعبئة :

كلنا يلمس مدى إنتشار الأكياس المصنوعة من البولى إيثيلين والبولى بروبيلين والتى تستعمل فى تعبئة السلع المختلفة، كما تستعمل على نطاق واسع فى تعبئة الأسمدة والأسمنت والاعلاف الحيوانية والمواد الكيماويه ، وكذلك فى تعبئة المحاصيل الزراعيه والفواكه . كما تستعمل أنواع معينه ذات مواصفات خاصة من البولى استرات المشبعه فى تعبئة المياه الغازيه والزيوت والخل وكذلك المربات والحلوى.

٧-في مجال الأدوات الكهربية والأجهزة :

لاشك فى أن تصنيع المواد البلاستيكية قد أحدث ثوره فى عالم الأجهزة الكهربية فهى عوازل ممتازه للكهرباء تصنع منها الأكياس ومفاتيح الإناره وفصل التيار وقواعدالمصابيح الكهربية، كما تعتمد عليها الصناعات الالكترونية مثل الراديو والتليفزيون وأجهزة التسجيل والفيديو والكومبيوتر وغيرها. كما تستخدم فى تغليف الأسلاك الكهربية بأمان تام. ولايفوتنا كذلك أهمية منتجات البولى ستيرين الرغوى كعازل حرارى لجدران الثلاجات والمبردات .

٨-في مجال الالات ووسائل المواصلات :

تصنع من المواد البلاستيكية الكثير من أجزاء نقل الحركة فى السيارات والآلات مثل التروس والسيور وكذلك مانعات تسرب الزيت والخراطيم. كما أنها تدخل فى صنع إطارات السيارات الداخلية والخارجية وكذلك الكثير من الأدوات الهامة فى وسائل النقل والمواصلات مثل المقابض والفرش الداخلى وأجزاء كثيره من هياكل السيارات .

ولايقتصر دور المواد البلاستيكية على هذا بل تدخل فى مجالات عديدة أخرى مثل مجال تصنيع الأسلحة والذخائر وكذلك أدوات الصيد البريه والبحريه، كما تستخدم فى مجال الإطفاء ومقاومة الحرائق، كما أنها تدخل فى مجال الطلاء والدهانات.

وسنستعرض الآن بعض أنواع البوليمرات الشائعه الاستعمال من حيث خواصها ومجالات استعمالها :

١- البولى أوليفينات (البولى إيثيلين والبولى بروبيلين) :

Poly ethylene & Polypropylene

هى من أبسط أنواع البوليمرات وتحضر من بلمره غاز الايثيلين أو البروبيلين، وهذه النوعية من البوليمرات لاتحتوى جزيئاتها إلا على عنصرى الكربون والهيدروجين فهى لا تحتاج لأى إضافات أثناء تصنيعها مثل الملدانات أو المثبتات أو المواد المالئة والألوان (وهذه الاضافات سيأتى ذكرها فيما بعد)، ولذلك فالبولى أوليفينات تستعمل بأمان فى مجال تعبئة وتغليف الأطعمه وفى صناعة مواسير نقل مياه الشرب. كما تصنع منها أكياس تعبئة الحاصلات الزراعية والأسمدة الكيماوية .

٢- البولى ستيرين : Polystyrene

ينتج من بلمرة الاستيرين الذى يحضر من تفاعل البنزين مع غاز الايثيلين، وهو يتمتع بشفافية عاليه مع درجة صلابه مناسبه، ويدخل فى تصنيع الأدوات المنزليه والأدوات المكتبية والهندسية. ويعيب هذا المنتج سرعة تأثره بالمذيبات العضوية المختلفة. ويستخدم البولى ستيرين كذلك فى إنتاج الألواح المستخدمه كعوازل للصوت والحرارة المعروفه بإسم الفوم Foam .

٣- البولى فينيل كلوريد : Polyvinyl Chloride (PVC)

ويتم تصنيعه ببلمره غاز كلوريد الفينيل الناتج من تفاعل الكلور مع الإيثيلين المستخرج من الغاز الطبيعى، وهذا الغاز ضار جدا بالصحة حيث أنه يسبب سرطان الكبد عند استنشاقه، ولذلك يجب وضع ضوابط شديده أثناء تصنيعه ومتابعة أى تسرب قد يحدث فى مكان الإنتاج . وعند تعرض هذا البوليمر إلى أشعة الشمس أو الحراره لفتره طويله فإنه يتكسر جزئيا وينطلق نتيجة ذلك غاز كلوريد الهيدروجين مخلفا وراءه ماده انبولى فينيلين. وغاز كلوريد الهيدروجين كما هو معروف غاز سام يسبب إلتهابات وحروق للجلد والجهاز التنفسى بتأثير حمض الهيدروكلوريك الناتج عند ذوبانه فى الماء . ولذلك لايستخدم هذا النوع من المنتجات البلاستيكية فى تصنيع العبوات الغذائية أو الدوائيه أو أدوات المائدة كالأطباق والأكواب وغيرها.

ولتحسين خواص البولى فينيل كلوريد وزيادة صلابته تتم إضافة بعض المواد العضوية إليه أثناء عملية التصنيع مثل المواد الملدنه والمقاومة لعوامل الأكسدة بالإضافة للألوان والصبغات كما تضاف بعض المواد المالئة غير العضوية مثل أكاسيد وأملاح بعض المعادن. وأغلب هذه المواد لها تأثير خطير على صحة الإنسان.

والبوليمر الناتج فى صورته النهائية يتميز بصلابته ومقاومته للأحماض وتحمله لدرجات الحراره العالية نسبيا وهو لذلك يستعمل فى صناعة أنابيب المياه والصرف الصحى، كما تصنع منه إسطوانات التسجيل الصوتى وأكياس جمع القمامه .

٤- البولى يوريثان : Polyurethane

يدخل هذا البوليمر فى صناعات عديدة هامه مثل صناعة الاسفنج الصناعى

المستعمل فى صناعة المراتب والمقاعد، كما يدخل فى صناعة البويات والورنيشات والمواد اللاصقة . وأثناء صناعة هذه المنتجات يتم تفاعل مادة الايزوسيانات مع الجليكولات أو الزيوت، والأيزوسيانات ماده شديده السميه قد تتسرب أثناء التصنيع لتسبب إصابات بالغة بالجهاز التنفسى للشخص الذى يستنشقها، كما تزيل لون الجلد عند ملامسته لها كما تحدث إنتفاخات وحساسيه به.

٥- المطاط : Rubber

تعتبر صناعة المطاط من الصناعات الخطره على البيئة حيث تستخدم فيها بعض المواد الضارة كمواد مالئة أو مصلده ، وهى تستخدم على هيئة مساحيق ذات أحجام جزيئية دقيقه مثل أسود الكربون الذى يتطاير فى الجو مسببا تلوثا يصيب العاملين بأمراض الجهاز التنفسى والدم . كما يستعمل مسحوق الكبريت ومسحوق الحجر الجيرى مع بعض أكاسيد المعادن والطفله كإضافات للمطاط . ومنتجات المطاط تتحلل بالتسخين لتكون موادا عضويه بسيطه ، وتعطى عند احتراقها كميه كبيره من الطاقة ولذلك تستخدم مخلفات المطاط كوقود ويراعى عند ذلك إتخاذ الاحتياطات اللازمه لمنع تصاعد الأدخنه المحتويه على غازات أول وثانى أكسيد الكربون وأكاسيد الكبريت والمواد العضوية المتطايرة وكلها مواد شديده الضرر بالبيئة .

٦- الراتنجات : Resins

تشمل الراتنجات أكثر من نوع من أشهرها الفينول فورمالدهايد وهو من الراتنجات الفينولية ويحضر ببلمره ناتج تفاعل الفورمالدهايد مع الفينول، والمواد المستخدمه فى صناعته مواد خطيره تسبب إلتهابات فى الجهاز التنفسى والتهابات فى الجلد كما تؤثر على العين، ويتم تصنيع هذا النوع من الراتنجات تحت ضغط

شديد وحراره عالية ليكتسب صلابه عاليه. ويستخدم هذا المنتج فى صناعة البكاليت وألواح الفورمايكا. ومن المشاكل الناتجه عن هذه المادة تأثرها بالحرارة فيتصاعد منها أبخره الفينول والفورمالدهيد فى الهواء مسببه تلوثه.

ومن الراتنجات الأمينيه راتنج اليوريا فورمالدهيد وراتنج الميلامين فورمالدهيد، وينتج الأول بتفاعل اليوريا مع الفورمالدهيد ولايستعمل فى تصنيع أدوات المائدة نظرا لإحتمال تصاعد مادة الفورمالدهايد منها تحت تأثير الحرارة (ولذلك تصنع منه بعض الأدوات الكهربية وأدوات الحمام)، بينما يصنع الثانى من تفاعل الميلامين مع الفورمالدهيد وهو أكثر مقاومه للحراره ولذلك تصنع منه أدوات المائده، كما أن له مقاومه عاليه للمواد الكيميائية المستعمله فى المنزل مثل الخل والزيت والليمون. وتمتاز هذه الراتنجات بمقاومتها للخدش وسهولة تنظيفها.

٧- التيفلون : Teflon

يعتبر من المركبات الفلوروكربونيه لأنه يحتوى على عنصر الفلور مرتبطا بذرات كربون السلسلة الأساسيه فى البوليمر . ويمتاز هذا المركب بخواص ميكانيكية عاليه ولذلك تصنع منه تروس الآلات والوصلات والجوانات، كما يدخل فى صناعة تغليف أسلاك كابلات الجهد الكهربائى العالى، وفى دوائر الضغط العالى فى أجهزة التليفزيون. وهذا المركب يتميز بتحمله للحرارة ولذلك يستعمل كماده طلاء لأوانى طهى الطعام والأفران الحراريه .

