الآثار والأضرار الناجمة عن الإشعاع النووي

أ . منال عبد السلام الحشاني. قسم الكيمياء. كلية التربية. الجامعة الأسمرية الإسلامية

المقدمة:

تتعرض جميع الكائنات الحية لقدر ما من الإشعاعات الطبيعية على هيئة جسيمات وفوتونات ،وتأتي هذه الإشعاعات من الفضاء الخارجي) ،الأشعة الكونية ، كما تنبعث من القشرة الأرضية نتيجة لما تحويه من نظائر مشعة, ولقد تعايش الإنسان وغيره من الكائنات الحية مع هذا المحيط منذ بدأ الخليقة، على الرغم من الحقيقة المؤكدة بأن الإشعاعات لها تأثير متلف على المواد البيولوجية والخلايا الحية. إن الإنسان والكائنات الحية الأخرى تتعرض أيضا للإشعاعات الصادرة عن الوسائل التي ابتكرها الإنسان كالأشعة السينية ،والمسارات ،والمفاعلات النووية ،وما يتبع من انتشار النويدات المشعة وقد يكون هذا التعرض للإشعاعات المنتجة اصطناعيا مقبولا بالمقارنة بمستوي الإشعاعات الطبيعية ولكنه قد يصل إلي مستويات عالية في حالات الحوادث الإشعاعية. ومن هنا كان من الضروري أن نعنى بدراسة التأثير البيولوجي للإشعاع, وتحديد المستويات المسموح بها, والأضرار المختلفة الناتجة عنه، وطرق التخلص من النفايات النووية.

مشكلة البحث:

يتناول هذا البحث المتواضع مشكلة الأضرار الناجمة عن الإشعاعات النووية المنبعثة من المواد المشعة، والآثار التي تسببها للمحيط الحيوي (المملكة النباتية والحيوانية) بما في ذلك الإنسان , حيث يعد هذا الموضوع من المواضيع المهمة التي تعالج المحيط البيئي والعلاقات والتفاعلات المتبادلة بين مكونات المركب الطبيعي في البيئة.

فرضيات البحث:

1- تقوم فرضية البحث على أن للإنسان دوراً كبيراً ومساهمة فعالة في زيادة نسبة الإشعاعات النووية لاسيما بعد إقامة المفاعلات النووية ،وتطور الأسلحة النووية والأجهزة الطبية وتطور الصناعات المختلفة, ومحطات توليد الطاقة وتحلية المياه. وعليه فالسؤال الذي يفرض نفسه هل أسهم تطور الأنشطة الصناعية النووية من قبل الإنسان في زخم الأنشطة الإشعاعية؟

2- هل أدت الانفجارات النووية لكثير من المفاعلات النووية ومنها انفجار مفاعل تشرنوبيل إلى انتشار كثير من الإشعاعات لمساحات كبيرة من العالم ،نجم عنها ظهور الكثير من الأمراض والتشوهات الخلقية وغيرها؟

3- هل كان لتخزين النفايات النووية المشعة بطرق غير آمنة دور كبير في انتشار الأنشطة الإشعاعية الضارة ؟

4- هل زادت نسبة النشاط الإشعاعي الطبيعي كالأشعة فوق البنفسجية القادمة مع الإشعاع الشمسي والمواد المشعة الناجمة عن البراكين والزلازل والتقلبات الجوية المختلفة لاسيما بعد ثقب الأوزون ؟

5- هل زيادة الوعي البيئي وتنفيذ برامج الأمم المتحدة ومنظمات المجتمع المدني التي تكافح هذه لظاهرة, وكذلك تنفيذ الاتفاقيات الدولية المعنية بالأمر ،قد تحد من هذه الظاهرة الخطيرة ؟

أهمية البحث:

1- يعد هذا البحث خطوة على طريق الوعي البيئي ،وإدراك المخاطر التي تسببها المواد المشعة .

2- يفيد المختصين في برامج حماية البيئة، للتعرف على أسباب التلوث البيئي الناجم عن هذه الإشعاعات وكيفية الحد منها.

3- ينبه المختصين في مجال الطاقة لأخطار الإشعاعات النووية وآثارها على البيئة الطبيعية والسكان.

أهداف البحث: يهدف هذا البحث إلى ما يأتي:

1- التعرف على الأضرار الناجمة عن الإشعاعات النووية الصادرة من المواد المشعة ، ومدى تأثيرها على المحيط البيئي بما في ذلك الإنسان.

2- التعرف على أنواع التلوث الإشعاعي ومضاره وأخطاره والوقاية منها.

3- التعرف على طرق التخلص من النفايات النووية المشعة.

المفاهيم والمصطلحات (الكلمات المفتاحية):

- النويدات: هي ذرات تتميز ببنيتها النووية، وتختص هذه البنية بعدد البروتونات Z وعدد النيوتروناتn إلى جانب محتواها من الطاقة، وبعبارة أخرى فإن هذه البنية تختص بالعدد الذري zوالعدد$A=(N+Z)$ والكتلة الذريةMA وكي تعتبر النويدة متميزة فإنه يتحتم تواجد الذرة لزمن

يمكن قياسة وعلى ضوء هذا المفهوم فإن المتشكلات النووية تعتبر نويدات مستقلة في حين أن الحالات النووية لا تعتبر نويدات مستقلة.

– الفوتون: كمية من الطاقة الكهرومغناطيسية موضحة بالمعادلة,E=hvحيث تمثلE طاقة الفوتون وتساوي حاصل ضرب ثابت بلانك (h) في تردد الفوتون.(v)

– الغبار الذري: دقائق محمولة جوا تحتوي على مواد مشعة نتيجة تفجيرات أو حوادث نووية ويتساقط هذا الغبار على سطح الأرض فيما بعد تبعا للأحوال الجوية.

– عمر النصف: هو الزمن اللازم لمادة مشعة كي تفقد نصف فاعليتها الإشعاعية بالانحلال وكل نويدة مشعة لها عمر نصف خاص بها يميزها عن غيرها.

– الكوري ورمزه ci :

وهو الوحدة التقليدية لقياس شدة الفاعلية الإشعاعية، ويمثل الكوري37 بليون انحلاله في الثانية، وهذا الرقم يقارب معدل الانحلال لجرام واحد من الراديوم، وجاءت تسمية الكوري تخليدا لمكتشفي الراديوم في العام 1898 وهما ماري وبيير كوري, وعلى الرغم من أن الكوري يمثل الوحدة التقليدية للفاعلية الإشعاعية لوقت طويل فإنه يجري منذ العام 1975 استبداله بالوحدة الدولية الجديدة وهي البيكرل .

– النظائر المشعة: النظير المشع عبارة عن نظير لعنصر ينحل باعثا إشعاعيا مؤينا, وبشكل عام يستخدم المصطلح كمرادف لمصطلح النويدات المشعة.

– عناصر مشعة: يطلق هذا المصطلح على العناصر الكيميائية التي تكون كل نظائرها مشعة, وتشمل كل العناصر التي يزيد عددها الذري على 83 فيما عدا عنصر التكنيشيوم,(43) ومنها الراديوم والرادون والثور يوم واليورانيوم وعناصر ما بعد اليورانيوم.

– النشاط الإشعاعي الاصطناعي: النشاط الناتج عن النويدات المشعة نتيجة لتحولات نووية اصطناعية ,وقد اكتشفه الزوجان جوليو وكوري في العام 1934 عن طريق رجم الألومنيوم بأشعة ألفا فتكون بذلك الفوسفور المشع.

