الفصل الاول

المقدمة

1.1 إستهلال :

أصبحت الإستخدامات السلمية للطاقة الذرية من سمات فترة مابعد الحرب العالمية الثانية ولاشك انه لمجرد سماعنا كلمة إشعاع زرى ينتابنا الخوف ، لان كلمة إشعاع مرتبطة بمفاهيم خاطئة من حيث خطورة الإشعاع لارتباطه بالقنبلتين الزريتين ورغم العواقب التى تسببها الاشعة المؤينة إذا أُسيىء إستخدامها او فقد الانسان التحكم فيها فإن لها إستخدامات عديدة فى مجالات التنمية الحيوية كالطب وغيرها ومن إستخدامات الإشعاع توليد الكهرباء بإستخدام الإنشطار النووى وذلك يؤدى الى إطلاق كميات من النفايات المشعة وهى عبارة عن وقود نووى يتم إنتاجه بعد استخدامه داخل المفاعل وتعتبر مادة مشعة وخطيرة للغاية على اى شخص وتبقى النفايات مشعة ليس بضع سنين ولكن لالاف السنين حيث يجب التعامل معها بالطريقة الصحيحة ومن آثار النفايات المشعة التلوث الإشعاعى وهو عبارة عن إنبعاثات خطيرة للإشعاع وله آثار سلبية على البيئة وعلى الكائنات الحية التى تعيش فيها لذلك من الضرورى الحذر عند استخدام الإشعاع .

1.2 مشكلة البحث :

استخدام الاشعاع له فوائد وله مضار وفوائده اكثر من مضاره لذلك فانه مستخدم ومن مضاره التلوث الاشعاعي.

تتلخص مشكلة البحث فى ان طرق معالجة التلوث الإشعاعى ان لم تكن بالطريقة الصحيحة فإنها تسبب فى التلوث وان التلوث يؤثر على المدى البعيد ويظهر أثره فى الأجيال القادمة .

1.3 أهداف البحث :

للبحث اهداف عامه واهداف خاصه

1.3.1أهداف عامة

وتتخلص الأهداف العامة فى إيجاد الحلول لازالة التلوث الاشعاعى .

1.3.2الاهداف الخاصة :

- منع وصول المواد المشعه لجسم الانسان داخلياً وخارجياً.
- الحد من التعرض الاشعاعي .
- منع انتشار التلوث.

1.4 الدرسات السابقة:

ومن الدراسات السابقة معالجة النفايات المشعة بالتركيز على اليود من إعداد الطالبة دعاء محمد علي ويتلخص البحث في أن التقنيات النووية في عالم اليوم لها تطبيقات متنوعة ادت الى تأسيس الكثير من البرامج النووية في أغلب بلدان العالم فالتطبيقات المختلفة للاشعاع في الزراعة

والصناعة والطب. لذلك تلعب الحماية من الاشعاع دور مهم وفعال بسبب النمو الثابت والكبير للاستعمالات المختلفة للطاقة الذرية في كل نواحى الحياة.

اجريت هذه الدراسة في هئية الطاقة الذرية السودانية (وحدة النفايات المشعة – سوبا) في الفترة من مايو 2009 الى نوفمبر 2009. هدف الدراسة تقدير جرعة الاشعاع وقياس التلوث الاشعاعي لمعدات استخدم فيها اليود المشع – 125 وذلك للتاكد من التلوث الناتج من استخدام اليود المشع والمالعجة المثلة المتبعة.

أظهرت النتائج بانه ليس هنالك تلوث ملاحظ حول وحدة النفايات المشعة تتبين من الدراسة ان انجع السبل في معالجة نفايات اليود المشع-125 هي التخزين نسبة لنصف عمره القصير 60 يوم.

1.5 محتوى البحث :

يتناول هذا البحث فى فصله الاول مقدمة تشمل كل من اهداف ومشكلة البحث وفى فصله الثانى الاشعاع وانواعه وطرق التعرض له وتاثيره واستخداماته وفى فصله الثالث النفايات المشعة مصادره وتصنيفه وادارته وطرق التخلص منها وفى فصله الرابع التلوث الاشعاعى وانواعه ومصادره واسبابه وطرق التعرض له وآثاره وطرق المتبعة للتعامل مع المنطقة الملوثة وطرق الوقاية من التلوث الاشعاعى والاعداد لازالة التلوث والوقاية الشخصية اثناء عملية الازالة.

الفصل الثانى

الإشعاعات النووية

1.2 تاريخ الاشعاعات النووية :

كان العالم فيرنى
في العام 1934 يقوم ببعض التجارب للحصول على نظائر العناصر عن طريق قذف النوى بالنيو ترونات، وعندما وصل إلى عنصر اليورانيوم) العنصر الأخير في الجدول الدوري في ذلك الوق ت.

توقع أن قذف العنصر بالنيوترونات سيؤدي إلى وجود نواة غير مستقرة تقوم بإطلاق جسيمات

بيتا وبالتالي ازدياد العدد الذري من 92إلى 93وانتاج عنصر جديد في الجدول الدوري، ولكنه

لم يحصل على ما توقعه ولم يستطع التعّرف على نواتج التفاعل.

واستمرت الأبحاث والدراسات من العام 1935 إلى العام 1938 حيث قام عالم كيميائي ألماني

يسمى إداوداك Ida Noddack)
(بالتعرف على نواتج التفاعل وأوضح أن نواة اليورانيوم انشطرت إلى نواتين متوسطتي الكتلة .

وقد أكدت الدراسات صحة ما افترضه هذا العالم .وبذلك يكون الإنشطار النووي انقسام نواة ثقيلة إلى نواتين متوسطتي الكتلة ، وانتاج كميات هائلة من الطاقة نتيجة تفاعل نووي ولإحداث

الإنشطار تقذف النواة الثقيلة مثل اليورانيم 235يورانيوم 235بجسيمات خفيفة نسبياً مثل

النيوترونات التي تعد أفضل القذائف لأنها لا تحمل شحنة [1].

1.3 الإشعاعات

الإشعاعات هي انبعاث أو امتصاص من طاقة الفوتونات أثناء انتقالها من مستوى إلى آخر أعلى أو أقل ، وتقسم هذه الإشعاعات إلى قسمين

- إشعاعات غير قابلة للتأين مثل موجات الراديو، والتلفزيون، والأشعة الضوئية.

- إشعاعات قابلة للتأين (نووية): هذه الأشعة تمتاز بقدرتها على التفاعل مع المواد منتجةً إلكترونات نتيجةً لتصادم جزيئات المادة التي تفاعلت معها وتصدر هذه الأشعة أيضاً كنتيجة لعملية تحوّل ذرات بعض العناصر غير المستقرّة إلى حالة الاستقرار، ويتمّ هذا عن طريق كسب أو فقد جزء من الطاقة المرتفعة الموجودة بها أو الإلكترونات.

الإشعاع هو طاقة في حالة حركة تنتقل عبر موجات أو أشعة غير مرئية. يتعرض الإنسان للإشعاع يوميًا. وفي الحقيقة، لطالما كان الإشعاع جزءًا من الحياة اليومية على كوكب الأرض.

تعتبر صفة الإشعاع صفةً ملازمة للمادة وهي قادرة على التكييف ومقاومة التغيرات كيميائية بعكس باقي المواد، ومصادر هذه الأشعة النووية قد تكون طبيعية (النظائر المشعة) أو صناعية تصدر من المفاعلات النووية والانشطار النووي، أو تصدر من مصادر كهربائية.[١]

1.4 أنواع الإشعاع

هناك أربعة أنواع رئيسية من الإشعاعات الخاصة بالعناصر المشعة وهي كما يأتي:

- أشعة جاما والأشعة السينية: وهذه أشعة كهرومغناطيسية لها صفات طبيعية تشبه الضوء، إلا أنّها ذات طول موجي قصير، وتردد وطاقة عاليين وهي أشعة تحمل شحنة متعادلة، وتنشأ الأشعة السينية من خلال التفاعلات النووية التي ينتج عنها امتصاص إلكترون، وهي مختلفة عن أشعة جاما في مقدار طاقتها والمصدر الذي تأتي منه، ومن مميزات هذه الأشعة قدرتها العالية على الاختراق.
- جسيمات ألفا: وهذه عبارة عن أيونات الهيليوم الحاملة لشحنة موجبة، وتنتج عن الطريق التحلل مثل: تحلل عنصر الراديوم، وغيرها من النظائر المشعة كالثوريوم، وهذه الأشعة قدرتها على الاختراق قليلة وذلك بسبب كتلتها الكبيرة وشحنتها الموجبة؛ لهذا فإن خطورتها الإشعاعية قليلة ولكنها تزداد عند اختراقها الجسم عن طريق الجهاز الهضمي أو الجهاز التنفسي أو الجروح حيث إن إشعاعها ينتشر داخل الجسم كله.
- أشعة بيتا: وهي عبارة عن إلكترونات سالبة الشحنة تمتاز بكتلتها الصغيرة، كما أنّها ذات طاقة عالية، وقدرتها على الاختراق أعلى من أشعة ألفا لذا فهي خطرة على الأعضاء الداخلية لجسم وعلى خارجه، وهي تنتج من بعض النظائر المشعة كالفوسفور. النيوترونات: وهي جسيمات متعادلة الشحنة كتلتها قريبة من كتلة ذرة الهيدروجين، وتُنتَج من النظائر المشعة التي تبعث أشعة ألفا كالراديوم، وبعض الأجهزة المولّدة لها كالمفاعلات النووية.

يوجد نوعان من الإشعاع: الإشعاع غير المُؤيّن (ذو تردد عالٍ) والإشعاع المُؤيّن (ذو تردد منخفض)، ويعتبر النوعان ضارّين عند التعرض لهما بكميات كبيرة. ولكن العلماء والمهندسون النوويون والأطباء تمكنوا من فهم ماهية الإشعاع ومعرفة كيفية تسخير فوائده وحمايتنا من مخاطره.

- الإشعاع غير المؤين يبعث طاقة كافية لتحريك الذرات. فمثلًا، يعمل المايكروويف بالأشعة غير المؤينة لطهي الطعام عن طريق ذبذبة المياه داخل الطعام، مما ينتج الحرارة التي تنضّج الطعام.

- الإشعاع المؤين يبعث طاقة كافية لتغيير تركيبة الذرة والتي يمكنها أن تدمر الخلايا الحيوية، وتعد الحروق من أشعة الشمس مثالًا على ذلك.
- وعلى صعيد المحطات النووية، يركز المختصون على أربعة أنواع للإشعاع المؤين وهي أشعة ألفا وبيتا وجاما والنيوترونات. تعد أشعة ألفا أضعف من أن تخترق معظم المواد، في حين أن أشعة بيتا أقوى منها، أما أشعة جاما فهي الأقوى بينهم. وبالنسبة للنيوترونات، يمكنها أن تخترق العديد من المواد إلّا أنها بطيئة في الأوساط المائية.

2.2 مصادر الاشعة .

2.2.1 المصادر الطبيعية:

- الشمس: تصدر الشمس أشعة فوق بنفسجية يمكن أن تتسبب بعمل حروق في البشرة
- الجرانيت: وهو من الصخور الشائعة ويُستخدم عادةً في المطابخ

2.2.2 المصادر الصناعية:

- يستخدم الأطباء الأشعة السينية أو أشعة الرنين المغناطيسي لرؤية العظام المكسورة داخل جسم الإنسان ولتشخيص المشاكل الصحية الأخرى.
- يصدر جهاز المايكروويف نوعًا من الأشعة لطهي الطعام.

2.3 قياس الإشعاع

- تعد "السيفرت" الوحدة العالمية لقياس الجرعات الإشعاعية ورمزها .(Sv) وبما أن كمية الجرعات الإشعاعية غالبًا ما تكون منخفضة جدًا، لهذا فهي تقاس بالميليسيفرت(mSv) ، وللتوضيح 1000 مليسيفرت تعادل 1 سيفرت.

2.4 إستخدامات الإشعاع :

بعيدًا عن الطاقة النووية والأسلحة النووية، لا تزال هناك مجموعة واسعة من الطرق التي تظل بها المواد المشعة والإشعاع الذي تطلقه مفيدة في الحياة اليومية للناس في جميع أنحاء العالم.

2.4.1 كاشفات الدخان:

تستخدم بعض كاشفات الدخان أيضًا العناصر المشعة كجزء من آلية الكشف الخاصة بها، وعادة ما تكون americium-241، والتي تستخدم الإشعاع المؤين لجسيمات ألفا، ثم تقيس التغيرات في تأين الهواء حول الكاشف مباشرة، حيث سيؤدي التغيير الناتج عن الدخان في الهواء إلى إصدار صوت التنبيه.