٨- البوليسترات : Polyesters

الوحدة البنائية لهذه البوليمرات هى استرات بعض الأحماض العضويه ، وهى تستعمل بعد اضافة بعض الألياف إليها لصناعة البدائل المعدنية المكونه لهياكل الزوارق البحريه وخوذات الرأس وذلك لخفة وزنها وتحملها العالى للصدمات .

تحسين خواص المواد البلاستيكيه :

تضاف إلى البوليمرات أثناء تصنيعها بعض المواد الكيميائية بهدف تحسين خواصها والوصول إلى الصفات المطلوبه. وهذه المواد تعود مره أخرى للبيئة بعد إنتهاء الحاجة للماده البلاستيكية أو عند التخلص منها بعد إنتهاء عمرها الافتراضى. ولذلك سنقوم بعرض أهم هذه الإضافات :

١- المدنات: Plasticizers

وهى مواد عضويه تستعمل لإكساب المنتجات ليونه ومرونه مثل مركبات الاستراث الأليفاتيه والبولى استرات ومركبات الفثالات، وتلك المنتجات تستعمل فى صناعة الأنابيب والمواسير والعبوات المختلفة .

٢- المثبتات الحرارية: Heat Stabilizers

وهى تستعمل لمنع تحلل البلاستيك عند تعرضه لحرارة عاليه ، وهذه الاضافات هى مركبات غير عضويه للرصاص والباريوم والكادميوم والزنك . وتدخل تلك النوعية الناتجة من البلاستيك فى صناعة الكابلات الكهربية والأجهزة الكهربية والمواسير.

٣- المثبتات الضوئية: Light Stabilizers

وتضاف لزيادة مقاومة البلاستيك للتحلل الضوئى، وهى تدخل فى صناعة الأفلام البلاستيكية الزراعيه وفى مجال الإنشاءات .

٤- مضادات التاكسد: Antioxidants

وهى المواد التى تساعد البلاستيك على مقاومة التاكسد بأكسجين الهواء الجوى مثل مركبات الفينولات والأمينات والمركبات الفوسفورية .

٥- مقاومات الميكروبات: Antimicrobials

وهى مواد تزيد من مقاومة البلاستيك لنمو الميكروبات على أسطحها مثل الايزو ثلازالون وغيره. وتستعمل هذه المنتجات فى صناعات عوازل الأسقف والأرضيات والمفروشات وتجهيزات المستشفيات والمعامل .

٦- الملونات: Colorants

وهى صبغات عضويه وغير عضويه تضاف لمعظم أنواع البلاستيك لإكسابها ألوانا زاهيه جذابه.

٧- المواد المالئة: Fillers

وهى تضاف بغرض زيادة صلابه البلاستيك ، ومن أمثلتها مساحيق المعادن والحجر الجيرى والرمل والطفله.

٨- مثبطات اللهب: Flame Retardants

وهى مركبات هالوجينيه وبعض المركبات الفوسفورية تضاف لزيادة مقاومة المواد البلاستيكية للإشتعال، وتدخل هذه المنتجات فى صناعة الأجهزة الكهربية والسيارات والمفروشات والأثاث والطلاء ، كما أنها تستعمل فى صناعة أقمشة ملابس رجال الإطفاء والجنود وغيرهم ممن يواجهون خطر التعرض للنيران .

٩- مقاومات الشحنات الاستاتيكية: Antistatics

تستخدم بعض الأملاح الأمينية واسترات حمض الفوسفوريك كإضافات لبعض المنتجات المستعمله فى التعبئة والتغليف بصفة خاصة لمنع تكون شحنات كهربية استاتيكية عليها مما يعيق عملية التغليف والطباعة وعلى تلك المواد مثل الشرائط اللاصقة والخيوط وشرائح البلاستيك .

إعادة تدوير النفايات البلاستيكية

Plastic Recycling

نظرا لقوة تحمل البلاستيك للتغيرات الفيزيائية ومقاومته للأحماض والقلويات فقد أصبحت مشكلة التخلص منه بعد استعماله مشكلة تحتاج إلى حل حاسم حيث أنه لا يتحلل بيئيا بفعل العوامل البيئية أو البكتيريا والفطريات مثل معظم المواد العضويه المتداولة . وبالنظر لحجم المنتجات البلاستيكية ومدى التوسع في إنتاجها واستعمالها في العصر الحالي ، تصبح مشكلة التخلص من النفايات البلاستيكية من المشكلات الهامه التي يجب مواجهتها حتى لاتزيد مشاكل البيئة تعقيدا.

ومن الطرق التقليدية للتخلص من مشكلة النفايات البلاستيكية الحرق، وهو ليس حلا للمشكلة لأن إحتراق البلاستيك حتى ولو كان في درجات حراره عاليه ينتج عدداً من الغازات السامة مثل أول أكسيد الكربون وكلوريد الهيدروجين . وتعتمد طبيعة تلك الغازات على نوع المادة البلاستيكية فالمواد المحتويه على عنصر الكلور مثل البولى فينيل كلوريد تنتج غاز كلوريد الهيدروجين، بينما البوليمرات الغنية بعنصر النيتروجين مثل البولى أميد فيتصاعد منها مجموعة من أكاسيد النيتروجين الغازيه. أما حرق البولى بيوتادين فيسبب تلوث الهواء بغاز ثانى أكسيد الكبريت لأن عنصر الكبريت يدخل في تركيبه .

أما الطريقه الأكثر أمانا في التعامل مع المخلفات البلاستيكية فهي الدفن في التربه بعيدا عن مناطق العمران حتى لايضطر مره أخرى لإخراجها نتيجة التوسع العمراني .

ومن أهم طرق التخلص من منتجات البلاستيك الغير صالحة للاستعمال طريقة إعادة تدويرها، وهذه الطريقة تصلح في معالجة المنتجات القابلة للإنصهار بتأثير

الحراره بشرط ألا تتحلل بفعل الحراره مثل البولى ايثيلين والبولى بروبيلين والبولى ستيرين وغيرها. وتتم تلك العملية بإضافة نسبة لاتتجاوز ١٠٪ من تلك المواد الغير مستعمله إلى خامات البلاستيك أثناء التصنيع على ألا تكون تلك المواد ملوثه حتى لاتضر بالمنتج الجديد .

أما النفايات السابق استخدامها فيتم تجميعها من القمامه وفرزها ثم تصهر لتتحول إلى الحالة السائله ثم تضاف إليها بعض الألوان العضويه والصبغات لإعطائها لوناً واضحا، وقد يضاف أسود الكربون (السناج) إليها ليمحو ما بها من ألوان ويحولها إلى اللون الأسود. كما تضاف لمصهور تلك المواد بعض الاضافات لتحسين خواصها من ناحية الليونه أو الصلابه.

ويكمن الخطر فى هذه الطريقه عند اعادة استخدام منتجات بلاستيكية كانت مخصصه لتعبئة السموم والكيماويات أو المعادن الثقيله. ويجب عند إتباع هذه الطريقة أن تضاف هذه النفايات بكميات بسيطه أثناء إنتاج الخامات الجديده، كما ينصح بعدم استعمال النواتج فيما يتعلق بطعام الإنسان أوشرابه ، ولكن يجب أن يقتصر استعمالها على مواسير الصرف الصحى والصناعى.

ومن الطرق الأخرى لإعادة استخدام البلاستيك إجراء عملية تقطير تجزيئى له لتكسير مكوناته إلى مواد بسيطه التركيب حيث يستفاد منها فى صناعات أخرى، وهذه الطريقة لاتصلح إلا للمواد التى يمكن صهرها بالحراره، أما بالنسبة للنفايات التى لاتلين بالحراره مثل راتنجات الايبوكسى الصلبه أو منتجات البكاليت فيتم طحنها طحنا ناعما لإستخدامها كمواد مالئه فى صناعة مواد بلاستيكيه جديده.

أما أحداث الاتجاهات العلمية لحل تلك المشكلة فهى إبتكار منتجات بلاستيكية تتحلل بيولوجيا لتتحول إلى مواد عضويه بسيطه بفعل الكائنات الحيه الدقيقه فى وجود

أشعة الشمس والهدف من ذلك هو التخلص من تلك المواد ذاتيا فور تأديه دورها حفاظا على البيئه من التلوث . ولكن يجب ملاحظة أن تكون نواتج هذا التحلل مواداً كيماويه غير سامه يسهل للبيئة المحيطه بها استيعابها بلا مشاكل .

العقاقير الطبيه Drugs

المقصود بالعقاقير الطبيه تلك التى يتناولها الإنسان بطريق غير مباشر وبدون علمه عن طريق تناول المنتجات الحيوانيه والدواجن الملوثه بتلك العقاقير . وليست العقاقير التى يتناولها الإنسان طلبا للشفاء من الامراض المختلفة والتى يجب مراعاة جرعاتها المحدده لما لها من اثار جانبيه ضاره. أما العقاقير الأخرى فهى تلك التى تضاف لطعام الحيوانات او تحقن بها لزيادة استفادتها من غذائها أو زيادة نسبة الدهون فى أجسامها أو لوقايتها من الأمراض . وتستخدم لهذه الأغراض عدة أنواع مثل المضادات الحيويه والهرمونات والمهدئات.

١-المضادات الحيوية:

وهى تستخدم لوقاية الحيوانات والدواجن من الأمراض المختلفه وتسبب زيادة فى معدل الإستفادة من الغذاء ، وتتراكم هذه المواد فى لحوم الحيوانات ، وتنتقل إلى البانها ثم إلى الإنسان عند تناول اللحوم أو الألبان ومنتجاتها . ويسبب كثرة تناول هذه المضادات إعتياد الميكروبات عليها مما يفقدها فاعليتها بالنسبه للإنسان فيحتاج إلى زيادة جرعتها عند تناولها كعلاج أو إلى تغيير نوعية المضاد بآخر ، كما أن وصولها لجسم الإنسان قد تسبب تفاعلات غير مرغوب فيها مع عقاقير أخرى موجوده بجسمه بغرض العلاج . وكذلك فبعض الأشخاص لديهم نوعا من الحساسيه لبعض أنواع المضادات الحيوية تزيد آثارها بزيادة تناول الشخص لتلك المنتجات الملوثه دون أن يعرف سبب ما يعانيه من أعراض مرضيه .