– النشاط الإشعاعي الطبيعي : النشاط الإشعاعي الناتج عن النويدات المشعة الموجودة في الطبيعة والذي يحدث تلقائيا دون أي تأثير خارجي) يضم ذلك السلاسل الإشعاعية الطبيعية .

– الجرعة القصوى المسموح بها:

هي جرعة الإشعاعات المؤينة التي يتعرض لها إنسان خلال فترة حياته دون أن تلحق به إصابة جسدية ظاهرة، وتحديد كمية الجرعة مبني على توصيات الهيئة الدولية للوقاية من الإشعاع.

– ضرر الإشعاع: التلف في خواص السوائل والغازات والمواد الصلبة التي يسببها أي نوع من أنواع الاشعاع .

– الانشطار النووي: هو انقسام نواة الذرة إلى شظيتين سريعتين متقاربتين في الكتلة مصحوبا بنيوترونات سريعة وأشعة جاما , وتنفرد النوى الثقيلة بهذه الخاصية, والانشطار إما أن يكون تلقائيا أو مستحثا، ويتحرر قدر كبير من الطاقة في هذا التفاعل .

– تاريخ الإشعاع النووي:

كان العالم فيرمي (Enrico Fermi) عام 1934 يقوم ببعض التجارب للحصول على نظائر العناصر عن طريق قذف النوى بالنيوترونات، وعندما وصل إلى عنصر اليورانيوم) العنصر الأخير في الجدول الدوري في ذلك الوقت

توقع أن قذف العنصر بالنيوترونات سيؤدي إلى وجود نواة غير مستقرة، تقوم بإطلاق جسيمات بيتا، وبالتالي ازدياد العدد الذري من 92 إلى 93 وإنتاج 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 إدانوداك

(IdaNoddack)بالتعرف على نواتج التفاعل، وأوضح أن نواة اليورانيوم انشطرت إلى نواتين متوسطتين الكتلة .وقد أكدت الدراسات صحة ما افترضه هذا العالم .وبذل كيكون الانشطار النووي " انقسام نواة ثقيلة إلى نواتين متوسطتين الكتلة،وإنتاج كميات هائلة من الطاقة نتيجة تفاعل نووي" ولإحداث الانشطار تقذف النواة الثقيلة مثل اليورانيم/ ذري \92كتلي 235يورانيوم 235 بجسيمات خفيفة نسبياً مثل النيوترونات التي تعد أفضل القذائف، لأنها لا تحمل شحنة.

مصادر الإشعاع المؤثرة على الإنسان والحيوان والنبات:

المصادر الطبيعية للإشعاع الذري:

الإشعاع الذري موجود قبل خلق الأرض بزمن طويل . وله ثلاثة مصادر رئيسية على الأرض هي:

الأشعة الكونية:(Cosmicrays)

المصدر الرئيسي لهذه الأشعة ناتج عن الحوادث النجمية في الفضاء الكوني البعيد، ومنها ما يصدر عن الشمس خاصة خلال التوهجات الشمسية التي تحدث مرة أو مرتين كل11 سنة ، مولدة جرعة إشعاعية كبيرة إلى الغلاف الغازي للأرض . وتتكون هذه الأشعة الكونية من 87% من البروتونات و 11%من جسيمات ألفا ، وحوالي 1% من النوى ذات العدد الذري ما بين 4 و 26 وحوالي 1% من الإلكترونات ذات طاقة عالية جداً وهذا ما تمتاز به الأشعة الكونية ؛ لذلك فإن لها قدرة كبيرة على الاختراق . كما أنها تتفاعل مع نوى ذرات الغلاف الجوي مولدة بذلك إلكترونات سريعة وأشعة جاما ونيوترونات وميزونات. ولا يستطيع أحد تجنب الأشعة الكونية ولكن شدتها على سطح الأرض تتباين من مكان إلى آخر.

- النشاط الإشعاعي الطبيعي في القشرة الأرضية Nature radioactivity in The earth Sheff :-

إن من أهم العناصر المشعة في صخور القشرة الأرضية هي (البوتاسيوم -0 -4) و(الروبيدوم -87) وسلسلتا العناصر المشعة المتولدة من تحلل(اليورانيوم238 -) و(الثور يوم 232 -) وهناك ما يقارب الأربعين من النظائر المشعة . وأعمار النصف للعناصر المشعة الأساسية في صخور القشرة الأرضية طويلة جداً ، لهذا بقيت في الأرض إلى الآن منذ خلقها ، فعمر النصف (للبوتاسيوم 40 -) يزيد على ألف مليون سنة وعمر النصف (الروبيدوم87 -) يزيد على أربعين ألف مليون سنة وهذه النظائر المشعة تبعث أنواعاً مختلفة من الإشعاع الذري كجسيمات بيتا وألفا وأشعة جاما. ومستوى النشاط الإشعاعي الطبيعي في القشرة الأرضية متقارب جداً في معظم الأماكن ، حيث لا يوجد اختلاف يذكر عن مكان وآخر بصفة عامة . إلا أن هناك أماكن على الأرض يزداد فيها الإشعاع الطبيعي بشكل كبير نتيجة وجود تركيزات عالية من العناصر المشعة طبيعياً في صخور القشرة الأرضية.

النشاط الطبيعي داخل جسم الإنسان :

يشع جسم الإنسان من الداخل عن طريق كل من الهواء الذي يتنفسه والغذاء والماء الذي يصل إلى جوفه ، فالهواء هو المصدر الرئيسي للجرعة الإشعاعية الطبيعية التي تصل إلى داخل جسم الإنسان ومصدرها الأساسي غاز الرادون الموجود في جو الأرض والمتولد عن التحلل التلقائي لنظير » اليورانيوم « 238 –الموجود طبيعياً في صخور قشرة الأرض.

وكذلك فإن كلا من الغذاء الذي يتناوله الإنسان، والماء الرئيسي لتلك المواد المشعة في النبات هو التربة التي تمتص منها النباتات تلك المواد مع غيرها من المواد الطبيعية فتدخل في بنائها . كما أن بعض الغبار الذي يتساقط على النبات يحوي آثاراً من تلك المواد المشعة ، وتصل المواد المشعة إلى داخل جسم الإنسان عن طريق تناوله النباتات أو لحوم الحيوانات التي تتغذي على النباتات وتدخل المواد المشعة أيضاً مع الماء الذي نشربه حيث تحتوى المياه على آثار قليلة جداً منها . لذلك تكون أجسامنا مشعة قليلاً من الداخل نظراً لوجود بعض العناصر المشعة فيها مثل البوتاسيوم (40–والكربون–14 وتسلك المواد المشعة عادة طرقاً معقدة قبل دخولها جسم الإنسان.

وتحول طبقة الأوزون التي تعتبر غلاف الكرة الأرضية دون تسرب الإشعاعات الكونية التي تنطلق من تفاعلات الشمس، والتي تتكون في الغالب من البروتونات والنيوترونات الضوئية والنيوترونات, وتتسبب تلك الإشعاعات وخصوصا ذات الطاقة العالية في تأيين النويات التي تصادفها مما يجعلها مصدرا للتعرض للأشعة.

إن مصادر التعرض للإشعاع تنقسم إلي قسمين:

– مصادر طبيعية:

وتشمل الأشعة الكونية, وكذلك الأشعة المنطلقة من الاضمحلال أو الانشطار التلقائي للمواد ذات النشاط الإشعاعي الطبيعي, وكذلك مصادر النشاط الإشعاعي في قشرة الأرض مثل نويات البوتاسيوم$K40$والعناصر الطبيعية المشعة لسلاسل اليورانيوم $u238$ والثور يوم$Th232$وكذلك السيليكات الموجودة في الصخور البركانية,ويؤدى انبعاث الدقائق المشعة من السلاسل المشعة تلك إلى انبعاث عناصر مشعة مثل: الرادون و الثورون , مما يتسبب في تلويث الجو.