2.4.2 استخدامات الأشعة السينية في الطب:

الأشعة السينية هي أحد الاستخدامات الأكثر شيوعًا للإشعاع في الطب، حيث توفر معلومات قيمة للأطباء وغيرهم من المهنيين الطبيين حول إصابات المرضى أو أمراض.تستخدم المتتبعات والأصباغ المشعة

أيضًا لتكون قادرة على رسم خريطة دقيقة لمنطقة أو نظام معين، كما هو الحال في اختبار الإجهاد القلبي، والذي قد يستخدم نظائر مشعة مثل Technetium-99 لتحديد مناطق القلب والشرايين المحيطة مع انخفاض تدفق الدم.

2.4.3 التصوير الشعاعي**:**

- بشكل أساسي هناك إصدارات عالية الطاقة من أنواع آلات الأشعة السينية المستخدمة في الطب، تستخدم كاميرات التصوير الشعاعي الصناعي الأشعة السينية أو حتى مصادر جاما)مثل Iridium-192أو Cobalt-60 أو(Cesium-137 ؛ لإجراء فحص يصعب الوصول إليه أو من الصعب رؤية الأماكن.

  كما يُستخدم لفحص اللحامات بحثًا عن عيوب أو مخالفات، أو فحص مواد أخرى لتحديد الشذوذ الهيكلي أو المكونات الداخلية.
- يُعد التصوير الشعاعي الصناعي مفيدًا جدًا لإجراء المسح الآمن وغير الباضع عند نقاط التفتيش الأمنية مثل المطارات، حيث تستخدم ماسحات الأمتعة بالأشعة السينية بشكلٍ روتيني، وغالبًا ما يتم استخدام الإصدارات الأكبر من نفس الآلات لفحص حاويات الشحن في جميع أنحاء العالم.

2.4.4 تشعيع الغذاء :

هو عملية استخدام المصادر المشعة لتعقيم المواد الغذائية، يعمل الإشعاع عن طريق قتل البكتيريا والفيروسات، أو القضاء على قدرتها على التكاثر عن طريق إلحاق ضرر شديد بالحمض النووي أو الحمض النووي الريبي، ونظرًا لعدم استخدام الإشعاع النيوتروني، فإن الطعام المتبقي لا يصبح مشعًا في حد ذاته، مما يجعله آمنًا للأكل.

2.5 الآثار الجانبية بعد التعرض للإشعاع النووي

2.5.1 تأثير الإشعاع :

إن تأثير ذلك يختلف حسب مقدار الجرعة الإشعاعية والفترة الزمنية للتعرض واختلاف الأشخاص، فإذا كانت الجرعة الإشعاعية قليلة فإن ذلك لا يسبب ظهور أي حالة مرضية واضحة، إلا أن زيادة الجرعة الإشعاعية إلى حد أعلى قليلاً من الحد المسموح به تجعل بعض الأشخاص يشعرون بالتقيؤ خلال الساعات الأولى من تعرضهم وكذلك يشعرون بالتعب وفقدان الشهية وارتفاع درجة الحرارة، إضافة إلى تغيير ملحوظ في دمائهم.

أما إذا كانت الجرعة عالية فإن جميع الأشخاص يشعرون بالتقيؤ مع تغيير عدد كريات الدم الحمراء وخلال فترة قصيرة يتوفى عدد كبير منهم وتكثر نسبة الوفيات في حال عدم توفر المعالجة الطبية.

2.5.2 خطر خفي

لا لون ولا طعم للإشعاعات النووية التي يمكن أن تترك آثاراً خطيرة جداً في صحة الإنسان، وهي تتراوح بين الموت خلال ساعات من تعرضه لهذه الإشعاعات إذا ما كانت مرتفعة النسبة إلى أمراض أخرى ترتبط بنسبة الإشعاع النووي والجزء الذي تعرض للإشعاع والمنطقة التي أصيبت بالإشعاعات . ولكن هناك عوامل أخرى تؤثر في مدى وخطورة الإصابة ومنها عمر الشخص المعرض للإشاعات.

وتدخل الأشعة النووية إلى الجسم عبر التنفس أو البشرة، وقد تصيب الإنسان بسرطان الغدة الدرقية والأورام وسرطان الدم وأمراض العيون والاضطرابات النفسية وغيرها من الأمراض الخطيرة . وإذا تعرض الجسم إلى كميات كبيرة من هذه الأشعة ونالته جرعة كبيرة جداً منها، فقد يموت خلال ساعات أو أيام قليلة[2].

2.5.3 أنواع المخاطر

يمكن تقسيم المخاطر الناتجة من تعرض الإنسان للإشعاع إلى ما يلي:

1- مخاطر جسدية:

- السرطان: إن تعرض الإنسان للإشعاع النووي قد يسبب له الإصابة بمختلف أنواع الأمراض السرطانية ويعتمد ذلك على مقدار الجرعة الإشعاعية والمنطقة التي تتعرض للإشعاع.
- وقدأشارت الدراسات التي أجريت في مدينتي هيروشيما وناكازاكي إلى أن نسبة الإصابة بمرض سرطان الدم المعروف باسم اللوكيميا أعلى منه في بقية المدن اليابانية الأخرى، وأن الأشخاص الذين كانوا أقرب إلى منطقة الانفجار كانت إصابتهم أعلى من نسبة إصابة الآخرين الذين كانوا على مسافة أبعد.
- كما ثبت أن تعرض الإنسان إلى الإصابة بسرطان الغدة الدرقية الذي يصيب الأطفال والأشخاص غير البالغين بنسبة أعلى من البالغين عند تعرضهم إلى الجرعة الإشعاعية نفسها. وفي أحد معامل الساعات لُوحظ ظهور مرض سرطان العظام بين العمال والعاملات الذين كانوا يستخدمون عنصر الراديوم لصبغ عقارب الساعات، إذ كانوا يستعملون لهذا الغرض فرشاة خاصة يضعونها بين الفينة والأخرى في أفواههم لتدبيبها.
- هذا بالإضافة إلى ظهور أمراض خبيثة أخرى بين الأشخاص الذين تعرضوا إلى جرعات إشعاعية مثل سرطان البنكرياس والمعدة والرئة والقولون والبلعوم.
- عتمة عدسة العين: تعتبر عدسة العين من المناطق الحساسة جداً للإشعاع النووي بشكل عام والنيوترونات بشكل خاص وأن جرعة إشعاعية من النيوترونات تتراوح بين 20 و50 راداً كافية لإصابة

عدسة العين بالعتمة التي هي عبارة عن حدوث تلف دائم في عدسة العين قد يؤدي إلى فقدان القدرة على الإبصار.

- أما في حال تعرض العين لأشعة جاما فإن الجرعة اللازمة لإصابة عدسة العين بالعتمة تكون أكبر مما هي عليه في حالة النيوترونات ولا تقل عن 200 راد.
- العقم: هناك من الأدلة ما يشير إلى أن تعرض الأعضاء التناسلية إلى جرعات معينة من الإشعاع يؤدي إلى إصابة الإنسان بالعقم.
- ويصاب بالعقم كل من الرجال والنساء على حد سواء عند تعرضهم إلى جرعات إشعاعية عالية.
- وقد يكون العقم وقتياً أو يكون دائماً حسب مقدار الجرعة الإشعاعية.
- الوفاة قبل الأوان: ان التعرض إلى جرعات إشعاعية منخفضة لا يشكل بمفرده تأثيراً كبيراً فيصحة الإنسان، إلا أن التعرض إلى تلك الجرعات المنخفضة لفترة طويلة وعلى مدى سنوات يضعف مناعة الجسم ضد الأمراض الأخرى ويقود إلى الوفاة.
- وقد أجريت إحصائية بين الأطباء العاملين في حقل الإشعاع حيث وجد أن معدل الوفيات لدى أطباء الأشعة ليس بسبب الإصابة بأي نوع من أنواع السرطان وإنما لأسباب أخرى منها أمراض الكلية والأوعية الدموية وضغط الدم وأمراض الكبد وغيرها.

2- الأضرار الوراثية

- قد يحدث ضرر وراثي هائل في الجسم الذي يتعرض للأشعة النووية، كما حدث بعد إلقاء قنبلتين ذريتين على هيروشيما وناكازاكي في سبتمبر/ أيلول 1945 مما أدى إلى وفاة الآلاف من السكان وإصابتهم بحروق وتشوهات وإصابة أحفادهم بالأمراض الخطيرة القاتلة، وكما حدث بعد كارثة تشيرنوبيل في إبريل/ نيسان ،1986 ورغم مرور 25 سنة على الحادث هناك ارتفاع ملحوظ في نسبة المصابين بالسرطان تصل إلى 40 في المئة.
- وهناك تقديرات بأن 25 ألف شخص في روسيا لقوا حتفهم لأنهم شاركوا في أعمال تنظيف المفاعل بعد انفجاره.
- ويجب مراعاة عدم تعرض المرأة الحامل للأشعة السينية كوسيلة للتشخيص حتى لا تصيب الطفل بالتخلف العقلي . والحد الأقصى المأمون للإشعاعات النووية الذي يجب ألا يتجاوزه الإنسان هو 5 ريمات في اليوم الواحد، والريم وحدة قياس الإشعاع الممتص، وهي تعادل رنتجناً واحداً من الأشعة السينية.

- ولا ننسى في هذا الصدد تعرض الإنسان للأشعة الكونية الصادرة من الفضاء الخارجي، وتعرضه للإشعاعات الضارة خلال تعامله مع النظائر المشعة سواء في مجالات الطب والصناعة والزراعة، وتعرض العاملين في المفاعلات النووية والعاملين في المناجم التي يستخرج منها العناصر المشعة مثل الراديوم واليورانيوم.
- وتعتبر الإشعاعات المؤينة أحد العوامل المهمة المساعدة لإحداث الطفرة الوراثية وهي من الظواهر الخطرة التي يجب تقليل احتمالية حدوثها إلى أدنى حد ممكن ذلك لأن الإشعاع يعمل على إحداث انحرافات في الكروموسومات تنتج عنها تشويهات ولادية وارتفاع نسبة الإجهاض عند الحوامل ونسبة وفيات المواليد، إضافة إلى ولادة أطفال مصابين بنقص عقلي.
- وقد يتأخر ظهور الطفرة الوراثية إلى فترة طويلة لتظهر في أجيال لاحقة وهذا الأمر يجعل تقصي الطفرة الوراثية عند الإنسان الناتجة جراء تعرضه للإشعاع صعبة جداً، لأن الطفرة الوراثية قد تحدث بتأثير العقاقير أو بعض المواد الكيميائية مما يجعل عملية الربط بين تاثير الإشعاع والطفرة الوراثية متداخلة مع عوامل أخرى لا يمكن فرز تأثيرها.
- ويعتقد أن احتمال حدوث الطفرة عند الرجال أعلى منها عند النساء في حالة التعرض إلى جرعات إشعاعية أقل، ويزداد احتمال حدوث الطفرة الوراثية بزيادة الجرعة الإشعاعية، كما يعتقد بوجود علاقة بين انخفاض المواليد الذكور والتعرض إلى الإشعاع.
- وتبين الإحصاءات أن تعرض النساء إلى الإشعاع يؤدي إلى انخفاض نسبة المواليد الذكور وأن مقدار هذا الانخفاض يتناسب مع زيادة الجرعة الإشعاعية وكذلك الأمر في حالة تعرض الذكور إلى الإشعاع وإن كان غير واضح كما هي عليه الحال في النساء.

3- تاثيرات بدنية :-

- تؤثر الإشعاعات علي جسم الكائن الحي نفسة مثل اصابة الجلد بسرطان الجلد.

4- تاثيرات وراثية :-

- تؤثرالاشعاعات فى تركيب الكروموسومات الجنسية للآباء ويكون نتيجتها ولادة اطفال غيرعاديين(مصابون بتشوهات خلقية).

5- تأثيرات خلوية**:**

- تؤثر الاشعاعات فى تركيب الخلايا وقد تدمرها اذا تعرضت لجرعات هائلة من الاشعاع . ومن امثلتها تغير التركيب الكيميائي لهيموجلوبين الدم مما يجعله غير قادر علي حمل الأكسجين الى جميع خلايا الجسم.