كما أن وجود المضادات الحيويه فى الألبان واللحوم يسبب مشاكلا عديده عند تصنيع هذه المنتجات لأنها تعمل على القضاء على الأحياء الدقيقه النافعة الموجوده بها ، ويظهر ذلك بوضوح عند تصنيع الجبن والزبادى من الألبان الملوثه . ولكى يتم

القضاء على أثر تلك المواد يجب وقف إعطاءها للحيوانات قبل الذبح بمدة كافية تتوقف على نوع المضاد الحيوى وكميته ، فقد تكفى عدة أيام فى حالة الكلورامفينيكول ومركبات التتراسيكلين أو يحتاج ذلك إلى عدة أسابيع فى حالة البنسلين والستربتوميسين . ويمكن كذلك لتلافى تلك الآثار الضارة للمضادات الحيويه استعمال مضادات لاتستخدم فى علاج الإنسان أو أنواعاً لاتكون قابلة للامتصاص بسهولة خلال جدر أمعائه .

٢-الهرمونات:

وهى تستخدم كإضافات لغذاء الأبقار والخراف والدواجن لتزيد معدلات النمو عن المعدلات الطبيعية، وهذه المواد تنتقل للإنسان وتزداد بزيادة تناوله للحوم الملوثه فتحدث له خللا فى الإتزان الهرمونى مما يؤثر على العمليات الحيويه فى جسمه. وبعض هذه الهرمونات يأتى من مصادر طبيعيه مثل النستوسرون وبعضها من صنع الإنسان مثل حبوب منع الحمل والهكسوستيرول.

٣-المهدئات:

تستخدم للتحكم فى عدوانية الحيوانات والطيور المحبوسه فى أماكن ضيقه تقليلا للنفقات ، وهى تسبب قلقة حركتها وزيادة فى معدل تناولها للغذاء وبالتالى تزيد من وزنها . ومن هذه المواد الفاليوم والليبريوم وهى إما تضاف لغذاء الحيوانات او تحقن فى أجسامها . وقد إختلف العلماء حول تأثيرها نظرا لقلة مايصل منها لجسم الإنسان، ولايظهر أثرها إلا بعد تراكمها لمدد طويلة.

الإضافات الغذائية

Food additives

الإضافات الغذائية هى المواد التى تضاف للغذاء أثناء تصنيعه وتعبئته بأغراض مختلفه سواء كانت هذه الإضافات طبيعية أو صناعية. فبعض الأطعمه تحتاج لإضافه مواد حافظه لها من التلف، ومن أشهر المواد الحافظة الطبيعيه الملح والخل والسكر التى تضاف لأنواع المخللات أو المربات. كما يستعمل غاز ثانى أكسيد الكبريت كمادة حافظة لعصير الفاكهة والجبن ، ويستعمل حمض البروبيونيك لبعض أنواع الخبز.

وكذلك يكثر إستعمال حمض السوربيك مع كثير من الأطعمه وهو من أكثر المواد الصناعية أمانا لأن تركيبه يشابه تركيب الأحماض الدهنية وبذلك يمكن للجسم أيضه بسهولة.

كما تستعمل بعض المواداالكيماوية كبدائل للسكر الطبيعى وهى مواد غير سكريه شديده الحلاوة ولاتعطى سعرات حراريه مثل السكريات وتستعمل لمرضى السكر او بغرض الحميه الغذائيه. ومن أشهر هذه المواد السكارين والسكلامات.

أما موانع الأكسده فهى مواد بعضها طبيعى المصدر مثل الألفاتوكوفيرول (فيتامين ى) أو حمض الأسكوربيك (فيتامين جـ) أو صناعى مثل بيوتيل هيدروكسى أنيزول وبيوتيل هيدركسى تولول وهذه المواد تضاف للأغذية المحفوظه لمنع أكسدتها.

ومن أكثر المواد خطرا على صحة الإنسان المواداالملونه الصناعية وهى تضاف بكثرة للحلويات والمشروبات والمياه الغازيه لإعطائها ألوانا زاهيه لاتتغير مع الوقت وهى تستعمل على نطاق واسع لانخفاض أسعارها، ومن أمثلتها الكارموزين وكوكسين

الجديد ولهما لون أحمر ، وأصفر غروب الشمس والترترازين ولونهما أصفر والأنديجوكارمين ويعطي لونا أزرق وكذلك الأسود اللامع يعطى لونا أسود .

وهذه المواد قد تكون غير مؤثره عند تناولها بكميات ضئيلة ، حيث يعمل كبد الإنسان على التخلص منها، ولكن تكمن مشاكلها في كثرة تناولها يوميا من عدة مصادر وخاصه بالنسبة للأطفال الذين يفضلون تناول الحلوى الملونه بكميات كبيره، فتتراكم تلك السموم بأجسامهم على المدى الطويل لتسبب لهم مشاكل صحية خطيره . فبعض هذه المواد الصناعية تؤدى للفشل الكلوى والسرطانات بأنواعها، كما أنها قد تسبب الحساسيه لبعض الأشخاص .

التلوث بالمواد غير العضوية

سننتقل للحديث فى هذا الجزء عن ملحين من الأملاح الغير عضويه التى تدخل جسم الإنسان عن طريق مياه الشرب أو الطعام، وهما من المواد المستعمله بكثرة فى أكثر من مجال ولهما مضار عديدة على صحة الإنسان والبيئة المائية بصفة خاصة ، وهما أملاح الفوسفات والنترات. ويعتبر الفوسفات هو المغذى الأساسى فى المياه العذبه، بينما النيتروجين هو المغذى الأساسى فى بيئة المياه المالحة . وزيادة هذه المغذيات يظهر تأثيره محدودا فى البدايه فى زيادة إنتاج الكتلة الحيويه، وبإستمرار هذه الزياده يحدث تغير فى التكوين الحيوى لمجموعات الكائنات الحيه النباتيه فيزداد نمو الطحالب بما فيها الطحالب الخضراء المزرقه وهى سامه ، ويؤدى زيادة نموها إلى تعكير المياه وقلة كميه الضوء التى تخترق سطح الماء مما يسبب نقصا فى النباتات المغمورة التى تمثل الغذاء للكائنات البحريه والأسماك. وبزيادة محتوى الفوسفات والنترات فى الماء تزيد بعض الكائنات مثل السوطيات المتحركه وخاصه فى فصل الصيف والربيع حيث تكون الشمس ساطعة ، وتحدث هذه الزيادة بسرعة يتلوها موت سريع عندما تقل كمية الغذاء ويؤدى ذلك الى نقص فى كمية الأكسجين الذائبة فى الماء فيسبب فى النهاية تدمير المحتوى الحيوى المائى. وسنبحث الان فى أسباب التلوث بهذه الأملاح :

١- أملاح الفوسفات:

تصل أملاح الفوسفات لمصادر مياه الشرب عن طريقين أولهما مايضاف للتربه الزراعية من مخصبات تحتوى على الفوسفات بالإضافة إلى بقايا الكائنات الحيوانية التى تحتوى على مركبات الفوسفات العضوية حيث تقوم بكتيريا تسمى Phosphatizing bacteria بتحرير أيونات الفوسفات إلى صورتها الغير عضويه

والطريق الثانى للتلوث بالفوسفات يرجع للمنظفات الصناعية التى تضاف إليها أملاح البولى فوسفات Polyphosphate وهى مركبات أنيونيه Anionic تحتوى على وحدات عديده من الفوسفات مرتبطه بها وتسمى هذه الأملاح المضافه بالمواد البانيه Builders لما لها من قدره على التفاعل مع أيونات الكالسيوم والماغنسيوم الموجوده بالماء لتكوين متراكبات قابله للذوبان فى ماء الغسيل، وبذلك تسمح لجزيئات المنظف بتأدية دورها فى التنظيف بدلا من تفاعلها مع أيونات الكالسيوم والماغنسيوم التى تعطل عملها وتقلل من فاعليتها. وإضافة المواد البانيه لها فائدة أخرى هى جعل المحلول قلويا مما يساعد على إزالة القذارة من الملابس . ومن هذه المواد مادة Sodium tripolyphosphate ($Na_3P_3O_{10}$) ويرمز لها بالرمز STP وتضاف بكميات كبيره إلى مختلف أنواع المنظفات الصناعية ويمكن توضيح التأثير القلوى لتلك الماده عند إذابتها فى الماء بالمعادلة الآتية :

$$P_3O_{10}^{5-} + H_2O \text{ ---------- } P_3O_{10}H^{4-} + OH^-$$

والكمية الزائدة التى لم تتفاعل من هذه المادة تذهب مع مياه الصرف حيث تتحلل مائيا لتنتج أيونات الفوسفات تبعا للمعادلة :

$$P_3O_{10}^{5-} + 2H_2O \text{ ---------- } 3PO_4^{3-} + 4H^+$$

ويستعمل فى بعض الدول بدلا من هذا المركب الضار مركباً آخر لايحتوى على الفوسفات يسمى Sodium nitrilotriacetate أو NTA وهو أيضا يتحلل منتجا مركبات ضاره أخرى فى المياه وقد تم استبدال هذه المركبات حديثا بأخرى مثل سترات الصوديوم وكربونات الصوديوم وسليكات الصوديوم .

ومن أحدث هذه المواد التى تستخدم كمواد بانيه ماده الزيوليت Zeolite وهى عباره عن مركبات معدنية من الألومينوسليكات Aluminosilicates ، ويتلخص عملها فى التبادل الأيونى الذى يحدث بين الذرات بانية فى الجزئ وبين أيونات الكالسيوم الذائبة فى الماء.