مصادر الصناعية:

وتشمل المواد المشعة الناتجة من توليد الطاقة الكهرونووية،ومن تنقية الخامات المشعة ،ومعالجتها ،وطحنها وتهيئتها، واستخدامها ،وتخزينها, ومن داخل المفاعلات النووية وحولها , ونتيجة لعمليات الانشطار والتشغيل يتعرض محيط المفاعلات ومركباتها إلى التلوث الإشعاعي,ويكون التلوث بسبب انبعاث غازات مشعة مثل الكربتون والزينون والكربون والنيتروجين والكبريت والأرجون والهيدروجين الثلاثي واليود,أو الغبار الذري الذي ينتج عن التجارب النووية، كذلك المستشفيات ،والمصحات ،ومعامل التشخيص والعلاج التي تستخدم النظائر المشعة في تشخيص وعلاج بعض الأمراض.

إن نسبة ما يتعرض له الإنسان من إشعاع تسمي (بالجرعة) ومن خلال معرفة المصدر المشع وكثافة دفقه الإشعاعي ,ومن معدل الامتصاص يمكن حساب مقدار الجرع الممتصة .

– وحدات قياس الإشعاع:

1- الراد : (Rad) وحدة قياس كمية الطاقة الإشعاعية الممتصة) جرعة الامتصاص.

2- الرونتجن : Roentgen® وحدة قياساً الأشعة الصادرة ويستخدم أساسا للأشعة السينية.

3- الكيوري :CURIE (Ci) يعتبر قياساً للأشعة الصادرة والكيوري الواحد 1010 × 3,7 = انحلال في الثانية .

4- الريم : (REM) وحدة قياس التأثير البيولوجي) الحيوي (للإشعاع الممتص.

5- السيفرت : SIEVERT (Sv.) من أحدث وحدات قياس التأثير الناتج عن امتصاص الأشعة السيفرت 100 = ريم

One Seivert =100 REM لقد ابتدأ قياس الجرع بوحدة) الرونجن '(وفي سنة1953تم استخدام وحدة قياس جديدة هي) الراد,(ثم أعقبها استعمال الريم والريب، وهي أيضا تعني الجرع الممتصة لأي إشعاع مؤين بما يعادل قيمة واحد)راد,(وفي سنة1974استخدمت وحدة جديدة هي)الغراي(بالنسبة للجرع الممتصة و) البكرل (للفاعلية الإشعاعية, وتستعمل وحدة أخرى هي)السفير(وهي تعادل(0.1) ملي ريم, إن الجرع الممتصة تقدر بوحدة) الراد, (وهي عبارة عن الطاقة الممتصة المساوية لمقدار100 ارج أو10ميكروجول والوقعة على إجرام من المادة المتعرضة للأشعة.

التلوث الإشعاعي وأخطاره :

التلوث الإشعاعي هو التلوث الذي يطال البيئة، سواء الهواء الجوي، أو مياه البحار والمحيطات ،أو التربة أو مياه الأنهار، ويحدث نتيجة انتشار الجسيمات النووية والعناصر المشعة من محطات توليد الطاقة التي تعتمد على الوقود النووي، أو في إنتاج الأسلحة النووية، وهذا الانتشار للجسيمات النووية يحدث نتيجة للتسرب النووي من تلك الأماكن، وعلى الرغم من الاحتياطات الأمنية الشديدة في مثل تلك المواقع ،إلا أن الأخطاء البشرية والتقنية كثيرا ما تؤدي إلى وقوع كوارث جسيمة مثل ذلك الحادث الذي وقع للمفاعل النووي في تشرنوبيل الذي أصاب البيئة بأضرار بالغة.

كذلك لا ننسى أكبر كارثة نووية شهدتها اليابان ،وهي هيروشيما ،ولحقتها بعد حين ناجازاكي,حيث ألقيت القنبلة التي ألقيت على هيروشيما باسم(الولد الصغير) تمييزا لها عن القنبلة التي ألقيت على ناجازاكي بعد ثلاثة أيام فقط, ولقبت القنبلة التي ألقيت على ناجازاكي باسم(الرجل البدين).

وتسببت هذه القنابل في دمار عشرات الآلاف من المباني فوق رؤوس ساكنيها ، واحترقت جثتهم مع محتوياتها, ولاقى حوالي150 ألف إنسان حتفهم في لحظات رهيبة, ونتج عن هذا الانفجار الهائل لهذه القنابل حرارة تقدر بالآف الدرجات المئوية، والرياح، الهوجاء العاتية، والإشعاعات القاتلة، دمرت وهدمت كل شيء مرت عليه في طريقها، وبذلك تعتبر أسرع مذبحة بشرية يروح ضحيتها هذا العدد من البشر على امتداد التاريخ الإنساني.

– الآثار الناجمة عن التعرض للإشعاع النووي:

يسبب التعرض للأشعة النووية تغيرات كيميائية في أنسجة الكائنات الحية،مما يؤدي إلى أضرار كبيرة للجسم .وتزداد درجة تلك التغيرات . ولا يظهر مقدار الإصابة أو الضرر للشخص عند تعرضه للإشعاع إلا بعد فترة من الزمن، تعرف بدور الكمون أو فترة الحضانة .وقد تتأخر الآثار المبكرة لبعض أنواع التعرض الإشعاعي إلى سنوات .ويحدد نوع ومصدر الإشعاع نوع الإصابة التي تنتج عنه.

لقد بات من المؤكد اليوم بأن التعرض للإشعاع النووي سبب ظهور أمراض سرطانية متنوعة .وتستند معظم المعلومات المستقاة عن تأثير الإشعاع النووي على الإنسان من دراسة الحالات التي يتعرض فيها بعض الأشخاص إلى جرعة إشعاعية عالية ومن خلال دراسة نتائج التفجيرات النووية التي حدثت أثناء

الحرب العالمية الثانية في مدينتي هيروشيما وناكازاكي،إضافة إلى التجار بالتيتجرى على الحيوانات، يمكن سرد بعض المخاطر الناتجة عن تعرض الإنسان للإشعاع كما يلي:

– مرض السرطان:

إن تعرض الإنسان للإشعاع النووي قد يسبب له الإصابة بمختلف أنواع الأمراض السرطانية، ويعتمد ذلك على مقدار الجرعة الإشعاعية والمنطقة التي تتعرض للإشعاع .كمعلومة إضافية ولو أنها تبدو غريبة من أبرز الطرق المستعملة للتخفيف من حدة السرطان يستعمل الإشعاع النووي وذلك لتفتيت تلك الكتلة المتسرطنة.

– عتمة عدسة العين:

تعتبر عدسة العين من المناطق الحساسة جداً للإشعاع النووي بشكل عام، والنيوترونات بشكل خاص ،وإن جرعة إشعاعية من النيوترونات كافية لإصابة عدسة العين بالعتمة، التي هي عبارة عن حدوث تلف دائم في عدسة العين قد يؤدي إلى فقدان القدرة على الإبصار.

– العقم:

هناك من الأدلة ما يشير إلى إن تعرض الأعضاء التناسلية إلى جرعات معينة من الإشعاع يؤدي إلى إصابة الإنسان بالعقم.

– الوفاة:

إن التعرض إلى جرعات إشعاعية واطئة لا تشكل بمفردها تأثيرا كبيراً على صحة الإنسان، إلا أن التعرض إلى تلك الجرعات الواطئة لفترة طويلة، وعلى مدى سنوات، تضعف مناعة الجسم ضد الأمراض الأخرى وتقود إلى الوفاة.