- درجة خطورة هذه الإشعاعات تُحدد حسب درجة تعرض الإنسان لها، فكلما ازدادت كميتها زاد تأثيرها على الخلايا وإتلافها، أو يمكن أن تحدث تغييراً لها كالموت أو ظهور السرطان أو تغيير للجينات.
- عند تعرض الأطفال للأشعة يكون لها آثار ومضاعفات خطيرة حيث إنها تصيب الأنسجة النامية؛ لذلك إن تعرّض الجنين لهذه الإشعاعات **(9)** وه وتحدث له تشوهات خلقية أو تؤدي إلى موته.
- الإشعاعات ذات الخطورة الكبيرة تتمثل في تلك التي تستقر في أعضاء الجسم مثل: الرئتين، والكليتين، والكبد فعند دخولها لهذه الأعضاء عن طريق الجهاز التنفسي أو الجهاز الهضمي فإنّها تؤثر على الأنسجة المحيطة بها [2] .

الفصل الثالث

1.5 مقدمة

يكاد لا يخلو أي أسلوب لتوليد الطاقة، كما هو الحال في أية عملية صناعية، من توليد نفايات ، ويجب إيجاد الطرق الملائمة لحماية الإنسان والبيئة من آثارها السلبية، إلاّ أن تلك الأساليب تختلف من حالة إلى أخرى، لاسيما من حيث حجم النفايات المتولّدة مع مرور الزمن، فعلى سبيل المثال فإن توليد ألف ميجاوات من الطاقة الكهربائية يحتاج يومياً إلى 1000 طن من الفحم الحجري، وينتج عن هذه العملية انطلاق 300 طن من ثاني أكسيد الكبريت، وخمسة أطنان من الرماد الذي يحتوي على عناصر أخرى مثل: الكلور، والكادميوم، والزرنيخ، والزئبق، والرصاص، بالإضافة إلى بعض العناصر المشعة، وفي المقابل ينتج عن توليد الطاقة الكهربائية نفسها في محطة قوى نووية (500) متر مكعب من النفايات في العام.

3.2 تعريف النفايات

النفايات هي المواد المتبقية من عمليات الإنتاج أو المخرجات التي لا يُوجد لها قيمة في السوق،[١] وبشكلٍ عام يُوجد أنواع مختلفة، وهي: النفايات السائلة، والغازية، والطبية، والإشعاعية، والصلبة، مثل: الورق والخشب والمعادن والزجاج والبلاستيك، والتي تسبب روائح كريهة تنتج بفعل التحلل البيولوجي

3.3 تعريف النفايات المشعة :

هى تلك المواد التي تنتج من توليد الكهرباء باستخدام الانشطار النووي، تولد الكهرباء بحرق الفحم أو عندالتنقيب عن البترول .

3.4 مصادر النفايات المشعة

تتنوع مصادر النفايات المشعة وفقاً لنوع العمليات التصنيعية التي تنجم عنها تلك النفايات، ومن تلك المصادر ما يلي:

- محطات القوى النووية.
- جميع عمليات ومراحل دورة الوقود النووي.
- استخراج الخامات النووية، مثل اليورانيوم والثوريوم.
- استخدام النظائر المشعة في البحث العلمي وفي الصناعة والتعدين والزراعة.

- الطب النووي بما فيه التشخيص والعلاج.
- إنتاج العقاقير والمصادر المشعة.

وعلى الرغم من أن جميع الأنشطة المرتبطة بذه المصادر يتولّد عنها نفايات، إلاّ أن حجم هذه الأنشطة يختلف من دولة إلى أخرى، ففي حين توجد جميع الأنشطة المذكورة في الدول الصناعية النووية، تكاد لا تخلو دولة نامية من جميع أو معظم الأنشطة الثلاثة الأخيرة

3.5 تصنيف النفايات المشعة

ليس هناك تصنيف دولي موحّد للنفايات المشعة، حيث إن ذلك يعتمد إلى حد كبير على أنظمة كل دولة، وعلى المعايير التي استخدمت كأساس لتعريف النفايات المشعة، كما يعتمد كذلك على مدى تطور الصناعة النووية في تلك الدولة وحجم الأنشطة ونوعها.

ومن العوامل التي تدخل في تصنيف النفايات المشعة ما يلي:

- نوع العناصر المشعة وتركيزها في النفايات.
- العمر النصفي للعناصر المشعة.
- الحالة الفيزيائية للنفايات من حيث السيولة والصلابة والغازية.
- طرق المعالجة والحفظ.
- احتمال الانتشار في البيئات المجاورة.
- مصدر النفايات.

وعلى سبيل المثال، يعتمد القانون الأمريكي في تصنيفه للنفايات المشعة على الحد الأقصى المسموح به لتركيز النظير المشع في الهواء أو الماء، وتبعاً لذلك تصنّف النفايات المشعة إلى ما يلي:

- نفايات ذات مستوى إشعاعي عالٍ، وتشمل بعض نواتج تصنيع الأسلحة النووية، وجميع نواتج دورة الوقود النووي، ومخالفات محطات القوى النووية مثل الوقود النووي المستنزف.
- نفايات ما بعد اليورانيوم، وتشمل الأنوية الباعثة لجسيمات ألفا والتي يزيد عددها الذري على 92، ويزيد عمرها النصفي على خمسة أعوام، ويزيد تركزيها على $7،3 \times 610$ بيكرل – كجم، وينتج هذا النوع من النفايات بشكل رئيس أثناء عمليات إنتاج الأسلحة النووية.
- نفايات ذات مستوى منخفض، وتشمل تقريباً جميع أنواع النفايات الأخرى التي لا تقع ضمن التصنيفين السابقين، مثال ذلك جميع المواد التي استخدمت في أية عملية تضمنت مصدراً مشعاً، مثل: الملابس، والقفازات، والحقن، وأدوات التنظيف، والسوائل التي تحتوي على مواد مشعة.

ومن عيوب هذا التصنيف عدم الأخذ في الحسبان العمر النصفي للنواة والحالة الفيزيائية للنفايات المشعة، وهي من الأمور التي تعتمد عليها طرق حفظ ومعالجة تلك النفايات اعتماداً كبيراً، لذا فقد لجأ عديد من الدول والمنظمات الدولية المعنية بالحماية من الإشعاع إلى تصنيف النفايات المشعة، آخذة في الحسبان الطرق المقترحة لحفظها ومعالجتها والتخلّص منها، وعلى ضوء ذلك فإن النفايات المشعة تصنّف إلى ما يلي:

- نفايات ذات مستوى إشعاعي عالٍ، وهي النفايات المشعة الناتجة عن الوقود النووي المعالج أو المستنزف، وتتميز بأنها ذات أعمار نصفية طويلة وينبغي حفظها في مطامير دائمة.
- نفايات ذات مستوى إشعاعي متوسط، وتنتج عن عمليات إنتاج أو استخدام بعض النظائر المشعة. وفي حين أنه يمكن تصنيف النفايات السائلة ذات المستوى الإشعاعي المتوسط اعتماداً على الأنشطة الإشعاعية للنفايات وطرق معالجتها، إلاّ أن الأمر أكثر تعقيداً في حالة النفايات المشعة الصلبة، حيث يجب الأخذ في الحسبان إلى جانب العوامل السابقة نوع الإشعاع الصادر والعمر النصفي للمادة وسمّيتها الإشعاعية، بالإضافة إلى العوامل التي يجب مراعاتها عند الحفظ، فعلى سبيل المثال ولأغراض التخلّص من النفايات فإن النفايات المشعة السائلة المتوسطة المستوى هي تلك التي يزيد نشاطها الإشعاعي عن 7،3 جيجا بيكرل في المتر المكعب.
- [نفايات ذات مستوى إشعاعي منخفض، وتشمل جميع النفايات التي لا تدخل ضمن التصنيفين السابقين، وتشكّل الجزء الأكبر من النفايات المشعة، حيث تصل في بعض الأحيان إلى ما يزيد عن 70% من إجمالي النفايات، وتنتج بشكل أساس من استخدام النظائر والمصادر المشعة في الطب والبحث العلمي والتطبيقات الصناعية.[4]

3.6 إدارة النفايات المشعّة

الهدف الأساس لأي برنامج لإدارة النفايات المشعة والتحكم فيها، هو الوصول إلى الوضع الذي يضمن حماية الإنسان والبيئة من مضار تلك النفايات، وقد يعني ذلك لاسيما في بعض حالات النفايات ذات المستوى الإشعاعي المنخفض معالجتها ثم إطلاقها في البيئة، حيث إن معالجتها أو حفظها أو كليهما قد تؤدي إلى خفض مستواها الإشعاعي إلى حد يقل عن مستواها الإشعاعي الطبيعي في البيئة، لأن غير ذلك قد يعني الاضطرار إلى حفظ تلك النفايات لمئات أو آلاف السنين، ويبرز ذلك جلياً في حالة النفايات ذات المستوى الإشعاعي العالي.

ولا يعني اصطلاح "حماية الإنسان والبيئة" بالضرورة عدم احتمال وجود الخطر، ولكن قد يعني أن ذلك الاحتمال قابل للمواجهة والمعالجة، أو أن الفائدة للمجتمع من تحمل وجوده تبرر بقاءه.

3.7 طرق التخلّص من النفايات المشعّة

تنقسم النفايات المشعة الى :

(1) النفايات ذات المستوى العالي:

هناك عدة طرق مقترحة لحفظ النفايات ذات المستوى الإشعاعي العالي، وإضافة إلى أن الكثير منها لا يزال في طور التجربة فهي باهظة التكاليف، ومن هذه الطرق ما يلي:

- الدفن في مطامير دائمة في أعماق مختلفة وفي تكونيات جيولوجية مستقرة.
- تغيير التركيب الذري من خلال قذف النفايات بجسيمات في معجلات أو مفاعلات انشطارية أو اندماجية.
- الدفن تحت الجليد في أعماق بعيدة تحت المحيط المتجمد.
- الطرح في الفضاء الخارجي.
- الدفن تحت قاع المحيطات.

ومن الجدير ذكره أن الدفن في تكوينات جيولوجية مستقرة لايزال هو الطريقة التي تحظى باهتمام كثيرين في الوقت الحاضر، ويجب عند تبني هذه الطريقة الأخذ في الحسبان عوامل عديدة، مثل: نوع الصخور، ونشاط الزلازل في المنطقة، والتكوينات المائية الموجودة في المنطقة أو القريبة منها، بالإضافة إلى العوامل النفسية وتقبّل الرأي العام لوجود مثل هذه المدافن.

وللتدليل على مدى تأثير العوامل النفسية وتأثير الرأي العام في مثل هذا المجال، يجدر بالذكر هنا أنه لا يوجد في الولايات المتحدة الأمريكية في الوقت الحاضر أي مدافن دائمة للنفايات، حيث لاتزال تحفظ بصورة مؤقتة في (60) موقعاً تمثل مواقع محطات للقوى النووية، ويتوقع أن يصل هذا الرقم إلى أكثر من (40) ألف طن في عام 2010م.

(2) النفايات ذات المستوى الإشعاعي المتوسط والمنخفض:

يمكن التخلُّص من أثرها الإشعاعي حسب حالتها، سواء أكانت سائلة أم صلبة، حسب ما يلي:

- النفايات المشعة السائلة:

تحدد عادة الجهة المختصة بالحماية من الإشعاع في كل دولة مستوى النشاط الإشعاعي الذي يجب أن تصل إليه النفايات المشعة السائلة قبل السماح بإلقائها في شبكة الصرف الصحي العامة، وتمر عملية إدارة النفايات المشعة السائلة بالخطوات والمراحل التالية:

التجميع: ويعمل به في حالة كون النفايات المشعّة السائلة ذات مستوى إشعاعي منخفض ولكنه أعلى من المسموح به من الجهة المختصة لإلقائه في شبكة الصرف الصحي العامة، فإنه يتم تجميعها في أوعية من

البلاستيك ذات أحجام مختلفة، أو أوعية زجاجية في حالة وجود مواد عضوية عالقة، ويتم بعد ذلك القياس الدوري لمستوى الإشعاع، وعند وصوله إلى المستوى المسموح به فإنه يتم تصريف النفايات من خلال شبكة الصرف الصحي.

وعندما يكون حجم النفايات كبيراً جداً يتم حفظها في خزانات متصلة بعضها ببعض، وعندما يمتلئ أحد الخزانات يتم تحويل النفايات إلى خزان آخر، وتتم مراقبة المستوى الإشعاعي في الخزانات السابقة.

المعالجة: في حالة احتواء النفايات السائلة على نويدات ذات عمر نصفي طويل، فإن ذلك يستدعي معالجتها قبل التخلّص منها، والمعالجة الكيميائية هي الأكثر شيوعاً، وتستخدم في معالجة المياه، مثل الترسيب والتبخير والتبادل الأيوني، وتتميز هذه الطرق بكلفتها القليلة وإمكان معالجة عدد كبير من النويدات المشعة.