يمكن التقليل من التلوث بأملاح الفوسفات بإزالة أيوناته من مياه صرف المنازل والمصانع بإضافة هيدروكسيد الكالسيوم $Ca(OH)_2$ ليرسب الفوسفات على هيئة فوسفات كالسيوم $Ca_3 (PO4)_2$ أو $Ca_5 (PO_4)_3 OH$ حتى يسهل إزالتها كمادة صلبه .

٢- أملاح النترات:

يزداد معدل تلوث مصادر المياه المستخدمه فى الشرب نتيجة الاستعمال المتزايد للمخصبات الزراعية النيتروجينيه غير العضويه. وقد تزايد إهتمام العلماء بهذه المعدلات الكبيره نتيجة ما لها من آثار ضارة على صحة الإنسان، وقد حددت منظمة الصحة العالمية الحد الأقصى المسموح به والذى يعتبر آمنا بحوالى ١٠٠ جزء فى المليون ،بينما حددت المجموعة الأوربية هذا الحد الأقصى بـ ٥٠ جزء فى المليون والولايات المتحدة بـ ٤٥ جزء فى المليون.

وتستعمل أملاح النترات فى تصنيع أنواع عديده من الأطعمه كالأجبان والأسماك واللحوم المدخنه والمملحه والأغذيه المعلبه ، وتستخدم كميات كبيره منه

فى تمليح اللحوم وحفظها ويتحول جزء من هذا النترات بيوكيميائيا الى ملح النيتريت وهو السبب فى منع البكتيريا الضاره من إتلاف المواد المحفوظه كما يعطى اللحوم طعمها المميز ولونها الوردى . وأيون النترات فى حد ذاته ليس ضارا بالصحة ولكنه يختزل بواسطة إنزيم Nitrate reductase إلى نيتريت وهذا الإنزيم موجود فى النباتات والأحياء الدقيقه.

كما تتحول النترات فى معدة الإنسان إلى نيتريت، وأيون النيتريت له القدره على التفاعل مع مركبات الأمين Amines لينتج مركبات النيتروزامينN-nitrosamine وهى مركبات مسببه للسرطان للحيوانات وتركيبها الكيميائى هو $(R)_2$ N-N=O . ومن الأمراض الخطيره التى يتسبب فيها التلوث بأملاح النترات مرض السرطان وأعراض الطفل الأزرق .

١- مرض السرطان: Cancer

فى الظروف الحمضية للمعده يحدث تحول للنيتريت الموجود بها الى حمض النيتروز HONO ويكون هذا الحمض فى إتزان كيميائى مع الصوره البروتونيه H_2ONO^+ Nitrous acidium ion والتى تعتبر عامل نتريته قوى Nitrosation agent لاتلبث أن تتفاعل بسرعة مع جزء من مكونات الطعام التى تحتوى على أحماض أمينيه ، وينتج هذا التفاعل عدة مركبات نيتروزيه N-nitroso compounds مثل $(CH_3)_2$ NNO Nitrosodimethylamine وهو ماده مسرطنه للعديد من الأجناس الحيوانية.

كما يتفاعل النيتريت مع متراكبات الحديد - بورفيرين Iron- porphyrin complexes المشتقة من ميوجلوبين البروتين Protein myoglobin والذى يعتبر المخزن الرئيسى للأكسجين فى العضلات ، وتنتج من هذه التفاعلات متراكبات

مثل $\{Fe(NO)_2\ (Cysteinate)\}^{X-}$ وهو ناتج تفاعل النيتريت مع مراكز ارتباط الحديد بالكبريت في الإنزيمات والبروتينات وهذه المركبات الناتجة لها إحتماليه كبيره في تسبيب السرطان .

ويتسبب مركب النيتروزامين أيضا في إعطاء مجموعة ميثيل لذره من ذرات النيتروجين أو الأكسجين الموجوده في الجزيئات الوراثية في DNA وبذلك تدخل الكود المسئول عن تصنيع البروتينات في الخليه الحيه، مسببه خللا بها ينتهي بالاصابه بالأورام السرطانية .

ومازالت البحوث جاريه حول العلاقة بين سرطان المعده وكميه النترات التي يتناولها الإنسان سواء من مياه الشرب أو من خلال الوجبات الغذائية ، فمحتوى النترات يصل في بعض الخضروات مثل الخس والسبانخ والكرفس والبنجر الى حوالى ١٠٠٠ جزء في المليون بينما يكون في نباتات البصل والبطاطس والبازلاء حوالى ٢٠٠ جزء في المليون . وتختلف هذه النسب بإختلاف ظروف نمو النبات وكميه النيتروجين المتاحه له أثناء نموه، كما تختلف بإختلاف المواسم. وقد قدرت نسب النيتريت المتحوله في معده الإنسان البالغ من النترات بحوالى ٥٪.

وتبذل الجهود لتقليل الكميات المستعمله من أملاح النترات والنيتريت في المواد الغذائية وإبدالها بمواد أخرى ، أما بالنسبة للمخصبات الزراعية النيتروجينيه فهي ليست السبب الوحيد لزيادة نسبة النترات في التربه الزراعية ولكن العامل المهم في ذلك هو طبيعة التربه نفسها وكيفية نمو النبات وأساليب الزراعه ، حيث يؤدى الحرث المكثف للتربه في تسهيل عملية أكسدة المواد العضويه النيتروجينيه وتحولها إلى نترات.

وتعتبر عملية تنقية مياه الشرب من نسب أملاح النترات الكبيره بها عملية

معقدة كيميائيا ومكلفه جدا ، والحل الأمثل لهذه المشكلة هو خلط المياه عاليه التركيز فى نسبة النترات بأخرى قليلة فى تركيز النترات .

٢- أعراض الطفل الأزرق

Methaemoglobinaemia (Blue-baby Syndrome)

يتعرض الأطفال الرضع لخطر الاصابه بهذا المرض عندما يكون محتوى النترات فى مياه الشرب عاليا، ويكون الأطفال معرضين له فى العام الأول نتيجة إستمرار تواجد الهيموجلوبين الجنينى فى أجسامهم وكنتيجة لأن معداتهم ليست بدرجة الحموضة الكافيه كالشخص البالغ لتوقف التحول الميكروبى من النترات إلى النيتريت .أما الهيموجلوبين الجنينى فله قابليه للإرتباط بمجموعة NO بالمقارنة بالهيموجلوبين العادى.

والنيتريت الذى يتكون فى معدة الطفل يمتص ليأخذ طريق إلى الدوره الدمويه حيث يتفاعل مع الإوكسيهيموجلوبينOxyhaemoglobin مؤكسدا أيون الحديدوز ليتحول هذا المركب إلى ميثاميجلوبين Methaemoglobin الذى يحتوى على أيون الحديديك بدلا من الحديدوز . وهذا التحول يقلل من كفاءة الدم فى حمل الأكسجين ، فتظهر على الرضيع أعراض الإختناق ، وقد يسبب ذلك الموت ولكنه نادر الحدوث.

التلوث الإشعاعى

يتعرض الإنسان بإستمرار لكثير من مصادر الإشعاع التى تحيط به ، وهذه المصادر إماطبيعية موجوده على الأرض من قبل ظهور الإنسان وإما صناعية بفعل الإنسان نفسه ، ويمكن تقسيم المصادر الطبيعية للإشعاع إلى مصدرين رئيسيين هما الأشعة الكونيه والنظائر المشعه الطبيعية .

١- مصادر الأشعة الطبيعية :

١-١- الأشعة الكونيه Cosmic rays

تأتى أغلب الأشعة الكونية الساقطة على الأرض من الشمس ، حيث يتفاعل معظمها مع الغازات المكونه لطبقات الجو العليا من الغلاف الجوى ولاتصل إلى سطح الأرض إلا نسبه ضئيلة منها . ومن أهم أنواع تلك الأشعة أشعة جاما وتتسبب الأشعة الكونيه فى إنتاج نظيرى الكربون ^{14}C والهيدروجين ^{3}H فى الطبقات العليا للجو. وينتج نظير الكربون المشع ^{14}C بإستمرار نتيجة تحول غاز النيتروجين ^{14}N عند تعرضه للنيوترونات السريعه ، ويعتمد معدل هذا التحول على كثافة الأشعة الساقطة والتى تتغير تبعا لنشاط البقع الشمسيه المواجهة للأرض . ويتحول هذا الكربون بعد أكسدته طبيعيا إلى غاز ثانى أكسيد الكربون ليدخل دائرة عنصر الكربون الطبيعية وبالتالى يدخل أجسام الكائنات الحية بلا استثناء . كمايتم تحول غاز الهيدروجين إلى نظيره المشع ^{3}H وهو ينتج جسيمات بيتا B- rays ذات مستوى طاقة منخفض ، كما ينتجها أيضا عنصر الكربون المشع .

١-٢- النظائر المشعة الطبيعية : Natural isotopes

معظم العناصر تكون فى حالة استقرار نووى باستثناء العناصر ذات العدد الذرى الذى يزيد على ٨٢ فإنها تتميز بنشاط اشعاعى طبيعى نتيجة زيادة عدد

البروتونات فى النواه مما يزيد قوى التنافر الكهروستاتيكية بين مكوناتها ، ويؤدى هذا التنافر إلى انبعاث جسيمات ألفا التى تحمل شحنات موجبه . ونتيجة لذلك تزداد نسبة النيوترونات الى البروتونات فى الأنويه الجديده مما يسبب إنبعاث الالكترونات ساليه الشحنه من النواه .

ويستمر هذا الانبعاث حتى تصل النواه فى النهاية إلى حالة الاستقرار وغالبا ما ينتهى ذلك إلى تكون نواه عنصر الرصاص .

وتوجد فى الطبيعة ثلاث مجموعات تعرف بسلاسل الاشعاع الطبيعيه وهى سلسلة الثوريوم وسلسلة اليورانيوم – راديوم ، وسلسلة الأكتينيوم.

ومن أهم أنواع الأشعة التى تنبعث من العناصر المشعه جسيمات ألفا Alpha particles وجسيمات بيتا Beta particles والنيوترونات Neotrons وأشعة جاما Gamma Rays .