فعندما يتعرض أي كائن حي إلى الإشعاعات النووية يحدث تأينا للبذرات المكونة لجزيئات الجسم البشرى، مما يؤدى إلى دمار هذه الأنسجة مهددة حياة الإنسان بالخطر .
وتعتمد درجة الخطورة الناتجة من هذه الإشعاعات على عدة عوامل، منها :نوعها، وكمية الطاقة الناتجة منها وزمن التعرض،ولهذه الإشعاعات نوعان من الآثار البيولوجية .الأثر الجسدي، ويظهر غالباً على الإنسان حيث يصاب ببعض الأمراض الخطيرة مثل :سرطان الجلد، والدم، وإصابة العيون بالمياه البيضاء، ونقص القدرة على الإخصاب. والأثر الثاني للإشعاعات هو الأثر الوراثي، وتظهر آثاره على

الأجيال المتعاقبة .ويظهر ذلك بوضوح على اليابانيين بعد إلقاء القنبلتين النووية على هيروشيما ونجازاكفي سبتمبر.1945

مما أدى إلى وفاة الآلاف من السكان وإصابتهم بحروق وتشوهات ،وإصابة أحفادهم بالأمراض الخطيرة القاتلة . 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 ريم فى اليوم الواحد ،والريم وحدة قياس الإشعاع الممتص، وهي تعادل رنتجن واحد من الأشعة السينية ،وهي تعني Roentgen Equivalent Man ويتعرض الإنسان الى الكثير من مصادر الإشعاع في الحياة اليومية.

ولا ننسى في هذا الصدد تعرض الإنسان للأشعة الكونية الصادرة من الفضاء الخارجي، وتعرضه للإشعاعات الضارة خلال تعامله مع النظائر المشعة ،سواء فى مجالات الطب و الصناعة و الزراعة ،وتعرض العاملين فى المفاعلات النووية والعاملين فى المناجم التي يستخرج منها العناصر المشعة مثل الراديوم واليورانيوم .

ومن العوامل الرئيسية المسببة للتلوث النووي ما يحدث فى دول النادي النووي من إجراء التجارب ،وخاصة بعد الحرب العالمية الأخيرة ،بهدف تطوير الأسلحة الذرية لزيادة القوة التدميرية لها، وقد أدت التجارب إلى انتشار كميات كبيرة من الغبار الذري المشع فى مناطق إجراء التجارب، وتحمل الرياح هذا الغبار المشع إلى طبقات الجو العليا ،والذي يحتوي على بعض النظائر المشعة مثل:السيزيوم 137 والأسترونشيوم 90 ،والكربون، 14 واليود، 131 وغيرها من النظائر، والتي يستمر نشاطها الإشعاعى فترة طويلة من الزمن ليتساقط فوق كثير من المناطق البعيدة عن موقع التجارب ،حيث تلوث الهواء و الماء والغذاء، وتتخلل دورة السلسلة الغذائية حيث تنتقل إلى الحشرات والنباتات والطيور والحيوانات، وأخيراً تصل إلى الإنسان، وأغلب النظائر المشعة يستمر النشاط الإشعاعى لها فترة طويلة من الزمن، الأمر الذي يضاعف من إضرار التلوث على كافة عناصر البيئة.

وجميع الإشعاعات النووية الصادرة عن المواد المشعة تسبب في تأين الأوساط التي تمر خلالها, وتحدث في الأجسام الحية تغيرات كيميائية وحيوية متفاوتة ،حسب نوع الإشعاع الذي تمتصه الخلايا والأنسجة في جسم الكائن الحي. إن المخاطر الناتجة عن تعرض جسم الإنسان للإشعاعات المؤينة يمكن أن تقسم إلى نوعين:

1- مخاطر جسدية.

2- مخاطر وراثية.

تعتبر الإشعاعات المؤينة من العوامل المساعدة على نشوء الأورام الخبيثة, ومن ضمن هذه الأمراض الخبيثة الأمراض التالية:

أ- يحدث تلف في خلايا المخ وخلايا النخاع الشوكي وخلايا الجهاز الهضمي والتنفسي، مما يؤدي إلى الإصابة بسرطانات خطيرة ،من بينها :سرطان الدم، وسرطان الرئة ،وسرطان الغدة الدرقية، وسرطان العظام، والإصابة بعتمة عدسة العين ،وأورام خبيثة أخرى.

ب- لوحظ أن عدداً من الأطفال الذين تعرضوا للإشعاع النووي في بطون أمهاتهم مصابون بتشوهات وعاهات ،وكذلك بضعف عقلي, كما أن محيط رؤوسهم يقل عن المعدل الطبيعي بمقدار ملحوظ "أكثر من ثلاثة أضعاف المعدل الطبيعي" وهذا يسبب لهم تغيرات وراثية وجنسية .

ج- لقد لوحظ أن الأطفال الذين تعرضوا للإشعاع في بطون أمهاتهم لأغراض طبية تشخيصية قد ولدوا بعيون ملونة، حيث تبلغ النسبة المئوية الطبيعية لحالات كهذه.(2.0%)

د- درجة الخطورة على حياة الإنسان تتوقف على مقدار الجرعة التي يمتصها العضو أو الجسم أو النسيج أو الخلايا الحية داخل الجسم، فمثلا جرعة مكافئة مقدارها 5 مللي سيفرت أو أكثر تسبب الوفاة في أيام أو أسابيع قليلة, وإذا تعرض عضو من الأعضاء في الجسم إلى جرعة مفاجئة مقدارها(100ملي سيفرت)فإنه يحدث هدم مباشر وكلي لجميع أنسجة هذا العضو.

الآثار طويلة الأجل تتمثل في التشوهات الوراثية في الجينات، ومختلف أنواع السرطانات تقلل مناعة الجسم في مقاومة الأمراض المعدية, وانخفاض في عمر الشخص المصاب ،وإصابته بالشيخوخة المبكرة.

- أنواع الإشعاع:

يوجد نوعان أساسيان للإشعاع هما:

1- إشعاع مؤين (Ionizing Radiation) مثل: أشعة إكس، وأشعة جاما ،والأشعة الكونية، وجسيمات بيتا وألفا .

2- إشعاع غير مؤين (Non- Ionizing Radiation) مثل: الإشعاعات الكهرومغناطيسية ،ومنها موجات الراديو ،والتليفزيون، وموجات الرادار ،والموجات الحرارية ذات الأطوال الموجية القصيرة

(ميكروويف) والموجات دون الحمراء، والأشعة فوق البنفسجية، والضوء العادي .

أولاً /الإشعاع المؤينIonizing Radiation

توجد ثلاثة أنواع رئيسية من الإشعاع المؤين في الإشعاعات التي يصنعها الإنسان، كذلك في الإشعاع الطبيعي، وهي دقائق ألفا (Alpha Particles) ، دقائق بيتا (Beta Particles) ، وأشعة جاما (Gamma Rays) .

أ- دقائق ألفاAlpha Particles

يمكن إيقاف مسار أشعة ألفا بواسطة قطعة من الورق ،أو بواسطة جسم الإنسان ،ولكن لو تم استنشاق أبخرة المادة التي تشع منها دقائق ألفا أو بلعها ودخولها إلى الجسم ،نتيجة وجود جرح به ،فإنها تكون مؤذية جدا .

ب- دقائق بيتاBeta Particles

لا يمكن إيقاف دقائق بيتا بواسطة قطعة الورق، ويمكن إيقاف سريان هذه الأشعة بواسطة قطعة من الخشب ، وقد تسبب أذى جسيماً إذا اخترقت الجسم .

