الفصل السادس

التلوث الاشعاعى

المقصود بالتلوث هو تغير نسب العناصر الكيميائية الموجودة في الجو أو داخل جسم الانسان وهناك التلوث المحيطي وهو تغير هذه العناصر في المحيط أو التلوث الداخلي أي تغير نسبها داخل جسم الانسان ويعتبر التلوث الاشعاعي من المشاكل الخطيرة والمهمة التي يتعرض لها الانسان إن كان مباشراً أو غير مباشر (من الأرض النباتات والحيوانات أو الماء).

لقد عرف معنى التلوث الاشعاعى على الانسان بعدما حدث لمدام كوري عندما أجرت دراسة خواص عنصر الراديوم المشع وقد تأثرت به وأودى بحياتها كذلك يوم سقطت أول قنبلة نووية على هيروشيما وناجازاكي عام ١٩٤٥، فقد أدت هذه التفجيرات إلى قتل عشرات الآلاف وإصابة عدد كبير من السكان المحيطين بموقع الانفجار على أبعاد متباينة تصل إلى أكثر من عشرين كيلو متراً وربما أكثر وقد بقي هذا التلوث لسنين عديدة ، أدى إلى التأثير في جيل واحد على الأقل من البشر وتعتمد آثار التلوث الاشعاعي على عدد من العوامل لتتسع دائرة انتشاره باستمرار ومن هذه العوامل: اختلاف المصدر المشع- نسبة التعرض للاشعاع النووي- اختلاف شدة هذا الاشعاع- المدة التي يتعرض فيها الانسان للاشعاع- منطقة التعرض لأي عضو من أعضاء الانسان الجسدية.

ان النسبة المتفق عليها بصورة عامة والتي يجب ألاّ يتعرض الانسان

لأكثر منها في حالته الاعتيادية وبشرط ان لا يعيش في منطقة المفاعل، هي ٥ ريم(الريم: REM وحدة تستخدم لقياس نسبة الاشعة الممتصّة من قبل الجسم وهي تعادل رونتجن واحد من الاشعة السينية وهي اختصار لعبارةRoentgen Equivalent Man).

والاشعة النووية تختلف شدتها ويختلف بالتالي تأثيرها، لكنها مؤثرة في كل الأحوال بشدّتيها العالية والضعيفة، والشدة العالية يمكن لها ان تؤثر على الكائنات إذا كانت هذه الكائنات تتعرض لفترة وجيزة للاشعاع وتؤثر مثل تأثير الأشعة الضعيفة لفترة طويلة حيث أكدت الوكالة الدولية للطاقة الذرية واللجنة الدولية للحماية من الاشعاع أن التعرض المستمر للاشعة القليلة الشدة تسبب مرض السرطان في العضو المعرض أو في أي عضو آخر من جسم الكائن الحيّ فهناك احتمال إصابة شخص واحد من مجموع ثمانية آلآف شخص تعرضوا لاشعاع ضعيف لاتزيد قوته على ريم واحد.

ان التعرض للأشعة النووية أصبح مشكلة العصر التي لايمكن التخلص منها إلاّ وفق برنامج عالمي عام فالانسان يتعرض لها في المستشفى وفي المعمل(المفاعلات النووية، صناعة النظائر المشعة، صناعة الساعات المضيئة، مناجم الخامات لبعض العناصر المشعة كالراديوم واليورانيوم وغير ذلك وفي المأكل والمشرب ومن الأجواء المحيطة مما يتساقط من الفضاء كما أن النفايات المشعة تعتبر فى حد ذاتها مشكلة ما