وجسيمات ألفا تحمل شحنتين موجبتين + ٢ وعددها الكتلى = ٤ ، بمعنى آخر فهى تتكون من بروتونين ونيوترونين وتمثل بذلك نواه غاز الهيلوم $^{4}_{2}He$ ويتسبب فقد نواة العنصر لجسيم ألفا فى نقص عدده الذرى بمقدار ٢ ونقص عدده الكتلى بمقدار ٤، كما يتضح من التفاعل التالى :

$$^{226}_{88}Ra \longrightarrow {}^{222}_{86}Rn + {}^{4}_{2}He$$

وهذا التفاعل يوضح كيفية تحول عنصر الراديوم إلى الرادون بعد فقد جسيم ألفا. وتتميز أشعة ألفا بأنها عاليه الشحنه وتسبب تأينا عاليا لذرات الوسط الذى تمر

فيه ولكونها ثقيلة نسبيا فهى لاتتمكن من إختراق المواد لمدى بعيد حيث تفقد طاقتها بسرعة وبالتالى تقل قدرتها على النفاذ. وتعتبر خطورتها على الإنسان محدوده عند تعرضه الخارجى لها، ولكنها تكون فى غاية الخطورة عند دخولها الجسم لأنها تسبب تأين جزيئات الخلايا الحيه المحيطه بها .

أما جسيمات بيتا فهى إلكترونات تحمل شحنه سالبه ولايؤدى فقد نواه العنصر لها إلى تغير فى العدد الكتلى ولكن يؤدى إلى زيادة العدد الذرى للعنصر بمقدار الوحده كما فى المثال :

$$^{214}_{82}Pb \longrightarrow {}^{214}_{83}Bi + {}^{0}_{-1}e$$

ومنه يتضح تحول عنصر الرصاص - ٢١٤ إلى البزموت - ٢١٤ بعد فقد نواته لجسيم بيتا.

ومن خصائص هذه الأشعة أنها تنحرف بفعل المجال المغناطيسى ويكون تأثرها به أكبر من تأثر جسيمات ألفا نظرا لقلة وزن الإلكترونات مقارنة بأنوية عنصر الهيليوم . وأشعة بيتا سريعة جدا تكاد تقترب سرعتها من سرعة الضوء ، وهى كذلك سريعة التفاعل مع الوسط الذى تمر فيه ولكنها لاتخترق الأوساط الماديه لمسافات طويله، ويعتمد مسارها فى هذه الأوساط على عدد الالكترونات فى ذرات الوسط حيث أنها تتصادم بإستمرار مع الإلكترونات الخارجية لذرات الوسط.

أما الأشعة النيوترونية فهى جسيمات أوليه ثقيله نسبيا ومتعادلة الشحن ، وهى جزء من تكوين أنويه العناصر ولها القدره على السير مسافات أطول من أشعة ألفا

وبيتا لكونها متعادلة الشحنة . وهذه الجسيمات تنتج عن أنويه الذرات خلال عملية الأنشطار النووى ، وهى تشكل الجزء الأكبر من الاشعاع الأول الصادر عن التفجيرات النوويه الحرارية . والنيوترونات لها قدره كبيره على النفاذ خلال المواد ، وهى تسبب ضررا بالغا لأجسام الكائنات الحيه لكونها تحدث تأينا وتلفا للخلايا بالإضافة لما تسببه من تحول جسم الكائن إلى مصدر مشع بما يعرف بظاهرة التنشيط النيوترونى.

أما النوع الأخير من أنواع الأشعة التى يهمنا الحديث عنها فهو أشعة جاما ، وهى عباره عن موجات كهرومغناطيسية لها طول موجى قصير جدا تنتج من عدم ثبات النيوترونات والبروتونات داخل النواه ولايؤثر إنبعاثها على العدد الذرى أو الكتلى لأنويه العناصر.

ومن خواص تلك الأشعة أنها تنبعث على شكل فوتونات من الطاقه لها خواص موجيه وتختلف عن الأشعة السينيه فى كونها تصدر عن النواه بينما تصدر الأشعة السينية من إعادة ترتيب الالكترونات خارج النواه . وسرعة هذه الأشعة تماثل سرعة الضوء (٣٠٠ر٠٠٠ كم/ث) وقابليتها على إختراق الأجسام كبيره ولكن قابليتها على إحداث التأين قليله لعدم حملها لأية شحنات .

وتنبعث هذه الأشعة أثناء التفاعلات النوويه وكذلك تنطلق عند انتقال النويات من الحاله المثاره إلى حالة الإستقرار أو إلى حالة أقل إثاره . ولهذه الاشعة القدرة على إختراق جسم الإنسان ولذلك تستخدم دروع من الرصاص والأسمنت للوقاية منها .

ومن العناصر المشعه الموجوده طبيعيا فى قشرة الأرض الثوريوم

^{87}Rb والدوبيديوم ^{40}K والبوتاسيوم ^{238}U ، ^{235}U ونظيرى اليورانيوم ^{232}Th

بالاضافة للنواتج الطبيعية لتحول هذه العناصر مثل الثوريوم ^{234}Th

^{210} ، الاستاتين At ، ^{218} الرادون Rn ، ^{222} الراديوم Ra ^{226} والبروتاكتينيوم Pa ^{234}

الرصاص ^{206}Pb والثاليوم Tl .

١ - الثوريوم Th

يعتبر عنصر الثوريوم من العناصر الصناعية محدودة الأهمية ولكن يتوقع زيادة استعماله فى المستقبل كمصدر من مصادر الوقود النووى ، وهو يتواجد فى الترسبات الصخرية الطبيعية وينتج من عنصر اليورانيوم ^{238}U بعد فقده لجسيم ألفا.

$$^{238}U \text{ ---------- } ^{234}Th + {}^{4}He$$

تم يتحول عنصر الثوريوم إلى عنصر ^{234}Pa بفقد جسيم بيتا:

$$^{234}Th \xrightarrow{B} {}^{234}Pa + e$$

وتستمر هذه السلسلة من التفاعلات النوويه الطبيعية لتنتهى بعنصر الرصاص ^{206}Pb .

ب – اليورانيوم U

من العناصر الهامة صناعيا وبيئيا ، فهو أساس الوقود النووى الذى يستخدم فى المفاعلات النوويه . ويوجد اليورانيوم فى الطبيعة فى الكثير من الاحجار الجرانيتية، وتوجد خاماته مركزه فى تلك المناطق من العالم وفى حالته الطبيعية يتواجد اليورانيوم على هيئة نظيرين ^{235}U ، ^{238}U ويستخدم النظير – ٢٣٥ كوقود نووى لمحطات توليد الطاقة وكذلك فى التفجيرات النوويه.

جـ – الرادون Ra

تحتوى الكثير من الصخور والتربة ذات الأصل الجرانيتى على خامات عنصر اليورانيوم الذى يتحول إلى عنصر الثوريوم المشع بفقد جسيمات الفا، وتستمر هذه السلسلة من التفاعلات لتنتهى بعنصر الرصاص الغير مشع ^{206}Pb ويعتبر عنصر الرادون المشع أحد نواتج هذه التفاعلات وهو ينتج مباشره من عنصر الراديوم عند فقده لجزئ ألفا:

$$^{226}_{88}Ra \text{ ---------- } ^{222}_{86}Rn + ^{4}_{2}He$$

وعنصر الرادون هو العنصر الوحيد فى هذه السلسلة الذى يوجد على هيئة غاز خامل كيميائيا ويعتبر أثقل الغازات الخامله المعروفه . وفترة نصف العمر لغاز الرادون ٨ر٣يوم فقط ، وهذه الفتره كافيه لانتشاره فى الهواء الجوى . ويأتى معظم غاز الرادون المنتشر فى الجو من الطبقات العليا للتربة.

أما ذرات الغاز التى تنشأ فى أعماق الأرض فلا تسنح لها الفرصه للإنتقال إلى الهواء ولكنها سرعان ما تتحول إلى عنصر البولونيوم $^{214}_{82}Po$ الذى يظل محتجزا

فى الطبقات السفلى من الأرض .

ووجود غاز الرادون فى الهواء الجوى ليس له أثر ضار بالصحة العامة من ناحية مستوى الإشعاع الناتج عنه، إلا فى بعض الآماكن شبه المغلقه مثل الكهوف والمناجم حيث يصل تركيزه إلى مستويات عاليه، كما لايؤدى إستنشاقه لأضرار مباشره لعدم قدرته على التفاعل وقلة نوبانيته. ويكمن خطر غاز الرادون فى العناصر الناتجه عنه بعد تحوله مثل البولونيوم والرصاص والبزموث، وهى من العناصر الصلبه التى تلتصق بذرات الغبار المنتشره فى الجو وتدخل الرئتين عند التنفس فتسبب تلفا بالجهاز التنفسى للإنسان نتيجة تواجدها كمواد صلبه ونتيجة ما يصدر عنها من اشعاع مما قد يؤدى للإصابه بسرطان الرئه، ويعتقد أن هذه العناصر هى السبب الذى يلى التدخين كمسبب لهذا المرض . ويفسر ضرر الاشعاعات الصادره من مثل هذه الموادالمشعه بالطاقه العالية التى تحملها الجسيمات الخارجه منها مثل الفا وبيتا والتى لها قدره على تكسير الروابط الموجوده داخل جزيئات جسم الكائن الحى مما يحدث خللا فى التفاعلات الحيويه ونمو خلايا الكائن . واخطر الاشعاعات الناتجة من المواد المشعه هى جسيمات الفا فهى تحمل طاقه أكبر بكثير من بقية الجسيمات ويؤدى التعرض لها لمخاطر عديده فى فتره زمنية قصيره.

وقد تأكد للعلماء المهتمين بهذا الموضوع مدى الضرر الذى يسببه غاز الراديون الموجود فى المناجم ، حيث ترتفع نسبة الاصابه بسرطان الرئتين للعاملين فيها مقارنة بالأشخاص العاديين، وينصح بقياس نسبة الاشعاع فى أجسامهم كل فتره حتى لاتصل إلى الحد الخطر .