ج- أشعة جاما Gamma Rays

من أخطر أنواع الإشعاعات ،ولها قوة اختراق عالية جدا ، أكبر بكثير من أشعة ألفا وأشعة بيتا .ويمكن إيقاف سريانها بواسطة حاجز من الكونكريت) الخرسانة المسلحة (وتقع أشعة إكس من ضمن تقسيمات أشعة جاما ولكنها أقل قدرة على الاختراق من أشعة جاما .

الأضرار الصحية للإشعاع المؤين :الأضرار الصحية للإشعاع تعتمد على مستوى الإشعاع الذي يتعرض له الإنسان ، ويؤثر الإشعاع على خلايا الجسم ،ويزيد من احتمالات حدوث السرطان والتحولات الجينية الأخرى التي قد تنتقل إلى الأطفال ، وفي حالة ما يتعرض الإنسان إلى كمية كبيرة من الإشعاع قد تؤدي للوفاة .

أولاً/ جسيمات ألفاAlpha Particles

قوة الاختراق لجسيمات ألفا ضعيفة جداً حيث إنها تفقد طاقتها بمجرد خروجها من العنصر المشع . ومن الممكن أن تسبب أذى وضرراً صحياً في الأنسجة خلال المسار البسيط، ويتم امتصاص هذه الأشعة بالجزء الخارجي من جلد الإنسان ولذلك لا تعتبر جسيمات ألفا ذات ضرر خارج الجسم ولكن

من الممكن أن تسبب ضرراً كبيراً إذا تم استنشاقها أو بلعها (ابتلاع المادة المشعة التي تخرج منها أشعة ألفا).

ثانياً /جسيمات بيتاBeta Particles

قوة الاختراق والنفاذ لدقائق بيتا أكبر من قوة النفاذ لأشعة ألفا .وبعض دقائق بيتا يمكنها اختراق الجلد وإحداث تلف به، وهي شديدة الخطورة إذا تم استنشاق أبخرة أو بلع المادة التي تنبعث منها أشعة بيتا، ويمكن إيقاف انبعاثها برقائق بسيطة من الألمونيوم أو الخشب.

ثالثاً /أشعة جاماGamma Ray

ذات قوة اختراق عالية جداً ويمكنها بسهولة اختراق جسم الإنسان أو امتصاصها بواسطة الأنسجة ولذلك تشكل خطرا إشعاعيا عاليا على الإنسان،ويمكن إيقاف انبعاثها بواسطة الكونكريت أو الرصاص.

أنواع الأشعة المنبعثة من المواد المشعة طبيعياً :

قام رذر فورد بدراسة خواص الإشعاعات المنبعثة من العناصر المشعة وذلك بوضع مصدر الراديوم (مادة مشعة) داخل حافظة من الرصاص ذات ثقب اسطواني صغير القطر يمكننا من الحصول على حزمة ضيقة من الإشعاعات وذلك باستخدام مجال مغناطيسي قوى كمحلل فلاحظ أن الحزمة بعد اختراقها لمجال تنقسم إلى ثلاثة أقسام:

1- تنحرف أحدها في الاتجاه العمودي على المجال المغناطيسي ، ويدل اتجاه انحرافها على أنها مكونة من جسيمات ،مشحونة بشحنة موجبة . كما يدل مقدار الانحراف على ثقل هذه الجسيمات وباستعمال مجال مغناطيسي قوي ومجال كهربي قوي تمكن رذر فورد من إثبات أن هذه الجسيمات التي سميت جسيمات ألفا مشحونة بشحنة موجبة تساوي ضعف شحنة الإلكترون . وهي عبارة عن نواة ذرة الهيليوم وكذلك اثبت رذر فورد أن جسيمات ألفا أقل أنوع الإشعاعات نفاذاً في الأجسام وتنطلق بسرعة تتراوح ما بين10/1 إلى 100/1 ،من سرعة الأمواج الكهرومغناطيسية . ولها قدرة على تأيين الغازات.

2- أشعة بيتا: وهي تنحرف كذلك في الاتجاه العمودي على المجال المغناطيسي ويدل اتجاه انحرافها على أنها مكونة من جسيمات مشحونة بشحنة سالبة ، كما يدل مقدار الانحراف على أنها جسيمات

خفيفة سالبة الشحنة وهي أكثر نفاذاً في الأجسام من جسيمات ألفا . وهي في الواقع إلكترونات ذات سرعات فائقة تصل في بعض الأحيان إلى ما يقارب من 998. من سرعة الضوء ، كما أن لها قدرة على تأيين الغازات ولكن بدرجة أقل من جسيمات ألفا 3 – . أشعة جاما : وتتميز أشعة جاما بميزات الأشعة السينية فهي ذات طبعة موجيه وليس لها وزن أو شحنة ، وطول موجتها صغير جداً يتراوح بين 8 –10 . إلى 10 –10 وهي شديدة النفاذية إذا ما قورنت بغيرها من الإشعاعات الطبيعية أو حتى الأشعة السينية .

ولأشعة جاما القدرة على تأيين الغازات ولكن بدرجة أقل من تأيين جسيمات ألفا أو بيتا . ويمكن القول: إن ذلك مرجعه إلى قوة نفاذيتها التي تفوق كل من أشعة بيتا وألفا حيث تتناسب قوة النفاذية للإشعاعات الثلاثة عكسياً مع قوة تأينها.

أثبتت التجارب أن الإشعاعات بعضها جسيمي (له كتله) مثل أشعة ألفا او بيتا ،والأخرى على شكل فوتونا(ليس لها كتلة) مثل :أشعة جاما(أشعة كهرومغناطيسية)إن الأنماط الثلاثة للإشعاع تختلف في طبيعتها وخواصها وأنها تنبعث تلقائيا من عناصر مثل اليورانيوم والراديوم وغيرها .

ويضم الطيف الكهرومغناطيسي مدى واسعا من الأشعة الكهرومغناطيسية ذات ترددات وأطوال مختلفة ،وتعتبر هذه الأشعة الكهرومغناطيسية نوعا من أنواع الطاقة التي يمكنها أن تمر خلال الفراغ ولها سرعة الضوء. ومن أمثلة هذه الأشعة: أشعة الضوء المرئي ،أشعة جاما،أشعة أكس ،والأشعة الفوق بنفسجية، والأشعة تحت الحمراء وغيرها.

النفايات المشعة:

يقصد بها أي مادة محتوية أو ملوثة بنويدات مشعة ذات تركيزات إشعاعية تفوق ا لمستويات المسموح بها ،والمحددة من قبل مدينة الملك عبد العزيز للعلوم والتقنية أو أي جهة رقابية أخرى،كما أنه ليس لها استعمال متوقع.

تقسيم النفايات المشعة :وبحسب الهبدان فإن للنفايات المشعة عدة تقسيمات تخدم الغرض الذي من أجله تم توريدها وفقاً لما يلي : حسب النوع (صلبة – سائلة – غازية)، حسب المستوى الإشعاعي : عالية (جيجا بيكريل أو أعلى) ،متوسـطة ميجا بيكريل إلى أقل من جيجا بيكريل (ومنخفضة المستوى) أقل من ميجا بيكريل.

حسب نوع الإشعاع : مشعات ألفا – بيتا – جاما – أو مشعات بنوترونات.

ومن النفايات المشعة السائلة، وتشمل: بقايا المحاليل والسوائل التي يتم استخدامها، وحجمها عادة يقل عن 1 سم 3وكمية الإشعاع أقل من 1 ميكرو كيورى .