- النفايات المشعة الصلبة

النفايات المشعة الصلبة تمر بالمراحل التالية:

- التجميع والفصل: حيث يتم تحديد مركز للتجميع تجلب إليه النفايات الصلبة، ومن ثم يتم فرزها وتصنيفها من حيث قابليتها للاحتراق من عدمه، ومن حيث قابليتها لانكماش الحجم، وذلك لتسهيل المعالجة والتخلّص، كما يتم فرز تلك التي لا تزال نشطة إشعاعياً من غيرها.
- المعالجة: وتشمل ما يلي:
- المعالجة المؤقتة: وذلك في حالة النفايات التي تشمل نويدات ذات عمر نصفي قصير، والتي يمكن حفظها حتى وصول نشاطها الإشعاعي إلى الحد المسموح به من قِبَل الجهة المختصة لاعتبارها مادة غير نشطة.
- الحرق: ويؤدي إلى تخفيض شديد في حجم هذه المواد، وبالتالي إلى سهولة الحفظ، إلاّ أن ذلك لا يخفض من المحتوى الإشعاعي الكلي.
- الدفن: ويعدّ أكثر الطرق شيوعاً بالنسبة للمواد الصلبة التي يصعب اعتبارها أو تحويلها إلى نفايات عادية، ويتم الدفن في مدافن مغلقة قريبة من السكان.
- ومن النفايات التي تنتج من محطات توليد الطاقة إشعاعات بيتا وجاما، وهذه الإشعاعات ليست لها خطورة كبيرة لصغر حجمها النسبي وأخرى قوية الإشعاع تشمل الكثير من النظائر المشعة والتي تشع جسيمات ألفا مثل النبتونيوم والبلوتونيوم، وهذه النظائر عالية النشاط الإشعاعي وذات فترة عمر النصف فائقة الطول حيث يستمر نشاطها الإشعاعي فترة طويلة جداً من الزمن.

- ويتم التخلص من النفايات النووية بعدة طرق تختلف وفقاً لقوة الإشعاعات الصادرة منها الضعيفة والمتوسطة توضع بعد تبريدها في باطن الأرض، حيث تحاط بطبقة من الأسمنت أو الصخور وأحياناً تقوم بعض الدول بإلقائها في مياه البحار والمحيطات.
- أما النفايات ذات الإشعاعات القوية فتوضع في الماء لتبريدها ثم تدفن على أعماق كبيرة في باطن الأرض وفي أماكن بعيدة عن العمران.
- وهناك طريقة حديثة للتخلص من النفايات النووية القوية، حيث تحفظ في مواد عازلة من الخزف أو الزجاج من نوع البوروسيلكات ويتم ذلك بخلط النفايات مع مادة مكلسة ثم تصهر عند درجة حرارة عالية ويصب الخليط في أوعية من الصلب غير قابل للصدأ وتدفن على أعماق كبيرة تحت سطح الأرض مع أخذ الحيطة حيث إنها تظل مصدر خطر لفترات طويلة.
- التخلص من النفايات هو الخطوة النهائية في التصرف في النفايات المشعة. والهدف منه هو توفير الأمان من خلال وضع النفايات في مرافق مصممة لمستويات ملائمة من الاحتواء والعزل. وتُصمَّم هذه المرافق ويحافظ عليها لتشمل حواجز طبيعية وهندسية على حد سواء لتوفير الحماية الكافية من الإشعاع للأشخاص والبيئة على مدى فترات طويلة من الزمن.
- وقد وُضع عدد من خيارات التخلص من النفايات من أجل التصرف النهائي في النفايات المشعة. وتجسِّد الخيارات الاختلافات في كمية وخصائص أنواع النفايات المختلفة، وخصائص التشريعات الوطنية والاختلافات الجيولوجية.
- ويهدف وضع الوكالة لمعايير الأمان والأنشطة المتعلقة باستخدامها وتطبيقها إلى تأمين أفضل فائدة ممكنة للدول الأعضاء في الوكالة.
- وجرى تنظيم المشاريع والأفرقة العاملة الدولية للعمل على تحقيق اتساق بين النُهج المتبعة في أمان التخلص من النفايات المشعة، وتوفير محفل لتبادل الآراء للدول الأعضاء. ومن أمثلة هذه المشاريع الدولية مشروع التوضيح العملي واستخدام بيان حالة الأمان في إدارة التخلص من النفايات بالقرب من سطح الأرض الذي يتناول بيان أمان مرافق التخلص من النفايات بالقرب من سطح الأرض والمشروع الدولي لإيضاح أمان التخلص الجيولوجي الذي يركز على بيان الأمان التشغيلي والطويل الأجل لمرافق التخلص الجيولوجي ووضع برنامج محدد للتخلص من النفايات القوية الإشعاع والوقود المستهلك. ومثال آخر على النشاط ذي الصلة هو المشروع الدولي بشأن التدخل البشري في سياق التخلُّص من النفايات المشعة، المكرَّس لجوانب التدخل البشري في

تقييم أمان مرافق التخلص من النفايات بالقرب من سطح الأرض في المرحلة التي تلي إغلاق المرافق.

- ومع تزايد استخدام توليد القوى النووية والاستخدام الواسع النطاق للنظائر المشعة لأغراض مفيدة في مجالات البحوث والصناعة والطب والزراعة، هناك حاجة متزايدة إلى تبادل المعلومات والمعارف بشأن نهج التخلص من النفايات. ولدعم الدول الأعضاء في وضع برامج وحلول للتخلص من النفايات، تساعدها الوكالة الدولية للطاقة الذرية في المجالات التالية:
- وضع برامج التخلص من النفايات في إطار بنية أساسية وطنية متكاملة للتصرف في النفايات المشعة
- تطوير مرافق التخلص من النفايات القريبة من سطح الأرض والجيولوجية، بما في ذلك التخلص داخل حفر السبر للمصادر المشعة المختومة المهملة
- حفظ ونشر المعارف المتعلقة بالتنمية والتشغيل وما بعد التشغيل في عملية التخلص من النفايات
- تحديث المستودعات القريبة من سطح الأرض
- توفير التدريب على تطبيق تكنولوجيات التخلص من النفايات وتعزيز الاتصالات بين المهنيين في مجال التخلص من النفايات المشعة من خلال استخدام الشبكتين (الشبكة الدولية للتخلص من النفايات الضعيفة الإشعاع وشبكة مرافق البحوث الجوفية).
- المعالجة المؤقتة: وذلك في حالة النفايات التي تشمل نويدات ذات عمر نصفي قصير، والتي يمكن حفظها حتى وصول نشاطها الإشعاعي إلى الحد المسموح به من قِبَل الجهة المختصة لاعتبارها مادة غير نشطة.
- الحرق: ويؤدي إلى تخفيض شديد في حجم هذه المواد، وبالتالي إلى سهولة الحفظ، إلاّ أن ذلك لا يخفض من المحتوى الإشعاعي الكلي.
- الدفن: ويعدّ أكثر الطرق شيوعاً بالنسبة للمواد الصلبة التي يصعب اعتبارها أو تحويلها إلى نفايات عادية، ويتم الدفن في مدافن مغلقة قريبة من السطح
- معالجة المسائل العلمية والتقنية والمؤسسية والاجتماعية - السياسية من خلال إشراك أصحاب المصلحة لدعم بناء الثقة.
- واكب النمو المضطرد في استغلال الإنسان للطاقة النووية وللمواد المشعة، سواء أكان في توليد الطاقة الكهربائية أم في مجالات حيوية أخرى، كالزراعة والصناعة والطب، تطوراً كبيراً في

العلوم والتقنيات النووية، إلاّ أن هذا النمو لم يفلح في إقناع كثيرين بإمكان التحكّم في النواتج والآثار المترتبة على هذه التقنيات.

- إن قدرة الإنسان على التحكّم والسيطرة على المخلفات والنفايات المشعّة المتولدة عن استخدام المصادر المشعة هي إحدى تلك المواضيع التي لا تزال تثير الشكوك لدى الرأي العام في كثير من الدول حول جدوى استغلال الإنسان للطاقة النووية، كما أنها تقف في الوقت ذاته كإحدى العقبات الأساس في وجه الاستغلال الأمثل للطاقة النووية.
- يعتمد مستقبل الصناعة النووية إلى حد بعيد على مدى قدرة هذه الصناعة على إقناع الرأي العام بوجود وتوفّر التقنيات الملائمة لمعالجة وتحييد النفايات المشعة.[5]

الفصل الرابع
التلوث الإشعاعى

1.6 مقدمة :

عرَّف التلوثبالإنجليزية (Pollution) بأنّه ارتفاع كميّة المواد بأشكالها الغازيّة، أو السائلة، أو الصلبة، أو إضافة أحد أشكال الطاقة، مثل: الطاقة الصوتيّة، والحراريّة، والنشاطات الإشعاعيّة، وغيرها داخل البيئة مما يجعلها غير قادرة على تحليل هذه المواد والطاقة، أو تبديدها، أو تخفيفها، أو إعادة تدويرها، كما تصبح غير قادرة عن تخزين المواد وأشكال الطاقة المختلفة بأشكال غير ضارّة، ويُعرَف هذا التلوث باسم التلوث البيئيّبالإنجليزية(Environmental Pollution)ويشمل هذا التلوث جميع المواد ذات التأثير السلبي على البيئة، أو الكائنات الحيّة التي تعيش فيها، ويُمكن تقسيم أنواع التلوث الرئيسيّة إلى: تلوث المياه، وتلوّث الهواء، وتلوث التربة، والتلوث الضوئي، والتلوث الضوضائي.

4.2 أنواع التلوث

4.2.1 تلوث الهواء يُعرّف تلوث الهواءبالإنجليزية (Air Pollution):بأنّه إضافة بعض الملوّثات، مثل: المواد البيولوجيّة، أو المواد الكيميائيّة، أو الجسيمات المعلقةبالإنجليزيّة (Particulates) :ذات التأثير السلبي على حياة الكائنات الحية إلى الغلاف الجوّي، وتوجد هذه الملوّثات في الحالة السائلة، أو الغازيّة، أو الصلبة، وقد تنبعث من مصادر طبيعيّة، أو مصادر ناتجة عن بعض الأنشطة البشريّة، وتسبب العديد من الأضرار للمحاصيل الزراعيّة، بالإضافة إلى التَّسبب بالعديد من الآثار السلبيّة التي قد تصيب البيئة الحضريّة، والبيئة الطبيعيّة، كما أنّها قد تسبب الإزعاج، أو بعض الأمراض للكائنات الحية، وقد تؤدّي إلى الوفاة في بعض الأحيان.

4.2.2 تلوث الماء يحدث تلوث الماءبالإنجليزية (Water Pollution) :عند إضافة المواد الكيميائيّة وأيّ مواد غريبة لها تأثيرات سلبيّة على حياة الكائنات الحية بما فيهم الإنسان داخل المياه، ومن الجدير بالذكر أنّ هذه المياه قد تصل إلى حوالي 2 مليار نسمة حول العالم عن طريق مياه الشرب، وتشتمل ملوّثات المياه علىالمعادن الثقيلة، كالزئبق، والرصاص، وغيرها. المبيدات والأسمدة الزراعيّة التي تنتقل عن طريق الجريان السطحي للمياه. المخلفات الكيميائيّة الصناعيّة. الملوّثات الكيميائيّة التي تتسرّب من المواقع التي يتمّ فيها التخلص من النفايات الخطرة. المخلّفات الناتجة عن معالجة وإنتاج الأغذية. المخلّفات الناتجة عن معالجة الصرف الصحي.

4.2.3 تلوث التربة يُمكن تعريف تلوث التربةبالإنجليزية (Soil Pollution):بأنّه ارتفاع نسبة المواد الكيميائيّة في التربة، أو وجود مواد غريبة لا تنتمي إليها، أو زيادة تركيز بعض مكوّنات التربة عن نسبتها الطبيعيّة مما يؤدي إلى التسبب بالعديد من الأضرار التي قد تصيب الكائنات غير المُستهدَفةبالإنجليزيّة(Non-targeted Organism):، وتندرج مصادر تلوث التربة تحت قسمين، يضمّ أحدهما جميع الملوّثات البشريّة، في حين يشتمل القسم الآخر على المصادر الطبيعيّة، مثل: زيادة تركيز بعض المكوّنات المعدنيّة مما يجعل التربة تصبح سامّة وغير صالحة للاستخدام، ويُعدّ تلوث التربة واحداً من الأخطار الخفيّة على البيئة؛ بسبب عدم القدرة على ملاحظته بالعين المجردة، وعدم القدرة على تقييم التلوث بشكل مباشر.