٢- مصادر الأشعة الصناعية:

بدأ تاريخ إكتشاف الإنسان لظاهرة الإنشطار النووى عام ١٩٣٨ ومن ثم بدأ

تدخله فى البيئة الاشعاعية واتسع نطاق تعامله مع المواد المشعه . وتزايد فى الفترة الأخيره إستخدام الطاقه النوويه فى مختلف فروع النشاط الإنسانى ومن ذلك استخدام النظائر المشعه فى الطب والصناعه والزراعة وفى أغراض البحث العلمى، وكذلك استخدمت كمصدر للطاقه لتوليد الكهرباء بجانب استخداماتها العسكرية .

ومنذ بداية التعامل مع المواد المشعه على نطاق واسع بدأ إنطلاق كميات كبيره من الإشعاع إلى البيئة من محطات توليد الطاقه ومن تجارب التفجير النووى بالاضافه للأنشطة الأخرى التى تستخدم فيها النظائر المشعه كالطب والبحوث العلمية مما نتج عند تزايد الاخطار المرتبطه بهذه الاستخدامات.

وعند الحديث عن استخدامات الإنسان للنظائر المشعه يمكن تحديد هذه الاستخدامات فى مجالين رئيسيين هما مجال البحوث العلمية والطبيه ومجال الحصول على الطاقه سواء للإستخدام السلمى أو الحربى.

١- فى مجالات البحث والطب :

تستخدم النظائر المشعه مثل نظائر الهيدروجين ^{2}H , ^{3}H ونظير الكربون ^{14}C فى مجالات البحوث العلمية كالكيمياء والفسيولوجى وغيرها حيث تعتبر الذره المشعه الموجوده ببعض الجزيئات بمثابه علامه معينه يمكن رصدها لتتبع مسار تفاعل كيميائى معين لتوضيح ميكانيكية حدوثه وتفسير نواتجه كما تستعمل بعض النظائر المشعه الأخرى فى مجال الطب العلاجى والتشخيص مثل اليود ^{131}I الذى يستخدم فى دراسة نشاط الغده الدرقيه ، وكذلك عنصر التكنيتيوم ^{99}Tc الذى يمتص ويتجمع فى المناطق المصابه بالأورام السرطانية فى الجسم . ويتتبع الإشعاع الصادر عن هذا العنصر يمكن تحديد مكان الورم وحجمه .

كما تستخدم أشعة X- على نطاق واسع لفحص العظام وتحديد أماكن الكسور

بها ، واكتشاف الأورام التى قد تكون موجوده بالانسجة . وتستخدم كذلك هى وأشعة جاما لتدمير الخلايا السرطانية كنوع من العلاج .

٢- فى مجالات الطاقة النوويه :

أصبح للطاقه النوويه فى حياتنا المعاصره أهمية كبرى سواء فى المجال السلمى أو مجال الحرب ، فقد بدأت المحطات النوويه لتوليد الطاقه الكهربيه تحل محل المحطات التقليديه كما أصبح السلاح النووى هو السلاح الرادع فى زمننا الحالى وأصبحت قوى الدول تقاس بما لديها من رؤوس نوويه . وقد ظهرت قوة هذه الأسلحة التدميريه واضحه فى مدينتى هيروشيما وناجازاكى اليابانيتين فى نهاية الحرب العالمية الثانية، ومازالت آثارها موجوده حتى اليوم تتوارثها الأجيال على شكل تشوهات خلقيه وأمراض جينيه مدمره . وكانت هذه الأسلحة الرهيبه مازالت فى البدايه عند استخدامها ضد البشر لأول مره، فما بالنا اليوم وقد زادت القوه التدميريه لها أضعافاً مضاعفه وأصبحت الكثير من الدول تمتلك المئات منها. ولنبدأ باستخدام الطاقه النوويه فى مجال الحرب .

أولا : فى مجال الحرب :

أ- القنبلة الذريه أو النوويه :

يحدث الإنشطار النووى فى عنصرى اليورانيوم ٢٣٥ والبلوتونيوم ٢٣٩ عند تسليط سيل من النيوترونات البطيئة عليها وينتج من هذا الإنشطار إنطلاق نيوترونات تتسبب فى إستمرار هذه التفاعل وتكراره ويسمى التفاعل المتسلسل. وتعتمد فكرة القنبله الذريه أيضاعلى التفاعل المتسلسل الذى ينتج كميه هائل من الطاقه الحرارية، وتتكون القنبله الذريه أو النوويه من خليط من كتل معينه من عنصرى اليورانيوم ٢٣٥ والبلوتونيوم ٢٣٩ تعرف بالكتله الحرجه ويبدأ الانفجار بتفجير كميه محسوبه من ماده

TNT شديده الانفجار مما يؤدى لانضغاط كتله العناصر المشعه فى وقت قصير جدا بجهاز معين ليبدأ التفاعل المتسلسل . ويستخدم عنصر مثل الكادميوم لتنظيم سرعة النيوترونات الناتجة من الإنشطار ومنع تشتتها حتى يستفاد بأكبر كميه منها ويتم الحصول على الكميه القصوى من الطاقة .

ب-القنبلة الهيدروجينيه:

بعكس فكرة القنبله الذريه القائمة على انشطار أنويه العناصر الثقيلة تعتمد القنبله الهيدروجينيه على إندماج أنويه نظيرى الهيدروجين الديوتيريوم ^{2}H والتريتيوم ^{3}H لتكوين ذره هيليوم ^{4}He ويتحول فرق الكتله بين المواد المتفاعله والنواتج إلى طاقه حراريه رهيبه . وتقدر الطاقه الناتجة من انفجار قنبله هيدروجينيه واحده بالطاقة التى ينتجها إنفجار عشرين مليون طن من مادة TNT وهو ما يعادل إنفجار من مائة إلى ألف قنبله نوويه. وتمثل المعادلة التالية تفاعل الإندماج النووى الذى تقوم عليه فكرة القنبله الهيدروجينيه او الإندماجيه :

$$^{2}_{1}H + {}^{3}_{1}H \text{ ---------- } {}^{4}_{2}He + {}^{1}_{0}N + \text{Energy}$$

جـ-القنبله النيوترونية:

هى عباره عن قنبله هيدروجينيه مصغره يوجد بداخلها وقود نووى من أحد النظائر المشعه لمادة تعطى نيوترونات عاليه الكثافة مثل نظير الكاليفورنيوم - ٢٥٢ ^{252}Cf . ويتركز مفعول القنبلة النيوترونيه فى إشعاع النيرتونات الخارجه منها بطاقه عاليه يسبب إختراقها للأجسام الحيه موتا فوريا، كما تتسبب فى تحويل العناصر

العاديه المعرضه لها إلى عناصر مشعه شديده الخطوره على الكائنات الحيه، وهى تختلف بذلك فى تأثيرها عن القنابل التوويه والهيدروجينيه التى تسبب دمارا شديدا لكل ما حولها وتنتج طاقه حراريه كبيره.

لايقتصر خطر الأشعة النوويه على الخطر المباشر ولكنه يمتد لمصادر المياه والغذاء فيسبب تلوثها لمدد طويله بحيث تصبح غير صالحة لإستعمال الأنسان وإلا تعرض لجرعات كبيره من الاشعة. ويحدث تلوث البيئه عموما عن طريق :

١- إنبعاث الاشعاعات نتيجة التفاعلات النوويه المولده للطاقة .

٢- المخلفات الذريه نتيجة تفاعلات الإنشطار .

٣- تحول النظائر الغير مشعه الى نظائر مشعة نتيجة تعرضها للنيوترونات فى تفاعلات إنتاج الطاقه.

٤- إنتاج عناصر مشعه جديده مثل البلوتونيوم Pu والأمريكيوم Am .

ثانيا : فى مجال السلم :

تزايد إعتماد كثير من دول العالم على المفاعلات النوويه بغرض انتاج الكهرباء بدلا من المحطات التقليديه التى تعمل بالفحم أو البترول. وتقوم فكرة المفاعلات النوويه على إستخدام أجهزة خاصه للتحكم فى تفاعلات الإنشطار النووى واستخدام الطاقة الحراريه الناتجة منها فى توليد الكهرباء . وينتج من هذه العملية كميات هائله من الموادالمشعه سواء كنواتج للإنشطار أو التشعيع النيوترونى للمواد الانشائيه القريبه من قلب المفاعل ولنواتج التآكل وللمبرد واضافاته الكيميائيه. وفى ظروف التشغيل العاديه يجرى إحتواء نواتج الإنشطار فى عناصر الوقود ، إلا أن هناك عدة عمليات ينتج عنها خروج المواد المشعة من قلب المفاعل :

١- المطلقات الغازية :

يجرى لإعتبارات فنيه واقتصاديه إطلاق بعض النواتج المشعه من المفاعلات على شكل غـازات إلى الهواء الجوى وهى تشمل عدة عناصر مختلفة مثل الترتيوم ^{3}H والكربون ^{14}C والنيتروجين ^{13}N والنيتروجين ^{16}N والاكسجين ^{19}O والفلور ^{18}F والارجون ^{41}Ar ، وكذلك على نواتج الانشطار مثل الكربتون ^{85}Kr واليود ^{131}I وبعض الأبخره الفلزيه مثل الصوديوم ^{24}Na بالاضافة لنواتج التآكل ونواتج الانشطار مثل السترنشيوم ^{90}Sr والسيزيوم ^{137}Cs على شكل ايروسولات بكميات صغيرة .