إفرازات المريض المكونة من بول وبراز ،والتي يبلغ حجمها عادة لترين يوميا ،ويتخلص الجسم من خلال هذه الإفرازات البيولوجية من % 50 من الجرعة المشعة خلال الأيام الثلاثة الأولىii . محتويات المعدة الناتج من القيئ الذي يحدث في اليوم الأول من تناول الجرعة المشعة، ويبلغ حجم هذه المحتويات حوالي 100سم 3وكمية الإشعاع حوالي بضعة ميكروكيوريii . كميات المياه التي استخدمت في نظافة الأجهزة والأدوات التي استخدمت ،وتبلغ فيها كمية الإشعاع جزء من الميكروكيورى . مياه غسيل المفروشات والأغطية الملوثة بالمادة المشعة.

النفايات المشعة الصلبة وتشمل:

العبوات الفارغة للمواد المشعة واللفائف الملوثة وتحتوي على كمية إشعاعات لا تتجاوز بضعة ميكروكيوري الأدوات المستخدمة مثل المحاقن والأكواب والأطباق وتحتوي على قدر قليل من النويدات المشعة على سطحها الداخلي الأشياء المستخدمة في أعمال التنظيف ،مثل: القطن ،والشاش، والورق، وقطع القماش، تحتوى على إشعاعات لا تتجاوز جزءاً من الميكروكيورى.

القفازات، والكمامات، والمعاطف، والأحذية الفوقية، والمناشف، والأغطية، والمفروشات، الخاصة بالمريض. جثث حيوانات التجارب المستخدم فيها نظائر مشعة. مولدات التكنشيوم المستنفذة وهذه تنتج بعد استحلاب التكنشيوم المشع وأشعة جاما المستخدمة في التشخيص وعمر نصفه الإشعاعي ستة ساعات .

وقد أثبتت التحاليل أنه يحتوى على كميات متباينة لنويدات مختلفة تصل إلى عشرين نظيرا،لبعضها عمر نصف إشعاعي يصل إلى مئات الآلاف من السنين وبهذا نتعامل مع المولدات المستنفذة باعتبارها نفايات مشعة .

المصادر المغلقة المستخدمة في العلاج مثل: كوبالت 60 – ،السيزيوم 137 – ،والأريديوم والراديوم .المصادر المشعة العالقة بالمرشحات الرملية لمحطات المياه مثل :الراديوم 266 والرادون. 222

– تلوث البيئة بالمخلفات النووية وطرق الحماية والمعالجة:

أ– تلوث البيئة بالمواد المشعة:

تتولد كميات هائلة من النفايات النووية المشعة يوميا جراء الاستخدامات المختلفة للطاقة النووية، سواء كان ذلك للأغراض السلمية أو العسكرية.

إن التفاعلات النووية المختلفة ،والانشطارية بشكل خاص، تعتبر من أهم المصادر لتلوث البيئة بالمواد المشعة ،نظرا لما تنتجه التفاعلات النووية من نويدات عالية النشاطية الإشعاعية, خاصة تلك التي تنتج من التفاعلات الانشطارية ،والتي تسمى شظايا الانشطار النووي، وهي ذات نشاطية إشعاعية عالية مما يجعلها خطرا قاتلا للبيئة الحياتية من حولها ،لذا دأب علماء الكيمياء النووية على إجراء دراسات مكثفة للتخلص من عشرات الآلاف من الأطنان من النفايات النووية المشعة والتي تتولد أساسا نتيجة استخدام الوقود النووي في المفاعلات النووية للأغراض المختلفة.

وصنفت النفايات النووية المشعة حسب شدة الإشعاع الصادر عنها ونوعه والمدى الأمني الذي تبقى فيه هذه المواد مشعة أي ما يعرف بعمر النصف, فهناك نفايات نووية ذات نشاط إشعاعي عالٍ جدا يقدر بعشرات ومئات الآلاف من وحدة الكوري، وتزداد خطورتها عندما تحتوي هذه النفايات على نويدات مشعة لها أعمار نصف طويلة جدا تقدر بملايين وبلايين السنوات. أن نوع الإشعاع الصادر عن النويدات المشعة يزيد من خطورتها أيضا, فمثلا النفايات المحتوية على نويدات تطلق أشعة جاما تكون أكثر خطورة على العاملين وعلى البيئة من تلك التي تطلق أشعة ألفا وبيتا, وذلك لقدرة أشعة جاما على الانتقال إلى مسافات طويلة جدا في الهواء وعلى اختراق عدة أمتار من الخرسانة المسلحة في الوقت الذي تعجز أشعة ألفا وبيتا على ذلك.

ب– الأخطار البيئية للمخلفات المشعة :

حول الأخطار البيئية للمخلفات الإشعاعية يؤدى التخلص غير المحكوم للنفايات المشعة إلى تلوث البيئة والموارد الطبيعية، ويسبب الأخطار للإنسان والحيوان والنبات على حد سواء، كما يلي:

1 تلوث المسطحات المائية:

أ – أخطار متعلقة بمياه الشرب :

استخدام مياه الشرب الملوثة يعرض الجهاز الهضمي للإنسان والحيوان لجرعات مشعة وتنتقل المواد المشعة بواسطة الدم إلى أجهزة وأعضاء الجسم، وتعرض الدم و مكوناته إلى الإشعاع.

ويتجمع أو يتم تركيز النويدات المشعة في أعضاء الجسم الحساسة مثل: الكبد ،والكلى، والعظام ،والغدة الدرقية، وكذا يعرض الأعضاء التناسلية لجرعات مشعة حسب نوع العناصر المشعة وخواصها الطبيعية والكيميائية .

كذلك تلوث الأطعمة عند غسلها أو طهيها في مياه ملوثة بمواد مشعة . إضافة إلى ذلك التعرض لجرعات إشعاعية خارجية نتيجة لتواجد العناصر المشعة في مرشحات المياه أو أحواض الترسيب والترويق بمحطات تنقية المياه بالتبادل الأيوني أو عند ترسيبها داخل الغلايات التي تستخدم مياه عسرة.

ب – أخطار متعلقة باستخدام المياه الملوثة في الري : التعرض للمواد المشعة الموجودة بمياه الجداول والقنوات والنويدات المشعة المترسبة عند جفافها يمكن جذور النباتات من امتصاص العناصر المشعة، ويصبح النبات نفسه مصدرا للإشعاع وخاصة عند استخدامه كطعام للإنسان أو الحيوان ويؤدى إلى تلوث المنتجات الحيوانية، مثل :الألبان ،واللحوم، والبيض . كذلك انتشار النويدات المشعة عن طريق الطيور والحشرات والتي تمر على المياه الملوثة . إضافة إلى أن تلوث الهواء نتيجة لحرق النباتات أو المحاصيل الملوثة ربما يتسبب في تعميم التلوث وخطره.

ج – أخطار متعلقة بالسلسلة الغذائية : تقوم الطحالب والكائنات المائية الدقيقة بتركيز العناصر المشعة، ثم تنتقل إلى القواقع ويرقات الحشرات ،ثم الأسماك، ثم الإنسان الذي يتناول في طعامه هذه الأسماك الملوثة . وتنتقل النويدات المشعة إلى النباتات المائية والحشرات والطيور، ثم الإنسان الذي يستخدم الطيور الملوثة كطعامه.

2.تلوث التربة بالمخلفات المشعة:

أ – أخطار ناتجة عند موقع التخلص من المخلفات المشعة : تلوث التربة والهواء المحيط بالموقع بالمواد المشعة وكذا المسطحات المائية إن وجدت بالقرب منه إضافة إلى التعرض المباشر للعناصر المشعة عند دفن المخلفات المشعة بالقرب من سطح الأرض دون اتخاذ الاحتياطات العلمية اللازمة،وتسرب الغازات والأبخرة المشعة إلى سطح الأرض.