4.2.4 التلوث الضوضائي يشتمل التلوث الضوضائي أو التلوث السمعيبالإنجليزية (Noise Pollution : على جميع مصادر الأصوات المرتفعة غير المرغوب بها التي يُمكن أن تدخل إلى الأذنين، وتسبب العديد من الأضرار للجهاز السمعي للإنسان والكائنات الحية الأخرى، ويتفاوت مدى تأثير هذه الملوّثات على السمع بشكل كبير؛ حيث يتسبب بعضها بالتلف المباشر للجهاز السمعي، مثل: الأصوات المرتفعة الناتجة عن الانفجارات، بينما يتسبب بعضها بتأثيرات سلبيّة على الجهاز السمعي على المدى البعيد، مثل: الاستماع للأصوات الصاخبة بشكل مستمر، وهناك العديد من المصادر للتلوث الضوضائي، منها:المعدات الموسيقيّة، مثل: مكبرّات الصوت. الآلات المختلفة، مثل: المكانس الكهربائيّة وجزازات العشب، والآلات والمعدات الصناعية. وسائل النقل المختلفة، مثل: الشاحنات، والطائرات، والحافلات، وغيرها. يتسبب التلوث الضوضائي بالعديد من الأضرار الصحيّة على البشر -وليس فقط على الجهاز السمعي- حسب البيانات الصادرة عن وكالة حماية البيئة الأمريكيةبالإنجليزية(U.S. Environmental Protection Agency):، ومنظمة الصحة العالميةبالإنجليزية(World Health Organization) :، كما أنّه يُعدّ واحداً من المشاكل الصحيّة العامة ذات الوتيرة المتزايدة حسب بيانات مراكز السيطرة على الأمراض والوقاية منهاالإنجليزية): (Centers for Disease Control and Prevention، حيث يؤدي إلى ضعف السمع، وارتفاع ضغط الدم، والصّداع، وتداخل الكلام عند الحديث، واضطرابات النوم، والإجهاد، بالإضافة إلى التأثيرات السلبيّة على الإنتاجيّة، والصحة النفسيّة، وعلى نوعيّة الحياة بشكل عام.

4.2.5 التلوث الضوئي يضمّ التلوث الضوئيبالإنجليزية (Light Pollution :جميع مصادر الإضاءة الاصطناعيّة الضارّة، بالإضافة إلى مصادر الإضاءة الشديدة، ومصادر الإضاءة غير الموجَّهة (المُضلِّلة)، وينتج عن هذا التلوث عدّة آثار سلبيّة؛ حيث يتسبب ببعض المشاكل الصحيّة للبشر،

وإهدار كميّات كبيرة من الطاقة، بالإضافة إلى الإخلال بالنظام البيئي، وإخفاء إضاءة النجوم ليلاً، كما يتسبب بالعديد من الآثار السلبيّة على الأبحاث الفلكية.

4.2.6 انواع التلوث الضوئي وهى أربعة أنواع مختلفة :

- الوهج :بالإنجليزيّة(Glare):وهو الإضاءة التي تتسبب بإزعاج العين عند الرؤية نتيجة سطوعها المرتفع.
- ب) الوهج السماوي:بالإنجليزيّة(Skyglow) :وهو سطوع السماء بالأضواء أثناء الليل فوق المناطق المؤهولة بالسكان.
- ج) التشتيت الضوئيّ :بالإنجليزيّة(Clutter): تجمُّع العديد من مصادر الضوء الكثيرة المربِكة ذات السطوع المرتفع في مكان واحد.
- د) التعدّي الضوئي :بالإنجليزيّة(Light Trespass) هو دخول الضوء إلى الأماكن التي لا تحتاج إلى الإضاءة فيها.

4.3 التلوث الإشعاعى

يعرف التلوث الإشعاعي هو انبعاث إشعاعات خطيرة نتيجة حوادث تحصل في المفاعلات النووية أو من النفايات المشعة أو أي مصدر يستعمل في الإشعاع بجرعات ضارة تعمل على تدمير خلايا الكائن الحي بشكل مباشر عند التعرض للإشعاع أو غير مباشر خلال تركيزها في الهواء أو الماء أو التربة أو الغذاء. مصادر التلوث الإشعاعي.

4.4 مصادرالتلوث الإشعاعى

هناك العديد من مصادر الإشعاع في البيئة والذي يتنوع ما بين مصادر طبيعية ومصادر ثانوية، ومن هذه المصادر :-

4.4.1 المصادرالطبيعية

- الإشعاع الكوني:وهي عبارة عن الأشعة التي تأتي إلينا من خلال الفضاء الذي يحيط بالكرة الأرضية، ومصدر هذه الإشعاعات هي الشمس والمجرات، وهي تنقسم إلى الأشعة الكونية الأولية.يُطلِق الفضاء الخارجي بما فيه من مجرات مجموعة من الأشعة، بعضها تنفُذ إلى الغلاف الجوي للأرض وتتفاعل مع مكوناته، ويضمّ الإشعاع الكوني أيضاً الأشعة الشمسية التي من الممكن أن يحدث بعضها تغيّرات واضحة على سطح الأرض. وكذلك الأشعة الكونية الثانوية، وأشعة الشمس، والتي تنتج نتيجة انبعاث

تموجات تظهر على شكل لسان كبير من سطحها، وهذه الإشعاعات تكفي لإحداث تغيرات جذرية على سطح كوكب الأرض.

- البيئة الأرضيَّة: وتوجد بعض العناصر المشعة مثل اليورانيوموالثوريوم في القشرة الأرضية.
- المواد المشعة في الماء:يتفاوت تركيز المواد المشعة ، توجد الكثير من المواد الإشعاعية في أنواع كثيرة من المياه، حيث يوجد في المياه الجوفية نسبة من اليورانيوم، بينما تحتوي المياه المالحة في البحار على تركيز عالي من مادة البوتاسيوم، كما أن مياه النافورات يوجد بها نسبة عالية من الراديو.
- مواد مشعة قريبة من سطح الأرض : هي عبارة عن مواد مشعة مثل الكربون والثورون والرادون، وهذان العنصران يوجدان في التربة، ثم يتم صعودهم في الهواء.

4.4.2 المصادر الصناعية

انفجارات النووية:يُعدّ الوسط البيئي الذي يتمّ اختياره لإحداث الانفجارات النووية فيه عاملاً محدِّداً لخطورة وشدة التفجير، فالتفجير الجوي أشد ضرراً من التفجير تحت الماء أو بالقرب من سطح الأرض؛ نظراً إلى قدرته على نشر مخلفاته الذرية المُلوثة إلى كافة عناصر البيئة الحيوية.

4.4.3 المفاعلات النووية . التفجيرات الذرية .

تعتبر التفجيرات النووية من أخطر الإشعاعات التي من الممكن أن تؤثر على البيئة، كما أن هذه التفجيرات تحدث على ارتفاعات متباينة أو تحت الماء وكذلك تحت الأرض.وعندما يحدث التفجيرات الذرية في الهواء أكثر خطورة على البيئة، حيث يحدث الإنفجار، فيقوم بإلتقاط جزيئات من الأرض، وكذلك الغبار العالق في الهواء فيدمجهما سوياً، مما ينتج عنها تلوث بيئي خطير.

4.4.4 المصادر الإشعاعية للأغراض الطبية

الإشعاعات التي تنتج عن استخدام الأجهزة الطبية مثل أشعة اكس والأشعة السينية وكذلك العلاج الإشعاعية.

4.4.5 المصادر الإشعاعية الصناعية

يشمل هذا النوع التصوير الإشعاعي، وكذلك الدواء بواسطة الإشعاع، بالإضافة إلى تعقيم الطعام.

4.5 انواع واشكال التلوث الإشعاعى

يوجد أشكال وصور للتلوث الإشعاعي، حيث تؤثر على العناصر البيئية المختلفة ومنها:-

4.5.1 تلوث الماء الإشعاعي

يسبب الإشعاع التلوث المائي، ويمكن لهذه المياه التي تم تلوثها بالإشعاع أن تقوم بنقل الإشعاع إلى الكائنات البحرية، مثل الأسماك، وكذلك ينتقل إلى الحيوانات والنباتات التي تستخدم المياه، كما تنتقل الإشعاعات إلى الإنسان عن طريق شرب المياه أو تناول المزروعات المشعة.

4.5.2 تلوث التربة الإشعاعي

ينتقل التلوث الإشعاعي إلى التربة، عندما تصاب التربة بالمواد المشعة سواء الصلبة منها أو السائلة، والتي تنتقل إلى النبات بمختلف أشكاله في عملية البناء الضوئي، وكذلك الحيوان والإنسان الذين يقومون بتناول هذه المزروعات.

كما أن هذه الملوثات الإشعاعية، تتغلغل إلى الطبقات العميقة من الأرض، كما من الممكن أن تؤدي إلى تلوث المياه الجوفية الموجودة في باطن الأرض.

4.5.3 تلوث الهواء الإشعاعي

يعد تلوث الهواء بالإشعاع واحدة من أخطر أنواع التلوث، وذلك نظراً لسرعة إنتشار المواد الإشعاعية من خلال الهواء، حيث تتخذ هذه الإشعاعات الهيئة الغازية.

لذلك فإنه ينتقل من مكان لآخر في وقت كثير، وذلك لسرعة انتشار المواد المشعة التي تتخذ شكل الغازات في الهواء، بالإضافة إلى انتقالها من مكان إلى آخر خلال وقت قصير من خلال تحرك الرياح، ويحدث هذا النوع نتيجة الإنفجارات النووية، أو تسرب غاز الرادون.

- ينقسم التلوث الإشعاعي من حيث تكرار حدوثه إلى ثلاثة أنواع، وهي كالآتي
- التلوث الإشعاعي المستمر:هذا النوع من التلوث يُحدث بشكل مستمر ودائم في أماكن وجود المواد المُشعة، مثل مناجم اليورانيوم، والمفاعلات النووية، ومختبرات التجارب.
- التلوث الإشعاعي الحيني:ويحدث في وقت أو ظرف معين، مثلاً عند القيام بالتجارب النووية والتجارب التجريبية للمواد المشعة.
- التلوث الإشعاعي العرضي: يحدث هذا النوع من التلوثعندما تفشل التجارب على المواد الخطرة، أو عندما يتمّ فقد السيطرة على المواد المُستخدَمة في التجربة.
- وهناك نوع آخر من التلوث تحدثه المحطات النووية وهو التلوث الحراري وينتج عن استخدام مياه المحيطات أو البحار أو الأنهار بكميات كبيرة لتبريد المفاعل والتي تلقى في المصدر بعد ذلك فترتفع درجة حرارتها محدثة خللاً بالنظام البيئي Ecosystem والإضرار بكافة الأحياء المائية التي تعيش في المياه حيث يقلل من نسبة الأكسجين المذاب في الماء اللازم لحياة الكائنات البحرية[3].

طرق التعرض للتلوث الإشعاعى

يتمّ التعرض للتلوث الإشعاعي بطريقتين، وهما:

- التلوث الداخلي: ويحدث عندما تدخل المواد المشعة إلى داخل الجسم من خلال البلع أو التنفس المواد المشعة، أو عن طريق دخولها عبر جرح مفتوح، أو أن يتمّ امتصاصها من خلال الجلد، ويُمكن أن تستقر بعض هذه المواد في أعضاء الجسم المختلفة بشكل دائم، أو يُمكن التخلص منها عبر الدم، والتعرق، والبول، والبراز.
- التلوث الخارجي:وهو ما يحدث عند استقرار المواد المُشعة الموجودة على شكل غبار، أو مسحوق، أو سائل على السطح الخارجي للجلد، أو الشعر، أو الملابس، ومن الممكن أن يصبح التلوث الخارجي داخلياً إذا ما تمّ دخول المواد المُشعة إلى داخل أجسادهم.

4.6 المخاطر الصحية الناجمة

عن التلوث الإشعاعي متلازمة الإشعاع الحادة متلازمة الإشعاع الحادة أومرض الإشعاع أو التسمم الإشعاعي) بالإنجليزية (Acute Radiation Syndrome :أو اختصاراً(ARS)، هو مرض خطير يصيب الأشخاص عند التعرض لمستوى عالٍ من الإشعاع خلال فترة زمنية قصيرة، وتحدث فقط عند:

التعرض لجرعة عالية من الإشعاع. في حال اختراق الإشعاع للجسم والوصول إلى الأعضاء الداخلية. تعرّض كامل الجسم أو غالبيته للإشعاع .