٢- النفايات السائلة :

وهى تنتج من عمليات الغسيل والمعالجة الكيميائية سواء أثناء تشغيل المفاعل أو خلال عمليات الصيانة الدوريه وإعادة الشحن بالوقود . وتشمل هذه النفايات نواتج التآكل ومنها الكروم ^{51}Cr والمنجنيز ^{54}Mn والحديد ^{59}Fe والكوبالت ^{58}Co ، ^{60}Co بالاضافة لنواتج الإنشطار وأهمها الترتيوم ^{3}H واليود ^{131}I والسيزيوم ^{134}Cs ، ^{137}Cs . وبعض هذه النفايات يتم تبريدها وترشيحها وتخفيفها بالماء قبل إطلاقها للبيئة . والمادة الأكثر إنتشارا بين هذه النفايات هى الترتيوم T الذى يطلق على هيئة ماء HTO .

٣-النفايات الصلبة:

ما تتبقى من مخلفات سائله نتجت خلال المراحل المختلفة بالمحطه النوويه تجمع وتركز ويجرى تثبيتها بالأسمنت فى بلوكات خرسانية أو بالبوتامين فى براميل من الصلب.

إعادة معالجة النفايات:

مع استمرار تشغيل المفاعل يحدث تراكم لنواتج الانشطار فى قضبان الوقود النووى مما يؤثر على معدل حدوث الانشطار وقد يؤدى ذلك إلى توقف عملية الإنشطار التلقائى بما يسمى تسمم المفاعل. ولتلافى حدوث ذلك يتم رفع أعمدة الوقود قبل حرق كامل الوقود، وقضبان الوقود المحترق تكون ذات نشاط إشعاعى عالى مما يستوجب تخزينها فى أماكن تخزين خاصة داخل المحطه لعدة سنوات ثم ارسالها إلى منشآت إعادة المعالجة حيث يستخلص منها ما تبقى من مواد انشطارية نافعه لإعادة استخدامها.

وكما فى حالة تشغيل المفاعلات النوويه ينتج من عملية إعادة المعالجة نفايات غازيه وسائله وصلبه، وتطلق منشآت إعادة المعالجة جزءاً كبيرا من نفاياتها الغازيه والسائله الى البيئة بينما يتم تخزين النفايات الصلبه لفترات طويله. ويتم تفريغ النفايات السائلة منخفضه المستوى مباشرة الى البيئه المائية بينما تعالج النفايات السائله متوسطة وعاليه المستوى كمثيلاتها من محطات القدره النوويه. ويجرى تركيز النفايات عاليه المستوى إلى أحجام مختلفه وحفظها فى خزانات من الصلب لمدد تزيد على ١٠ سنوات كذلك يتم تخزين النفايات السائله متوسطة المستوى فى خزانات من الصلب ويتم تركيزها وتثبيتها فى الأسمنت أو البيوتين وحفظها فى اماكن تخزين خاصة .

وحدات القياس الاشعاعى

من المهم معرفة الوحدات المستخدمه فى مجال القياسات الاشعاعيه حتى نستطيع تحديد الجرعات الاشعاعية التى يتعرض لها الانسان ومدى تاثيرها عليه، وتشمل هذه القياسات أكثر من نوع من الوحدات تبعا للغرض منها وهى كالتالى :

١- وحدات النشاط الاشعاعى : هى وحدات تستخدم لقياس كميه الاشعاع الصادر من المواد المشعه وتعتمد على عدد الذرات المتحلله فى الثانية الواحده من الماده المشعه. والوحدة الأساسيه لقياس هذا النشاط هى الكورى (Curi) وتمثل النشاط الاشعاعى لجرام واحد من عنصر الراديوم، ويعرف كذلك على أنه مقدار ٣٫٧ × $١٠^{١٠}$ ذره متحلله من المادة المشعه فى الثانيه الواحده . ويقسم الكورى إلى وحدات أصغر لقياس كميات أصغر من الأشعة الناتجة من المواد المشعه مثل الميلى كورى ($١٠^{-٣}$ من الكورى) والميكروكورى ($١٠^{-٦}$ من الكورى).أما الوحده الأحدث من الكورى فى هذا المجال فهى البيكرل (Becquerel) وهو يمثل ذره واحدة متحلله من الماده المشعه فى الثانية الواحده ، وهذه الوحده صغيره جدا ولذلك يستخدم عادة الكيلوبيكرل ($١٠^{٣}$ من البيكرل) والميجا بيكرل ($١٠^{٦}$ من البيكرل) فى القياسات الاشعاعية .

٢- وحدات التعرض للإشعاع : يعتمد الضرر الناشئ عن التعرض الاشعاعى على طاقة هذه الاشعة ، وقد اصطلح على استعمال وحده الرونتجن (Rontgen) فى التعبير عن ذلك ويعرف الرونتجن على أنه مقدار طاقة الاشعه السينيه أو أشعة جاما اللازمة لإحداث تأين كامل لواحد كيلو جرام من الهواء الجاف عند مرورها فيه .

وقد اتفقت الدراسات المختلفه لتأثيرات الاشعة على الأنسان على أنه لايجب أن يتعرض الشخص تحت أى ظروف لأكثر من ٥٠ مللى رونتجن كل عام.

ومن المعروف أنه كلما زادت مساحة الجسم المعرضه للأشعة إزداد الضرر الناتج عنها ، ولذلك فقد أتفق على أستخدام وحدة جديده تأخذ فى الاعتبار المساحة المعرضه للاشعاع وهى وحدة الراب وهى اختصار للمصطلح الانجليزى Rontgen Area Product وهى عبارة عن حاصل ضرب التعرض الاشعاعى مقاسا بوحدة الرونتجن فى المساحة المعرضه بالسنتيمترات المربعه ، والراب الواحد يساوى ١٠٠ رونتجن. سم٢.

٣- وحـــدات إمتصاص الأشعـاع : تستخدم وحدة الراد وهى إختصار للمصطلح الانجليزى Radiation Absorbed Dose فى تحديد الجرعه الممتصه من الاشعاع بواسطة الجسم، ويعرف على أنه مقدار ١٠٠ إرج من الطاقه الاشعاعيه التى يمتصها جرام واحد من الانسجة عند تعرضها للإشعاع .

والراد يمكن استخدامه فى التعبير عن أى نوع من أنواع الأشعة ، بينما الرونتجن الذى ذكرناه سابقا يستخدم فقط لطاقة الأشعة السينيه وأشعة جاما. وفى تعريف آخر للراد أنه الجرعه التى يمتصها الجسم نتيجة تعرض أنسجته الرخوه لواحد رونتجن.

وقد تم التعارف على استخدام وحدة جديده لقياس الامتصاص الإشعاعى وهى الجراى Gray وهى تساوى ١٠٠ راد . وعلى ذلك فإنه إذا تعرض الجسم لإشعاع نووى امتص طاقة مقدارها ١ جول بواسطة ١ كيلو

جرام من الأنسجة بالجسم فإن الجسم يكون قد امتص جرعة إشعاعية مقدارها ١ جراى.

٤- التأثير البيولوجي النسبى للاشعاع : لايتوقف الضرر الاشعاعى فقط على الطاقة الممتصه بواسطة الجسم ، ولكن يتوقف كذلك على نوع الاشعة ونوع الأنسجة المعرضه. ولذلك فقد تم تعريف التأثير البيولوجي النسبى لنوع معين من الاشعاع على أنه عدد وحدات الجراى من الأشعة السينيه ذات طاقة تصل إلى ٤ × $١٠^{-١٢}$ جول (أو ٢٥٠ كيلو الكترون فولت) التى تنتج نفس التأثير البيولوجى لنفس الخلايا لواحد جراى من هذا الاشعاع.

٥- وحدات الحمايه من الإشعاع : تم تعريف وحدات أخرى هى الريم وهى اختصار لتعبير Rad Equivalent Man ليقاس بها مقدار الجرعة المكافئة التى تساوى حاصل ضرب جرعة الامتصاص وعامل النوع للإشعاع، فإذا كانت جرعة الامتصاص هى الراد فإن الجرعة المكافئة تقاس بالريم . أما إذا كانت جرعة الامتصاص هى الجراى فإن الجرعة المكافئة تسمى السيفرت Sievert .

تفاعل الاشعة مع الخلايا الحية

عند سقوط الأشعة المختلفه على الخليه الحيه تحدث تأينا لبعض مكوناتها خاصة جزيئات الماء ، ويؤدى ذلك الى حدوث تغيرات كيميائيه تؤدى إلى خلل فى تركيب وظيفة الخليه، ويتم ذلك على عدة مراحل :

١- المرحلة الفيزيائية : وتتم خلال فترة زمنيه قصيره للغاية (حوالى $١٠^{-١٦}$ من الثانية) وخلالها تنتقل الطاقة من الاشعاع إلى جزئ الماء ليحدث التأين:

$$H_2O + E \text{ --------- } (H_2O)^+ + e^-$$

٢- المرحلة الفيزيوكيميائية : وتتم هذه المرحلة خلال زمن قصير بعد حدوث التأين حيث تتفاعل الأيونات الموجبه والالكترونات السالبه مع جزيئات ماء أخرى لتنتج مركبات جديدة :

$$(H_2O)^+ \text{ ---------- } OH + H^+$$

$$H_2O + e^- \text{ ---------- } (H_2O)^-$$

ثم يتحلل هذا الأيون السالب مكونا هيدروجين وأيون هيدروكسيل سالب :

$$(H_2O)^- \text{ ---------- } (OH)^- + H$$

كما يمكن أن يتحد الهيدروكسيل مع بعض مكونات فوق أكسيد الهيروجين :

$$OH + OH \text{ ---------- } H_2O_2$$

٣- المرحلة الكيميائية:

نظرا لنشاط الهيدروجين والهيدروكسيل وكذلك فوق أكسيد الهيدروجين فإن هذه المركبات تتفاعل مع المكونات العضوية للخليه مثل الكروموسومات فتؤدى إلى تكسير تركيبها التسلسلى.

٤- المرحلة البيولوجية:

تستغرق هذه المرحلة عدة دقائق إلى عدة سنوات وفيها يحدث موت الخلايا الحيه أو منع إنقسامها أو تأخره أو تغيرات مستديمه تنتقل وراثيا عند إنقسام الخلية.