ب– أخطار ناتجة عن تسرب المخلفات المشعة إلى باطن الأرض : تلوث المياه الجوفية (الآبار).

التفاعلات الكيميائية بين المخلفات المشعة والمواد الأخرى غير المتوافقة معها كيميائيا.

وحول الطرق الصحيحة للتخلص من الرمال الملوثة إشعاعياً :

يضيف الهبدان أن المرشحات الرملية تستخدم في أغلب محطات تحلية المياه في العالم، وذلك لإزالة العوالق من المياه الجوفية، والتي يتركز فيها عنصرا الحديد والمنجنيز ،والتي تتجمع لتكون طبقة رقيقة وهي بدورها تركز أكاسيد الحديد والمنجنيز لتكثف الراديوم من المياه الجوفية. وبعد تركز الراديوم تحت المرشحات الرملية لسنوات طويلة تتكون خلفية إشعاعية قليلة الشدية تزيد يوم بعد يوم مما يتطلب مراقبة جيدة لمثل هذه المحطات.

– التخلص من النفايات النووية :

تكون النفايات النووية الناتجة عن الانفجارات النووية والمفاعلات في حالات فيزيائية مختلفة(صلبة ,سائلة, غازية)الخطوة الأولى للتخلص من نشاط هذه النفايات المشعة يتم عن طريق تخزينها في برك مغمورة بالماء وتحت رقابة مشددة لسنوات عديدة حتى تفقد جزءا من نشاطها الإشعاعي العالي, كما تجرى على النفايات عدة عمليات كيميائية معقدة لتقليص كمية الإشعاع التي لازالت تحتويه, وذلك باستخدام مبادلات أيونية مناسبة قادرة على استخلاص نسبة عالية من النويدات المشعة وتركيزها داخل المبادل الأيوني ثم يجري تقليص حجمها أيضا باستخدام طرق كيميائية وفيزيائية إلى أقل حجم ممكن ،وذلك بصبها على شكل قوالب صغيرة توضع داخل قوالب أخرى من الخرسانة محاطة بجدار سميك من الفولاذ ،حيث يتم نقلها بكل عناية إلى آبار الخرسانة العميقة التي قد يتراوح عمقها عدة كيلومترات في باطن الأرض.

أما تخزين النفايات النووية في قيعان البحار والمحيطات فيتم بطمر العبوات الخراسانية تحت أعماق تصل إلى 500 متر من الطين البحري ويعتبر هذا العمق كافيا لتقليص مخاطرها إلى حد مقبول إذا أخد في الاعتبار الاستقرار الذي يغطي هذه القيعان والتي يصل عمقها إلى عدة كيلومترات, ويدرس العلماء اليوم إمكانية إرسال ألاف الأطنان من النفايات النووية في طرود، باستخدام صواريخ متجهة نحو الشمس أو إضاعتها في الفضاء الخارجي البعيد عن الأرض والتخلص من مخاطرها.

طرق التخلص منه:–

واكب النمو المضطرد في استغلال الإنسان للطاقة النووية والإشعاع ،سواء أكان في توليد الطاقة الكهربائية أم في مجالات حيوية أخرى ،كالزراعة والصناعة والطب، تطوراً كبيراً في العلوم والتقنيات النووية ،إلا 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 لاتزال تثير الشكوك لدى الرأي العام في كثير من الدول حول جدوى استغلال الإنسان للطاقة النووية،كما أنها تقف في الوقت ذاته كإحدى العقبات الأساسية 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 .

مع المعامة لا يكاد يخلو أي أسلوب لتوليد الطاقة ،كما هو الحال في أية عملية صناعية ،من توليد نفايات يجب 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،و الكادميوم ،والزرنيخ،و الزئبق 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 .مصادر النفايات المشعة: تتنوع مصادر النفايات المشعة وفقاً لنوع العمليات التصنيعية التي تنجم عنها تلك النفايات ،ومن تلك المصادر ما يلي :

1- محطات القوى النووية.
2- جميع عمليات ومراحل دورة الوقود النووي.
3- استخراج الخامات النووية، مثل: اليورانيوم والثوريوم.
4- استخدام النظائر المشعة في البحث العلمي وفي الصناعة والتعدين والزراعة.
5- الطب النووي بما فيها التشخيص والعلاج.
6- إنتاج العقاقير والمصادر المشعة .وعلى الرغم من أن جميع الأنشطة المرتبطة بهذه 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 ، ويوضح الجدول (1) بعض النظائر المشعة الرئيسة التي تشكّل الجانب الأكبر من النفايات المشعة .

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 على مدى تطور الصناعة النووية في تلك الدولة وحجم الأنشطة ونوعها .ومن العوامل التي تدخل في تصنيف النفايات المشعة ما يلي:

1- نوع النويدات المشعة وتركيزها في النفايات.

2- العمر النصفي للنويدات المشعة.

3- الحالة الفيزيائية للنفايات من حيث السيولة والصلابة والغازية .

4- طرق المعالجة والحفظ.

5- احتمال الانتشار في البيئات المجاورة.

6- 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 :

(أ)نفايات ذات مستوى إشعاعي عالٍ ،وتشمل بعض نواتج تصنيع الأسلحة النووية ،وجميع نواتج دورة الوقود النووي، ومخلفات محطات القوى النووية ،مثل: الوقود النووي، المستنزف.

(ب)نفايات ما بعد اليورانيوم، وتشمل النويدات الباعثة لجسيمات ألفا والتي يزيد عددها الذري على 92،ويزيد عمرها النصفي على خمسة أعوام، ويزيد تركزيها على7 ، 610 × 3بيكرل - كجم،و ينتج هذا النوع من النفايات بشكل رئيس أثناء عمليات إنتاج الأسلحة النووية.

(ج)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 للنويدات 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 L .

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 وسِمّيتها 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 عن7 ، 3جيجا 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 .

ويوضح الجدول رقم (2) تصنيف النفايات السائلة ذات المستوى الإشعاعي المنخفض والمتوسط،في حين يوضح الجدول رقم (3) تصنيف النفايات المشعة الصلبة ذات المستوى الإشعاعي المنخفض والمتوسط .أما ما يتعلق بالنفايات المشعة الغازية ،فنظراً إلى أن نطاق النشاط الإشعاعي لها يكاد يكون محدوداً ،وبالتالي قلة طرق معالجتها ،فإنه لا يمكن اعتماد التصنيفات السابقة الذكر في حالة النفايات المشعة الغازية،حيث يتم التصنيف حسب مستوى النشاط الإشعاعي الكلي لكل وحدة كجم،ويوضح الجدول رقم (4) تصنيف النفايات المشعة الغازية .

مصادر النفايات المشعة :

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

1- محطات القوى النووية .

2- جميع عمليات ومراحل دورة الوقود النووي .

3- استخراج الخامات النووية، مثل: اليورانيوم، والثوريوم.
4- استخدام النظائر المشعة في البحث العلمي وفي الصناعة والتعدين والزراعة.
5- الطب النووي بما فيها التشخيص والعلاج .
6- إنتاج العقاقير والمصادر المشعة .وعلى الرغم من أن جميع الأنشطة المرتبطة بهذه 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، بعض النظائر المشعة الرئيسة التي تشكّل الجانب الأكبر من النفايات المشعة .

إن الكثير منها لا يزال في طور التجربة فهي باهظة التكاليف ،ومن هذه الطرق ما يلي :

(أ) الدفن في مطامير دائمة في أعماق مختلفة وفي تكوينات جيولوجية مستقرة.