التعرض للإشعاع خلال فترة زمنية قصيرة، أيّ عدة دقائق. يظهر على الشخص المصاب بمتلازمة الإشعاع الحاد مجموعة من الأعراض، وهي :

- الغثيان والتقيؤ.
- الصداع .
- الإسهال .

تختلف المدة التي يستغرقها الجسم لتظهر عليه الأعراض، إذ قد تبدأ بعد دقائق من التعرض للإشعاع أو بعد أيام، وقد تستمر أيضاً لبضع دقائق أو عدة أيام، وقد تظهر وتختفي بسرعة، وفي حال ظهور هذه الأعراض يجب التوجه إلى مركز الطوارئ الخاصة بالإشعاع من أجل الحصول على المساعدة الطبية اللازمة بعد أن يقرر المسؤولون أنّه من الآمن القيام بالعلاج، عادة ما يشعر الشخص باستقرار حالته لفترة من الزمن بعد ظهور الأعراض الأولية، لكن الأعراض ستعود بشكل مختلف وبشدة مختلفة تبعاً لجرعة الإشعاع التي

تلقاها، فقد تظهر عليه نفس الأعراض السابقة، بالإضافة إلى التعب، والحمى، وفقدان الشهية، وبعض الحالات تتعرض إلى نوبات صرع وغيبوبة، وتستمر هذه الحالة المرضية إلى فترة تمتد من بضع ساعات وحتى عدة أشهر.

يُمكن أن يُعاني الأشخاص الذين تعرضوا لجرعات كبيرة من الإشعاع إلى مشاكل جلدية تشابه أغراض حروق الشمس السيئة، وقد تؤدي إلى تلفه، وتبدأ هذه المشاكل بالظهور بعد عدة ساعات من التعرض للإشعاع، أو قد تظهر بعد عدة أيام، منها: التورم، والحكة، واحمرار الجلد، وفي بعض الحالات الشديدة يظهر على الجلد تقرحات وبثور، وتختلف الأضرار ومدة الشفاء للجلد تبعاً لجرعة الإشعاع التي تلقاها الشخص، إذ قد يبدأ الجلد بالشفاء بعد فترة قصيرة، ثمّ يعود إلى حالة التورم، والحكة، والاحمرار بعد عدة أيام أو أسابيع، حيث إنّ عملية تماثل الجلد للشفاء التام قد تستغرق مدة تتراوح بين عدة أسابيع وبضعة أعوام، كما قد يُعاني الأشخاص الذين تعرضوا لجرعات عالية من الإشعاع إلى تساقط الشعر لفترة مؤقتة، ويعود الشعر للنمو بعد عدة أسابيع تقريباً.

الحرق الإشعاعي يحدث الحرق الإشعاعي) بالإنجليزية (Cutaneous Radiation Injury :اختصاراً (CRI)عند تعرض الجلد لجرعات كبيرة من الإشعاع، ويتمّ الاشتباه بحدوثه عن ظهور الحروق على شخص لم يتعرض لمصدر حراري أو كهربائي أو كيميائي، والفئات الآتية تكون معرضة لحدوث الحرق الإشعاعي:

الأشخاص الذين يتعرضون لمواد مشعة تنبعث منها جزيئات بيتا، أو أشعة جاما، أو الأشعة السينية ذات الطاقة المنخفضة. الأشخاص الذين يُعانون من متلازمة الإشعاع الحادة، ولا يعني بالضرورة أن يكون كل من يعاني من الحرق الإشعاعي أنّه سيصاب بمتلازمة الإشعاع الحادة. يُعاني المصابون بالحرق الإشعاعي من مجموعة من الأعراض التي قد تظهر عليهم بعد عدة ساعات من التعرض للإشعاع أو بعد عدة أيام، كما يُمكن أن تتطور إلى شكل آخر تبعاً لمنطقة الإصابة وجرعة الإشعاع التي امتصها الجلد، ومن الأعراض التي تظهر على الأشخاص المصابين ما يأتي:

- الحكة .
- الإحساس بالتنميل.
- احمرار الجلد.
- حدوث الوذمة) بالإنجليزية (Edema :الناجمة عن احتباس السوائل وحدوث التورم .

- زيادة خطر الإصابة بالسرطان

يُعدّ الأشخاص الذين تعرضوا لجرعات كبيرة من الإشعاع أكثر عُرضة للإصابة بالسرطان مع التقدم بالسن، لذلك يجب الأخذ بتعلميات وتوجيهات مسؤولي الطوارئ لتجنب التعرض للإشعاعات، وفي حالة التعرض للإشعاع ومراجعة مركز الطوارئ سيتمّ مراقبة الحالة من قِبَل الكادر الصحي من أجل تتبع آثاره على المدى الطويل، وتكون نسبة الإصابة بالسرطان ضئيلة إذا كان التعرض للإشعاع بجرعات صغيرة، بحيث تكون نسبة حدوث السرطان مشابهة لنسبة حدوثه بسبب عامل الوراثة، أو التدخين، أو النظام الغذائي، أو التعرض للمواد الكيميائية، وفي حال الإصابة بالسرطان فإنّه لا يُمكن تمييز سببه سواء أكان بسبب الإشعاع أم التدخين أم أيّ عامل آخر.

تلف خلايا الجسم

يُعدّ الأطفال والأجنة أكثر الفئات تضرراً من الإشعاع، إذ إنّ عملية انقسام الخلايا في أجسادهم تكون سريعة للغاية، ما يجعل فرصة تأثرها بالإشعاع أكبر، الأمر الذي يؤدي إلى تعطيل عمليات الانقسام وتتلف الخلايا.

المخاطر البيئية الناتجة عن التلوث الإشعاعي

يؤثر الإشعاع على البيئة بشكل كبير ومعقد، حيث تنتج الممارسات النوويّة نويدات مشعةالإنجليزية : (Radionuclides)تصل إلى البيئة وتلوّثها، لذا تمّ استحداث نظام علمي خاص يتعامل مع الخصائص الفيزيائية والكيميائية لها، ويدرس أثرها على الأنظمة البيئة المتعددة والمعقدة، فأولاً يتمّ دراسة سلوك هذه النويدات المشعة، وتالياً النتائج النهائية لها، وتتمثّل في دمج النويدات مع بعضها ونقلها إلى البيئة، مما يسبب تلوث الماء، والهواء، والتربة، وحتى الإنسان والنبات.

ومن العوامل التي تؤثر على سلوك النويدات المشعة ما يأتي:

- إطلاق النويدات المشعة بشكل وفير من مصدرها إلى البيئة .
- الخصائص الكيميائية للنويدات المشعة .
- الحدود التي يُمكن السيطرة عليها لإطلاق النويدات المشعة .
- نوع ومدى انتشار النويدات المشعة. المسارات الحرجة، من ماء، أو تربة، أو هواء، وغيرها التي تسير فيها النويدات المشعة. الخصائص الفيزيائة للنظام البيئي المعرَّض للتلوث. الأثر الممتد للنويدات المشعة على البيئة .

انتقال النويدات المشعة من نظام بيئي إلى آخر. قدرة النظام البيئي على تخفيف تركيز النويدات المشعة وتبديدها. الطريقة التي تنتقل فيها النويدات المشعة إلى النباتات .

طرق الهضم والإخراج لدى الحيوانات. تغيّر أنماط دورة الماء، والهواء، والتربة، والنبات، والإنسان في الطبيعة. الاستهلاك الغذائي، والعادات الغذائية المتبعة لدى الأفراد .

نسبة وعدد الأفراد المعرضون للإشعاع .

4.7 طرق التعامل مع المناطق الملوَّثة بالإشعاع

من السهل التعامل مع المناطق الصغيرة ذات التلوث المحدود بالإشعاع من خلال إزالة الطبقة العلوية الملوَّثة من التربة أو إزالة المواد الملوَّثة منها، ولكن في حال كانت المنطقة الملوَّثة كبيرة الحجم وكانت مستويات التلوث فيها عالية، فيجب إجراء بعض التدابير للتعامل مع المنطقة وإزالة التلوث، كما يجب فحص التربة للتأكد من أنّها تصلح للعيش، أو أنّها مناسبة للقيام ببعض الأنشطة البشرية عليها أم لا.

فرض قيود على الأشخاص الذين يرغبون في الوصول إلى المنطقة الملوَّثة.

منع استخدام المنطقة الملوَّثة بمخلفات التعدين بأيّ شكل من الأشكال، كالبناء عليها؛ لأنّ نسبة غاز الرادون الناتج عن التعدين تكون عالية جداً .

استخدام المعالجة الكيميائية لمنع انتقال الملوِّثات من التربة إلى الحيوانات من خلال استخدام مادة أزرق بروسيا) بالإنجليزية(Prussian Blue :، وهي مادة كيميائية يتمّ إضافتها إلى التربة الملوثة بالإشعاع، حيث تمنع من اختلاط عنصر السيزيوم في حليب ولحوم الأبقار، وتزيد من إفرازه خارج الجسم. إضافة عنصر البوتاسيوم في التربة الملوَّثة بالإشعاع لمنع التربة من امتصاص عنصر السيزيوم .

4.8 كيفية التصرف في حال حدوث تلوث إشعاعى

لا يحتوي الإشعاع على أيّ خصائص تُمكِّن الأشخاص من رؤيته، أو الشعور به، أو تذوقه، فلا يعلم الأشخاص عند التعرض لحادث معين ما إذا تمّ حدوث تلوث بفعل المواد المشعة، أم لا، لكن يُمكن أخذ التدابير والاحتياطات الآتية للحد من حدوث التلوث:

الخروج من محيط الحادث والتوجه إلى أقرب مبنى آمن حسب توجيهات المسؤولين والكوادر الطبية .

التخلص من الملابس الخارجية، فهذا الإجراء سيقلل من إمكانية حدوث أيّ تلوث خارجي أو داخلي في حال وجود مواد مشعة على الملابس، كما سيقلل من وقت التعرض للإشعاع.

وضع الملابس داخل كيس بلاستيكي وإبقاؤه في مكان بعيد عن الناس؛ حتى لا يتعرضون للإشعاع، حيث يُمكن وضعه في زاوية الغرفة، كما يجب تغطية الجروح قبل الإقدام على لمس العناصر الملوثة لمنع دخول المواد المشعة إليها .

غسل الأجزاء المكشوفة من الجسم بالكثير من الماء الفاتر والصابون للتخلص من التلوث، مع تجنب لمس المناطق غير الملوثة والتي كانت مغطاة بالملابس لمنع انتشار التلوث فيها. في حال قامت السلطات المسؤولة عن الحادث بتحديد احتمالية تعرض الأشخاص الموجودين في المكان إلى تلوث داخلي، يُمكن للأشخاص تناول الدواء لمحاولة التقليل من وجود المواد المشعة داخل الجسم.

4.9 أسباب التلوث الإشعاعي

من بين أسباب التلوث الإشعاعي التجارب النووية التي يتم إجراؤها لأغراض حربية. هذه يمكن أن تولد أمطار مشعة تنتقل لعدة كيلومترات عبر الهواء.

- الحوادث في محطات الطاقة النووية للحصول على الطاقة هي سبب رئيسي آخر للتلوث الإشعاعي. بعض مصادر التلوث هي مناجم اليورانيوم والأنشطة الطبية وإنتاج غاز الرادون.هذا النوع من التلوث البيئي له عواقب وخيمة على البيئة والبشر. تتأثر السلاسل الغذائية للنظم الإيكولوجية ويمكن للناس أن يواجهوا مشاكل صحية خطيرة تتسبب في وفاتهم.
- من العوامل الرئيسة المسببة للتلوث النووي ما يحدث في دول النادي النووي من إجراء التجارب خاصة بعد الحرب العالمية الثانية بهدف تطوير الأسلحة الذرية لزيادة القوة التدميرية لها.
- قد أدت التجارب إلى انتشار كميات كبيرة من الغبار الذري المشع في مناطق إجراء التجارب، وتحمل الرياح إلى طبقات الجو العليا هذا الغبار المشع الذي يحتوي على بعض النظائر المشعة مثل السيزيوم 137 والاسترونشيوم 90 والكربون 14 واليود 131 وغيرها من النظائر، وقد يستمر النشاط الإشعاعي لهذه النظائر فترة طويلة من الزمن ليتساقط فوق كثير من المناطق البعيدة عن موقع التجارب، حيث تلوث الهواء والماء والغذاء، وتتخلل دورة السلسلة الغذائية حيث تنتقل إلى الحشرات والنباتات والطيور والحيوانات وأخيراً تصل إلى الإنسان. وأغلب النظائر المشعة يستمر نشاطها الإشعاعي فترة طويلة من الزمن، الأمر الذي يضاعف أضرار التلوث على كافة عناصر البيئة.