الآثار البيولوجية الضارة للأشعة :

تنتقل الطاقة التى تحملها الأشعة النووية إلى جسم الكائن الحى عند تعرضه لها وتسبب هذه الاشعة تأينا فى ذرات خلاياه. وكما ذكرنا سابقا فإن تأثير الأشعة على أجسام الكائنات يختلف بإختلاف نوعية تلك الأشعة، فجسيمات ألفا وبيتا تسبب تأينا مباشرا للخلايا نتيجة ما تحمله من شحنات بينما أشعة جاما تحدث ذلك التأين بطريق غير مباشر حيث تنقل طاقتها إلى الالكترونات الموجوده فى ذرات الخليه وتقوم هذه الإلكترونات بدورها بإحداث عملية التأين . وكذلك فإن طاقة النيوترونات تنتقل إلى بروتونات ذرات الهيدروجين عن طريق التصادم المرن ثم تقوم هذه البروتونات بتأيين ذرات الخلايا.

وتعتمد خطورة هذه الأشعة والفترة اللازمه لظهور آثارها على الكائن الحى على كمية الأشعة الممتصه ومعدل إمتصاصها ومدى حساسيه المادة الحيه للإشعاع . فعند التعرض لجرعات صغيره من الاشعاع لاتظهر أى تغيرات ملحوظه على جسم الكائن ، ولكن بزيادة الجرعة الإشعاعية تزداد نفاذية الأشعة خلال الأغشية الخلويه فتسبب إنتفاخا فى الخلية وزيادة فى الحامضية ويحدث تجمع للكروموسومات مع توقف الانشطار الخلوى، وغالبا ما تزول تلك الاعراض بعد فتره ويعود الجسم إلى حالته الطبيعية.

أما الدرجة التالية لذلك فتسبب ظهور الأعراض السابقة مع نقص شديد فى خلايا الدم المختلفة مما يؤدى الى فقر شديد فى الدم . وعند تعرض الأعضاء التناسلية لذلك المستوى من الاشعاع فإن إحتمالات الاصابه بالعقم يصبح عاليا، كما يؤدى تعرض العين لها إلى عتامة فى عدسة العين، ويبدأ ظهور الأورام السرطانية ، أما الجرعات الأعلى من ذلك فتسبب الوفاه للشخص المتعرض لها . ويمكننا على هذا الأساس تقسيم الآثار التى يسببها التعرض للأشعة الى قسمين :

أولا : الاثار المبكرة :

وهى التى تحدث خلال عدة ساعات إلى عدة أسابيع بعد التعرض لجرعة كبيره من الاشعاع نتيجة موت عدد كبير من خلايا الجسم أو تأخر إنقسامها، وأكثر تلك الخلايا تأثرا خلايا النخاع العظمى والخلايا العصبية وخلايا الأمعاء ومن أهم الأمراض الناتجة عن ذلك :

١- المرض الاشعاعى : وينتج عن جرعات تصل إلى حوالى ١٠٠ راد ، ومن أهم اعراضه الشعور بالغثيان والميل للقئ ويعود سببه الى تلف الخلايا المبطنه للأمعاء ، وهذه الاعراض قابله للشفاء بعد فتره.

٢- نقص كرات الدم البيضاء : عند التعرض لجرعة اشعاعية بين ٣٠٠ - ١٠٠٠ راد يحدث تدميرلكرات الدم البيضاء وهى الخلايا المسئولة عن حماية الجسم من الميكروبات، مما يسهل إنتقال أى عدوى مرضيه إليه ، ولذلك يجب عزل ذلك المريض فى جو معقم حتى يستعيد دمه المعدل الطبيعى لكرات الدم البيضاء .

٣- إلتهابات الأمعاء : إذا زادت الجرعة عن حوالى ١٠٠٠ راد تزداد إحتمالات الوفاه خلال فترة قصيره نتيجة الاستنزاف الهائل للخلايا المعويه خاصة المبطنه للأمعاء مما يسبب سهولة مهاجمة البكتيريا لها وإحداث التهابات قاتلة بها.

٤- اصابة الجهاز العصبى المركزى : إذا زادت الجرعة الاشعاعية عن حدود معينة تظهر بعض الأعراض التى تدل على حدوث تلفاً بالجهاز العصبى المركزى.

٥- إحمرار الجلد : يحدث ذلك عن تعرض الجلد لجرعات تبدأ من حوالى ٣٠٠ راد من الأشعة ، وعند زيادة الأشعة تظهر أعراضا أكثر شده كالحروق والتقيحات.

ثانيا : الآثار التراكمية :

تظهر تلك الآثار بصفة خاصة على العاملين فى مجال المحطات النوويه والمصانع والمستشفيات التى تستخدم مصادر الاشعاع المختفه، ولاتظهر تلك الاثار إلا بعد التعرض لجرعات ضئيلة من الاشعاع لفترات طويلة، ولذلك يجب قياس كمية الاشعاع التى تمتصها أجسام هؤلاء العاملين دوريا حتى لاتتعدى حدود الأمان، ومن أهم تلك الاثار :

١- الأمراض السرطانية : أثبتت الكثير من الاحصائيات أنه خلال فترة تتراوح ما بين ٥-٢٠ سنه من وقت التعرض للاشعاع قد تظهر الأمراض السرطانية على الشخص المتعرض، ومن أهم تلك الأمراض السرطانية اللوكيميا وسرطان الثدى والرئة والغدد بالإضافة لسرطان الكبد.

٢- عتامة عدسة العين : يحدث ذلك بعد فترة من التعرض لكميات معينة من الاشعاع.

٣- الآثار الوراثية : تنتج تلك الآثار عند تلف الخلايا التناسلية ، ويؤدى هذا التلف الى تغيرات في الصفات الوراثية مسببه أنواعا مختلفة من التشوهات.

ويبلغ الضرر النووى منتهاه عند حدوث الانفجار النووى حيث تحول الطاقة الناتجة من الانفجارالمواد المستخدمه إلى غازات فى زمن قصير جدا وينتج عن ذلك ضغطا هائلا وريحا شديده نتيجة التمدد المفاجئ لتلك المواد، كما ينتج وميض ضوئى قوى ودرجة حراره هائلة تصل إلى عدة ملايين درجة مئويه . وتحمل هذه الانفجارات خطرا مميتا يتمثل فى الاشعاعات القويه المؤينه والتى يمتد تأثيرها للمناطق المحيطه بمركز الانفجار كمايسرى تيارا كهربيا ومغناطيسيا قويا فى الهواء والأرض مؤثرا على عمل الاجهزة الكهربائيه ومحركات السيارات ، هذا بجانب الغبار الكثيف الذى يثيره الانفجار والذى يتحول بفعل الاشعة الى مواد مشعه تنتشر لمسافات بعيده ملوثه كل ما تصل إليه من كائنات حيه أو غير حيه.

ومن أخطر حوادث التسرب الإشعاعى ماحدث فى محطه تشرنوبيل النوويه لتوليد الكهرباء فقد حدث صباح يوم ٢٦ ابريل ١٩٨٦ انفجارين متتاليين تسببا فى اشتعال النيران فى المفاعل ، ونتج عن هذا الحادث تدمير جزئى لقلب المفاعل وتدمير

كلى لنظام التبريد به مما أدى لصعوبة السيطره على الحراره المتولده من قلب المفاعل لمدة عشر أيام تاليه للحادثه. وتقدر الكميات المتسربه من المفاعل بعدة اطنان من كتلة الوقود النووى بالاضافه لكميات هائلة من الغازات المشعه مما سبب تكون سحابه مشعه غطت المنطقه المحيطه. وقد وجد أن الغبار الذرى يحتوى على العديد من النظائر المشعه مثل اليود - ١٣١ والسيزيوم - ١٣٤ والسيزيوم - ١٣٧ والباريوم - ١٤٠ بالإضافة إلى الاسترنشيرم - ٩٠ وغيرها من العناصر المشعه الضاره وقد وصل التلوث سريعا للمدينة الخاصه بالعاملين بالمفاعل والتى تقع على مسافة ٣ر٥كم منه والتى يقطنها ٤٥ ألف نسمه ، وقد تم توزيع أقراص اليود على السكان لتحديد جرعة دخول الاشعة الغده الدرقية ونصح السكان بعدم مغادرة منازلهم كما اغلقت المدارس ودور الحضانه ثم تقرر اخلاء المدينه تماما بعد إقتراب حد التعرض للأفراد من الحد الادنى الآمن للأشعة .

وقد كان أكثر الأشخاص تعرضا للإشعاعات بالطبع العاملون بالمحطه وقت الحادث حيث توفى عدد غير قليل منهم بينما أصيب الكثير بحروق جلديه شديده وبمظاهر الإعتلال الإشعاعى بالاضافة لحالات السرطان التى ظهرت بعد ذلك وكذلك حالات التشوهات الوراثية.

وقد تسبب هذا الحادث فى تلوث الحليب واللحوم والمنتجات الزراعيه فى المناطق المحيطه بموقع الكارثه، كما تعدى أثره حدود الاتحاد السوفيتى وقتها حيث أدت الظروف الجويه إلى إتساع مجال التلوث وانتشاره حتى وصل إلى الكثير من الدول الأوربيه مثل بولندا وسويسرا والنمسا والمانيا والسويد والمجر وتركيا. وقد إهتمت هذه الدول بقياس مستويات الاشعاع فى الهواء والماء والتربه لمتابعة مدى هذا التلوث.

وللدلالة على مدى الدمار الذى يحدث نتيجة الحوادث أو الانفجارات النوويه ، نذكر ما قاله الكابتن روبرت لويس مساعد الطيار فى الطائره التى ألقت القنبله الذريه على هيروشيما يوم ٦ أغسطس ١٩٤٥ لتنهى الحرب العالمية الثانية، فقد صرخ قائلا "ياإلهى .. ما هذا الذى فعلنا؟" عندما روع برؤيه الدمار الهائل الذى حدث للمدينة بعد إلقاء القنبلة عليها .