(ب) تغيير التركيب الذري من خلال قذف النفايات بجسيمات في معجلات أومفاعلات انشطارية أو اندماجية .

(ج) الدفن تحت الجليد في أعماق بعيدة تحت المحيط المتجمد.

(د) الطرح في الفضاء الخارجي.

(هـ) الدفن تحت قاع المحيطات .

ومن الجدير ذكره أن الدفن في تكوينات جيولوجية مستقرة لا يزال 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 العامل وجود 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 لا تزال تحفظ بصورة مؤقتة في (60) موقعاً تمثل مواقع محطات للقوى النووية، ويتوقع أن يصل هذا الرقم إلى أكثر من (40) ألف طن في عام2010 م.

2- النفايات ذات المستوى الإشعاعي المتوسط والمنخفض :يمكن التخلُّص من أثرها الإشعاعي حسب حالتها، سواء أكانت سائلة أم صلبة ،حسبما يلي :

أ- النفايات المشعة السائلة :تحدد عادة الجهة المختصة بالحماية من الإشعاع في كل دولة مستوى النشاط الإشعاعي، الذي يجب أن تصل إليها 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 ،فإن هي تم 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) .ب (النفايات المشعة الصلبة :في ما يتعلق بالنفايات المشعة الصلبة،فإنها 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 . 1الحرق :ويؤدي إلى تخفيض شديد في حجم هذه المواد ،وبالتالي إلى سهولة الحفظ، إلا أن ذلك لا يخفض من المحتوى الإشعاعي الكلي1 .الدفن :ويعد أكثر الطرق شيوعاً بالنسبة للمواد الصلبة التي

يصعب اعتبارها أو تحويلها إلى نفايات عادية،ويتم الدفن في مدافن مغلقة قريبة من السطح جيدة لمثل هذه المحطات.

ب- إجراءات السلامة في المعامل :

1- يجب أن يكون جميع العاملين في المعمل على علم ودراية من مخاطر المواد المشعة التي يتم التعامل معها.

2- يمنع الأكل والشرب والتدخين كذلك استعمال أدوات التجميل في المعمل.

3- يمنع منعا باتا استخدام الماصة بالفم في حالة التعامل مع السوائل المحتوية على مواد مشعة .

4- عدم تخزين أية مواد غذائية في الثلاجات أو المبردات الخاصة بالمواد المشعة.

5- يجب عدم تناول المواد المشعة بالأيدي ويتم استخدام الملاقط المخصصة لذلك.

6- يجب غسيل الأيدي بالماء والصابون بعد انتهاء العمل .

7- يجب استخدام وسائل الكشف عن الإشعاع من قبل العاملين بالمعملFilms Badges

8- يجب تثبيت لافتات التحذير المناسبة على مدخل المعمل (CAUTION RADIO ACTIVE MATERIAL) .

9- في المناطق التي يبلغ فيها مستوي الإشعاع الذي يتعرض لها الشخص 5 ملليريم في الساعة، يجب أن يتم وضع اللافتات التحذيرية المناسبة عليها (Radiation Area) .

10- جميع الحاويات التي تستخدم لتخزين المواد المشعة يجب وضع اللافتات التحذيرية المناسبة عليها.

11- ضرورة استخدام معدات الوقاية الشخصية اللازمة للحماية من مخاطر الإشعاع : القفازات – النظارات – البلاطي.

12- عدم السماح لأي شخص بالمعمل داخل منطقة الإشعاع في حالة وجود أية جروح في جسمه.

13- يتم نقل المواد المشعة بين المعامل المختلفة داخل الحاويات المخصصة لها.

طرق الوقاية من الإشعاع:

لقد لاحظنا أن التأثيرات التي يسببها الإشعاع كثيرة ومتشعبة؛ولهذا يجب التأكيد على أهمية الوقاية ،والتعامل مع مصادر الإشعاع المختلفة بيقظة وحذر كبيرين، ووفق شروط خاصة تضمن سلامة الناس

العاملين في مجال الإشعاع .وقد مر بنا أن جسيمات الفا ذات مدى قصير، ولا تستطيع اختراق حتى السطح الخارجي للجسم ،وعلى أساس ما تقدم يجب اتخاذ التدابير والإجراءات الوقائية التالية عندا لتعامل مع مصادر الإشعاع:

1- عند وجود أجهزة تطلق إشعاعات مؤينة مثل أجهزة الأشعة السينية والمعجلات المختلفة والمولدات.

2- التأني في العمل عند التعامل مع المواد السائلة.

3- عدم ترك مصادر الإشعاع مفتوحة بعد الانتهاء منها.

4- استعمال أجهزة تحديد وقياس مستوى الإشعاع عند الدخول إلى الأماكن التي توجد فيها المصادر المشعة.

5- الاستفادة من شركة متخصصة في بناء محطات نووية.

6- بناء أبراج متخصصة في مراقبة المفاعلات النووية عن بعد.

7- بناؤها في أماكن بعيدة عن السكان، مثل :جزيرة يوضع فيها المفاعلات النووية.

8- الصيانة بشكل دوري، ومتابعة التفاعلات ومرادها.

9- عدم استعمال المواد سريعة التفاعل في المحطات النووية.

10- القيام بطريقة ما عن خروج الإشعاع النووي بتحويله إلى طاقة يستفاد منها ،وتكون صديقة للبيئة.

11- بناء جزء من المحطة تحت الأرض لترك فرصة ما عند خروج الإشعاع النووي ،واتخاذ الإجراءات المناسبة للإخلاء المفاجئ وتوفير الملابس الآمنة.

الخلاصة:

- استهدف هذا البحث دراسة الأضرار الناجمة عن الإشعاعات النووية المنبعثة من المواد المشعة، والآثار التي تسببها للإنسان والنبات والحيوان, وكذلك التعرف على أنواع الإشعاع، ومصادره ،وأخطاره وطرق الوقاية منها، والتعرف على أهم الأخطار البيئية التي يتعرض لها المحيط البيئي بالمخلفات النووية, وطرق الحماية والمعالجة لها.

- دراسة النفايات النووية المشعة, وأهم مصادر النفايات النووية المشعة, وطرق التخلص منها .

قائمة المراجع والمصادر

أ- المراجع العربية:

1- مفاهيم في الفيزياء الحديثة: ترجمة منعم مشكور, شاكر جابر. جامعة الموصل, العراق, الطبعة الأولى1980 .

2- الكيمياء الذرية والمشعة: أبو القاسم عمر صميدة, دار الملتقى للطباعة والنشر, بيروت, لبنان ,الطبعة الأولى. 1994,

3- تكنولوجيا الأجهزة الطبية: أحمد إبراهيم البوريني, دار الفكر للطباعة والنشر, عمان, الأردن ,الطبعة الأولى 200

4- الكيمياء التحليلية والإشعاعية: الهادي عمر الرقيعي, يوسف علي بن شعبان, الشركة الخضراء للطباعة والنشر, طرابلس ليبيا. 2006,

5- المبادئ الأساسية للعلوم النووية: سعد مُحَمَّد فضيلة, مريم مختار عتيق، منشأة المعارف للطباعة والنشر, الإسكندرية, مصر, الطبعة الأولى . 1996,

6- المصطلحات النووية: مريم مختار عتيق, منشورات, elga للطباعة والنشر, طرابلس, ليبيا ,1999.

ب- المراجع الأجنبية:

1- IAEA,Radiation protection Operation of Nuclear Power Plants (Safety Series) ; No 50 ,Vienna (1983) .

2- Hamilton, L .D . Nuclear Safety.24 .155 _ 170 .(1985) .

3- World Nuclear Association (Another drop in nuclear generation) World Nuclear News,05 May . 2010.