- قد أدى انتشار المحطات النووية إلى ظهور المشكلات ذات التأثير الضار في كافة عناصر البيئة نتيجة النفايات النووية ويقاس النشاط الإشعاعي لهذه النفايات بما يعرف بالكوري، وهو النشاط الإشعاعي الذي ينتج من جرام واحد من عنصر الراديوم 226 ويتوقف الأثر الضار لما تسببه من أضرار جسيمة بعناصر البيئة. من شبه المستحيل تقديم مساعدة طبية لمن يتعرض للأشعة النووية . لكن الخبراء يفرّقون بين التلوث والاندماج . ففي حالة التلوث تتجمع المواد المشعة على سطح الجسم ويمكن غسلها بالماء ورغوة الصابون . أما في حالة الاندماج، فإن المواد المشعة تدخل إلى الجسم وتندمج فيه ولا يمكن أبداً التخلص منها. وقد سجل أكبر نجاح للعلاج بواسطة النظائر المشعة في العام 1939 عندما استخدم الفوسفور-32 لعلاج مرض البوليثيما الذي يسبب خللاً في الدم بزيادة كبيرة في كريات الدم الحمراء . وتوالت النجاحات بعد ذلك ففي العام 1946 استخدم الأيودين-131 لمنع أنواع معينة من السرطان من النمو كما تم استخدام هذا العنصر في التصوير للأجزاء الداخلية لجسم الإنسان ليدخل بعده الطب مرحلة جديدة هي مرحلة الطب النووي. وللعلم حصل العالم أرنيست على جائزة نوبل لاكتشافه السيكلترون في العام 1939 والتي استخدمت في تعجيل البروتونات للحصول على نظائر مشعة صناعية، كما حصل العالم جون على جائزة فيرمي عام 1983 على أعماله البارعة التي أهلته ليكون قائد الطب النووي.[1]

4.10 مخاطر التلوث الإشعاعي

1- تأثير التلوث الإشعاعي على الإنسان والحيوان والنبات

- تعتبر الإشعاعات ذات تأثير خطير على الإنسان والحيوان والنبات، حيث من الممكن أن تقضي على حياتهما حيث :-
- تؤثر الإشعاعات على الإنسان بصورة سلبية، وذلك من خلل كمية الإشعاعات التي يتعرض لها الإنسان، حيث كلما زادت نسبة المواد المشعة التي يتعرض لها الإنسان، كلما أثرت على خلايا الإنسان وسبب لها التلف.
- كما يمكن أن تؤدي بالإنسان إلى الموت أو الإصابة بمرض السرطان، أو حدوث تغييرات للأجنة.
- أما بالنسبة للأطفال، يكون لهذه الإشعاعات آثار سلبية كبيرة، حيث تعمل على التأثير على نمو الطفل، بالإضافة إلى أن تعرض الأجنة للإشعاعات يسبب لهم التشوه الخلقي وربما يؤدي به إلى الموت.
- كما أن هذه الإشعاعات تؤثر على أعضاء الإنسان الداخلية، حيث أنها تعمل على تثبيط عملهم والتقليل من قدرتهم، مما يسبب مشاكل صحية للإنسان.
- أما بالنسبة للنبات، فإن الإشعاعات قد تعمل على قتل النبات وعدم قدرته على القيام بعملية البناء الضوئي، مما يعمل على توقف النمو وتدمير الثمار.

- أما بالنسبة للحيوان فله نفس الآثار السيئة التي يسببها الإشعاع للإنسان، حيث تعمل على تدمير كل أجهزة جسم الحيوان.

4.11 المخاطر الصحية المترتبة عن التلوث الإشعاعي

- ففي البداية يشعر الشخص الذي قد تعرض إلى الإشعاع للإحساس بالغثيان، وقد يحدث له بعض حالات الغثيان والقيء بشكل مستمر.
- كما أن هناك بعض الحالات التي يظهر عليها الإصابة بالصداع لفترة طويلة.

4.12 الاثار المدمرة للتلوث الاشعاعى :

- طفرات الجينية :للإشعاع آثار ضارة عندما يتعلق الأمر بالوراثة، حيث يؤدي إلى تلف خيوط الحمض النووي مما يؤدي إلى الانقسام الجيني بمرور الوقت، تختلف درجة الطفرة الجينية التي تؤدي إلى تغييرات في تكوين الحمض النووي بسبب مستوى الإشعاع الذي تعرض له ونوع التعرض، في حالة تعرض الإنسان أو الحيوان لكثير من الإشعاع من الغلاف الجوي والأغذية المستهلكة وحتى المياه المستخدمة في ذلك الوقت فمن المحتمل أن تكون أجسامهم قد امتصت الإشعاع بالفعل فبمجرد دخول الجسم يبقى نشطًا لأنه لا يمكن تدمير الطاقة.
الطفرة الناتجة من الطاقة تجعل المرء أكثر عرضة للإصابة بمرض السرطان، فمثلاً النساء الحوامل حيث يعاني الأطفال المولودين من عيوب سلبية ناجمة عن الطفرات الجينية مثل انخفاض الوزن أثناء الولادة، كما تم الإبلاغ عن آثار مثل الولادات المشوهة والضعف مثل العمى عند الأطفال وكما تم ذكر العقم كأثر للإشعاع.
- الأمراض :السرطان هو أكثر الأمراض المرتبطة بالإشعاع، حيث أنها تطورت على مر السنين وتشكل خطرا كبيرا على الصحة العالمية، تشمل الأنواع الأخرى اللوكيميا وفقر الدم والنزيف وانخفاض العمر الذي يؤدي إلى الشيخوخة المبكرة والوفاة المبكرة بالإضافة إلى أمراض أخرى مثل مضاعفات القلب والأوعية الدموية، على سبيل المثال يحدث سرطان الدم بسبب الإشعاع في النخاع العظمي.
- عقم التربة :التعرض للإشعاع للغلاف الجوي يعني أنه موجود حتى في التربة، تتفاعل المواد المشعة في التربة مع العناصر الغذائية المختلفة مما يؤدي إلى تدمير تلك العناصر الغذائية مما يجعل التربة عقيمة وذات سمية عالية، تؤدي مثل هذه التربة إلى حصاد المحاصيل المليئة بالإشعاع وبالتالي غير صالحة للاستهلاك من قبل البشر والحيوانات، يتم أيضًا تعديل النباتات التي تنمو من هذه التربة وراثيًا بما أن هذه في أساس السلسلة الغذائية فإن العاشبات تستهلكها وتحافظ على مستويات الإشعاع، آكلة اللحوم مثل الأسود والنسور ينتهي بها الأمر إلى استهلاكها وزيادة مستويات الإشعاع.

- تدمير الخلايا :التلوث الإشعاعي له تأثيرات متنوعة مثل تغيير الخلايا، أجسام الكائنات الحية فريدة من نوعها حيث يوجد الملايين من الخلايا في جسم واحد حيث لكل منها غرضه الخاص لتحقيقه، يؤدي الإشعاع إلى تشويه الخلايا الموجودة مما يؤدي إلى تلف دائم في مختلف الأجهزة وأجهزة الأعضاء، في مواجهة الكثير من الإشعاع لا مفر من الأمراض الدائمة والوفاة.
- الحروق :ليس من السهل الشعور بالإشعاع ولكن من السهل إدراك أنك قد تأثرت به حيث أن التواجد الفوري للحروق والآفات الحمراء والقروح دليل على ذلك، لجعل الأمر أسوأ يمكن أن يؤدي ذلك إلى سرطان الجلد.
- الآثار على الحياة البرية :الحيوانات على مستويات مختلفة تعاني بشكل مختلف حيث تتأثر الكائنات عالية المستوى أكثر من الحشرات والذباب، الحيوانات العاشبة مثل الماشية عند رعي الأرض الملوثة تتراكم كميات كبيرة من Ce-13) و (I-131 على أنسجة الحيوانات، تدخل هذه النويدات المشعة دوراتها الأيضية وتؤثر على حمضها النووي، هذا ينتهي بامتلاك جيل حيواني متحور مع خطر أعلى من المشاكل الصحية من خلال كمية صغيرة من النويدات المشعة.
- التأثيرات على النباتات :تتعرض النباتات أيضًا للإشعاع ويتم التلف في الغالب بسبب زيادة الموجات فوق البنفسجية حيث تتأثر النباتات المختلفة بشكل مختلف، تتوقف الثغور عن التبخر أثناء زيادة الإشعاع وعندما يضرب الإشعاع الكروموسومات يتم إعاقة التكاثر حيث ينتج عنه تغيير الأشكال والأحجام والصحة في النباتات، التعرض بكميات كبيرة يدمر النباتات المصابة وعندما نأكل هذه النباتات نتناول النويدات.
- الآثار على الحياة البحرية :تقوم محطات الطاقة التي تعد مصادر للطاقة النووية والمعالجة الكيميائية بإطلاق نظائر مشعة في المياه منذ عقود، السيزيوم والرادون والكربيتون والروثينيوم والزنك والنحاس هم القليل منهم، على الرغم من إطلاق النفايات بكميات ‘‘مسموح بها’’ إلا أنها لا تعني أنها آمنة، يمكن الكشف عن هذه النويدات المشعة في الأنسجة الرخوة أو على عظام الأسماك وقيل أن الأعشاب البحرية المستخدمة في الخبز تحتوي على نظائر مشعة للروثينيوم، كما أن قذائف جميع الأسماك المقشرة وأنسجة الأسماك ملوثة بالنويدات المشعة .

4.13 أمثلة التلوث الاشعاعى

- اثرالقنبلة الذرية علي اليابان
- في 6 آب/أغسطس 1945، أسقطت طائرة أميركية من طراز "بي-29" أول قنبلة ذرية في التاريخ على هيروشيما في غرب اليابان. وبعد ثلاثة أيام، تكرر الكابوس نفسه في ناغاساكي في جنوب غرب البلاد .

- حادثة تشرنوبل
- كارثة تشيرنوبل هي حادثة نووية إشعاعية كارثية وقعت في المفاعل رقم 4 من محطة تشيرنوبل للطاقة النووية. في يوم السبت 26 أبريل من عام 1986، قرب مدينة بريبيات في شمال أوكرانيا السوفيتية،
- وتعد أكبر كارثة نووية شهدها العالم. حدثت عندما كان ما يقرب من 200 موظف يعملون في مفاعل الطاقة النووي (1,2,3) بينما كان يتم إجراء عملية محاكاة وتجربة في الوحدة الرابعة التي وقع فيها الانفجار. كما ساهم عامل بنية المفاعل في الانفجار حيث أن التحكم في العملية النووية كان يتم بأعمدة من الجرافيت .
- في حين أن رئيس الفريق انتبه إلى الخطر وحاول إغلاق المفاعل مما يجعل أعمدة الجرافيت تنزل في قلب المفاعل وتبطئ من سرعة التفاعل النووي وتخفض الحرارة،
- إلا أن هذه الطريقة جعلت الحرارة تزداد لوهلة قبل أن تشرع في الانخفاض. وبما أن المولد كان غير مستقر والدورة الحرارية مشوشة من آثار الاختبار، كان هذا هو العامل الذي أدى إلى اعوجاج أعمدة الجرافيت وعدم إمكانية إسقاطها في قلب المفاعل وجعل الحرارة ترتفع بشكل كبير وتشعل بعض الغازات المتسربة وتتسبب في الانفجار.
- نتج الخلل عن تراكم أخطاء بشرية وقلة خبرة مهندسين شبان قاموا بالمناوبة تلك الليلة. وأدى ذلك إلى حدوث اضطراب في إمدادات الطاقة في جمهورية أوكرانيا السوفيتية، كما أدى إلى إغلاق المصانع وتعطل المزارع وبلغت الخسائر المادية ماقيمته أكثر من ثلاثة مليارات دولار أمريكي. وقد لقي 36 شخصاً مصرعهم وأصيب أكثر من 2000 شخص. وتم اغلاق المفاعل نهائياً عام 2002 .
- وعقب الانفجار أعلنت السلطات في أوكرانيا أن منطقة تشرنوبل "منطقة منكوبة" والتي تشمل مدينة بربيات التي أنشأت عام 1970 لإقامة العاملين في المفاعل وتم إجلاء أكثر من 100 ألف شخص من المناطق المحيطة بالمفاعل.
- وبعد حدوث الانفجار بدأت عمليات دفن وتغليف المفاعل بالخرسانة المسلحة لمنع تسرب الإشعاع الناجم عنه والذي أدى إلى وفاة عدد كبير في السنوات اللاحقة متأثرين بالإشعاع وخاصة أمراض سرطان الغدة الدرقية. إلا أنه في الأعوام الأخيرة لوحظ تشقق في الغلاف الخرساني لذلك هناك دراسات لعمل غلاف جديد أكثر سماكة وأفضل عزلاً.

- وربما كان قيام الاتحاد السوفييتي بالإعلان عن حدوث هذا الانفجار على أراضيه، ثم طلب المعونة من دول العالم، أحد مظاهر التغيير في سياسة الدولة التي كانت تتزعم الكتلة الشيوعية ولا تكشف عن مثل تلك الأحداث فيها أبدا.

4.14 طرق الوقاية من التلوث الإشعاعي

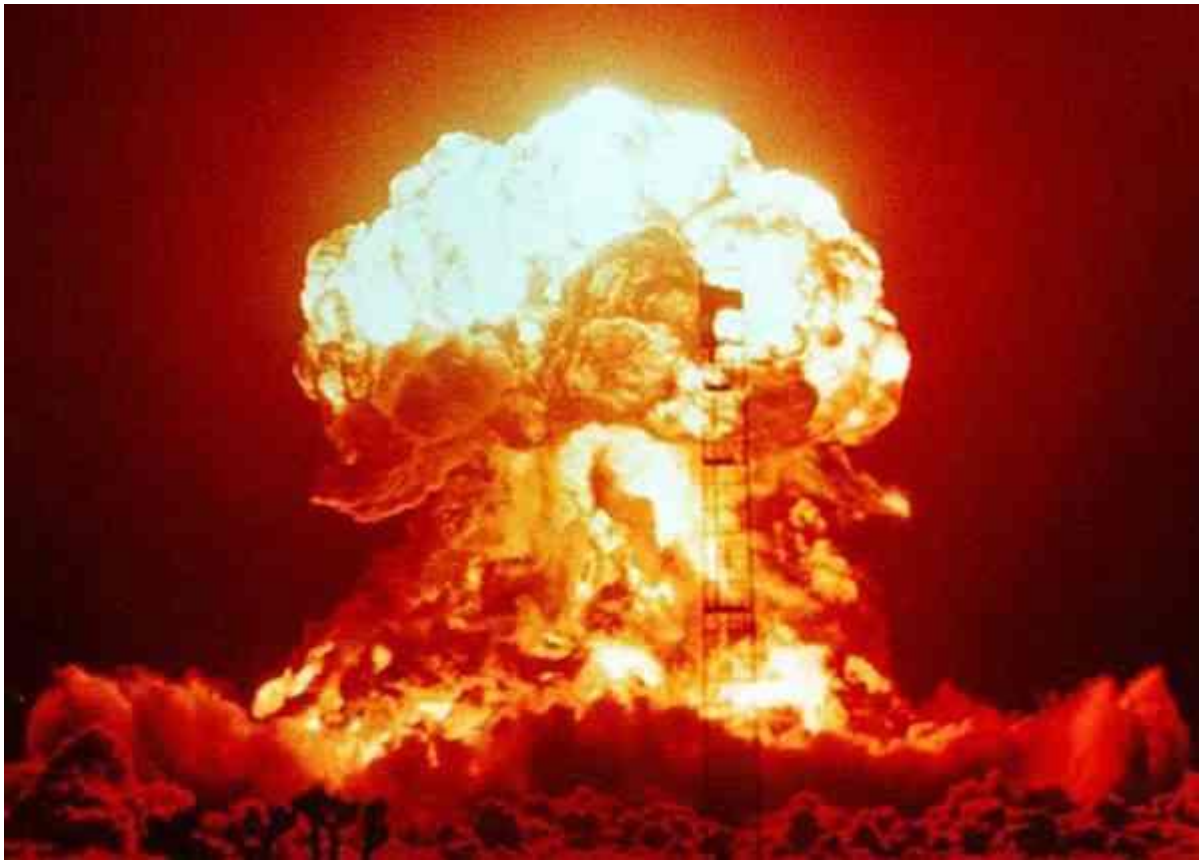
- عدم التعرض للاشعاعات النووية بكميات كبيرة ، علماً بأن الحد الاقصى للتعرض للإشعاعات في اليوم 5 ريم (الريمو وحدة قياس الإشعاع الممتص).
- إرتداء المتعاملين مع المواد المشعة قفازات وملابس خاصة وذلك للوقاية من الإشعاع.
- الزام المحطات النووية بتبريد المياه الساخنة قبل إلقائها في مياه البحار والمحيطات.
- عند دفن النفايات المشعة يجب إتباع التالي
- أ- دفن النفايات المشعة بعيدة عن مجري المياة الجوفية حتي لا تتعرض مياهها للتلوث.
- ب- دفن النفايات المشعة بعيدة عن المناطق المعرضة للزلازل اى تكون مناطق مستقرة حتى لاتنتشر النفايات المشعة في البيئة المحيط
- دفن النفايات النووية حسب قوة الاشعاعات الصادرة منها حيث الضعيفة او المتوسطة تدفن فى باطن الارض محاطة بالصخور والاسمنت. اما القويه منها تدفع في اعماق كبيرة فى باطن الارض.
- يجب على كل الدولة متمثلة في الحكومة والمواطنين التكاتف سوياً، لكي يتم مواجهة الإشعاعات التي تعمل على هلاك الإنسان وكل عناصر البيئة.
- يجب على الدولة أن تقوم بوضع لافتات تنبه الإنسان عن وجود مناطق ملوثة للبيئة.
- القيام بمراقبة أماكن المفاعلات النووية، واتباع احتياطات الأمان والسلامة
- العمل على زيادة نشر الأجهزة التي تعمل على كشف المواد المشعة وكذلك مناطق التسرب الإشعاعي.
- التخلص من المخلفات التي بها كمية من الإشعاعات بالطرق العلمية السليمة، وذلك من خلال معالجتها بالسيليكون تيتانيوم.
- العمل بكل قوة على تطبيق القوانين التي تقوم بمنع استخدام الأسلحة الكيميائية أثناء النزاعات.
- يجب على كل إنسان أن يستمع إلى كلام المختصين وعدم القرب من مصدر أي إشعاعات، والبعد عن عمل أشعة أو استخدام الأدوية إلا تحت إشراف طبي متكامل.

4.15 الإعداد لإزالة التلوث

- إن عملية الإعداد لإزالة التلوث تشمل إقامة حواجز تحيط بالمنطقة الملوثة وضبط عملية الدخول للمنطقة وتوفير الحماية الإشعاعية للأفراد القائمين بعملية الإزالة وتقويم الأشياء المختلفة التي سوف يتم إزالة تلوثها.
- تحديد المنطقة والسيطرة على الدخول.
- ويتم ذلك بوضع الحواجز المناسبة حول منطقة التلوث (مثل الأرضيات) ووضع العلامات المناسبة (تحذيرية أو ارشادية وغيرها) وذلك للحد من الدخول للمنطقة وعدم إنتشار التلوث لمساحات جديدة، وفي حالات التلوث الأكثر تعقيدا مثل قطع أجهزة ملوثة أو عدة حجرات من مبنى فربما يكون هناك ضرورة لفصل وعزل المناطق التي يكون تلوثها عالي نسبيا عن أخرى أقل في درجة تلوثها . ومن الممكن أن يكون هذا العزل مفيدا في تقدير نوع وحجم العمل المطلوب وكذلك في وضع أولويات العمل وتتابع خطواته.

4.16 الوقاية الشخصية أثناء عمليات الإزالة

- إن متطلبات الوقاية الإشعاعية أثناء عمليات إزالة التلوث تماثل متطلبات الوقاية أثناء العمل في الأماكن الملوثة أو المناطق التي بها معدل تعرض عالي، لذلك فإن أولولية الأهتمامات هي عدم تلوث أفراد فريق العمل والمحافظة على جعل الجرعات الشخصية والجرعات التراكمية عند أقل الحدود الممكنة والتي يمكن قبولها
- ويمكن وقاية الأفراد من التلوث بواسطة استخدام ملابس الوقاية المناسبة. وعمليات الإزالة التي تشمل إزالة الترتيوم أو المذيبات العضوية أو بعض المواد السائلة الأخرى تتطلب استخدام ملابس غير منفذة للسوائل لمنع وصول المواد المشعة للجلد. وكذلك يجب الوقاية من التلوث عن طريق التنفس وذلك باستخدام الكمامات المناسبة لذلك وذلك في المناطق العالية التلوث خاصة عندما تتطلب عملية الإزالة أعمال تسبب تصاعد المواد المشعة في الهواء كالتقليب وفي هذه الحالة يجب وضع لباد على مخارج الهواء لهذه المناطق الملوثة. ويجب ضبط مقدار الجرعات الإشِعاعية للأفراد العاملين أثناء عملية الإزالة وذلك بواسطة المسح المستمر باستخدام التقنيات والمعدات المناسبة بعد معايرتها مثل مقياس الجرعات الحرضوئي (TLD) أو مقياس جرعات الجيب ومسح معدل الجرعة ومسح الأفراد.[4]



صورة (4-1) توضح إنفجار نووى

الخلاصة :-

مما ذكر سابقاً يُعد التلوث الإشعاعى من اكبر المخاطر على الإنسان فهو يهدد البشرية بالفناء على المدى البعيد لذلك يجب على الإنسان ان يجد الحلول الصحية والمناسبة لحد من التلوث الإشعاعى وان يسعى جاهداً بكل ما اوتى من إمكانيات الى تطبيق الحلول السليمة للحد من التلوث الإشعاعى حيث ذكر فى البحث طرق التعامل مع التلوث الإشعاعى .

توصية :-

- تعتبر الإشعاعات من أكثر مصادر التلوث التي تسبب هلاكاً للإنسان، لذلك فإنه من الضروري الحذرعند استخدام أي مواد من شأنها أن تنبعث منها إشعاعات، حتى يتم الحفاظ على البيئة من الإشعاع وعناصرها الأساسية.
- وضع تحذيرات فى اماكن تواجد الإشعاعات .
- مراقبة التلوث الإشعاعى وإتخاذ إجراءات الوقاية .
- تغطية ارضيات المبانى بطبقة من مادة مقاومى للتفاعلات الكيمائية .

المراجع :-

[1] أحمد مدحت سلام (سلسلة العلوم وتكنولوجيا الهئية المصرية للكتاب 2008م).

[2] Radioactive Contamination and Radiation Exposure ", emergency.cdc.gov, Retrieved 14-4-2020. Edited.

[3] www.uobabylon.edu.iq، " What Is Radioactive Pollution?", www.environmentalpollutioncenters.org, Retrieved 14-4-2020. Edited. ↑ - "Contamination vs. exposure", www.cdc.gov, Retrieved 14-4-2020. Edited.

[4] "Acute Radiation Syndrome (ARS): A Fact Sheet for the Public", www.cdc.gov, Retrieved 14-4-2020. Edited. ^ "Cutaneous Radiation Injury (CRI)", www.cdc.gov, أ ب Retrieved 14-4-2020. Edited. ↑ "Cancer and Long-Term Health Effects of Radiation Exposure and Contamination", www.cdc.gov, Retrieved 14-4-2020. Edited. ↑ "Radiation Health Effects", www.epa.gov, Retrieved 14-4-2020. Edited. ^

AnasMoustafa El-Nagger (16-12-1998), "Environmental Radioactive Pollution Sources and Effects on Man" ،www.inis.iaea.org, Retrieved 11-5-2020. Edited. ^ A.D. Wrixon; I. Barraclough; M.J. Clark (Consultant) (2004), RADIATION, PEOPLE AND THE ENVIRONMENT, Austria: IAEA, Page 49-50. Edited.

International Atomic Energy Agency(2007) IAEA safety Glossary Terminology used in Nuclear safety and Radiation protection (PDF) vienna 978-92-0-100707-0 IAEA. ISBN

[5] معالجة النفايات المشعة بالتركيز على اليود-125 --- دعاء محمد على أبراهيم 2010.

[6] USNRC,United states Regulatory "commission " Glossary"

مؤرشف بتاريخ 10ديسمبر2019

اطلع عليه بتاريخ 14نوفمبر201