زالت الكثير من الدول تعاني منها خاصة تلك التي تمتلك المحطات الكهرونووية أو التي تسير في مجال من الأبحاث النووية المستمرة، فكلاهما له ناتج من هذه المحطات والمفاعل وهذا الناتج يومي أو شهري ومستوى لجمع هذه النفايات، ومحاولة طمرها ودفنها في أماكنها الخاصة فمنها ما يدفن في مدافنها المخصصة وهذه لها استيعاب معين وتأثير حامل بأي شكل من الاشكال وقسم منها ما تصدره خارج حدودها الاقليمية مثلما حصل لكثير من البلدان التي دفنت نفاياتها بعد أن سربتها بشكل غير شرعي لدفنها ، حتى سببت فواجع وكوارث الصحية كما حدث في بعض البلدان العربية للأسف الشديد علاوة على النفايات الصادرة من الغبار المشع الذي يحمل نواتج الانشطار النووي إلى أجواء غير أجواء المنطقة الحادث فيها التجربة النووية وما هذه التجارب إلا لزيادة القدرات العسكرية التدميرية لهذه البلدان وكلما زادت قدرة التجربة كلما زاد غبارها المشع وبالتالي ازدادت نسبة النفايات المشعة وبالتالي زاد تركيزها وتأثيرها على الناس وعملية انتقال الغبار المشع يتم عن طريق طبقات الجو العليا التي تزداد فيها الخطورة كلما زاد ارتفاع الغبار المشع لينتقل إلى أماكن أبعد وللأسف فان أغلب النظائر المشعة التي تتسرب من هذه التجارب هي ذات الأعمار النصفية الطويلة التي تبقى في الجو أو على سطح الأرض أو في باطنها لفترات قد تصل إلى آلاف لسنين(كما في الكربون C١٤) الذي يصل عمره النصفي إلى ٥٧٣٠ عاماً

وللبوتاسيوم K^{40} مليار و٣٠٠ مليون عاماً أما للروبيديوم Rb^{87} فيصل العمر النصفي إلى ٥٠ مليار عام.

ان الاصابات المحتملة قد تتضح بعد فترات متفاوتة فمثلاً بعد عدة سنوات قليلة بينت الأبحاث التي أجريت على سكان جزر مارشال بعد تفجير القنبلة الهيدروجينية في بيكيتي عام ١٩٥٤ ان الكثير من السكان قد أصيبوا بأورام في الغدة الدرقية نتيجة تعرضهم للنظير المشع اليود I^{131} بعد أخذ جرعات وتركيزها في الغدة الدرقية ومثل هذه النتائج كانت في روسيا البيضاء وأوكرانيا بعد تسرب كميات كبيرة من الاشعاع نتيجة حادثة تشرنوبيل عام ١٩٨٦ فقد بينت الأبحاث نتائج مخيفة كذلك في الولايات المتحدة في مناطقها الغربية بعد اجراء تفجيرات نووية فوق صحراء نيفادا.

هذا إذا كانت التجارب تجرى فوق سطح الأرض، أما إذا كانت قد أجريت تحت سطح الأرض ، فذلك لا يخلو من خطورة كبيرة فان الاشعاعات النووية تتسرب إلى المياة الجوفية لتنتقل إلى الأنهار والبحار والمحيطات فيعمّ التلوث مناطق أكبر وأوسع أما تجارب الهند وباكستان الأخيرة فلا يمكن التنبؤ بحجم شرها الآن إلا بعد فترة لاتقل عن سنتين لأسباب عدة منها أن قوة التفجير كانت متباينة الشدة والقوة وحدوثها في منطقة بعيدة عن الأنهار لتحتاج إلى فترة للوصول إلى المياه تحت سطح الأرض يحتاج المتناول لهذه الاشعاعات فترة لتتركز مثل هذه

الاشعاعات في العظام أو الغدة الدرقية أو غير ذلك لتظهر الأعراض بعد هذه الفترة الزمنية.

وقد ازدادت نسبة التلوث في كثير من أجواء الدول بل وقد أثّرت هذه الزيادة على الغلاف الجوي للأرض فبعد أن توقف نمو ثقب الأوزون لفترة وجيزة بعد أن وصلت مساحته إلى ضعف مساحة الولايات المتحدة الأمريكية، عادت المساحة للاتساع لعدة أسباب من ضمنها التفجيرات النووية العديدة والاختلال بنظام المحطات والمفاعلات النووية الذي حدث ويحدث لأسباب تقنية وغير تقنية ورب سائل يسأل لماذا هذا التوجه إلى المحطات النووية بدلاً من المحطات الحرارية؟ وللجواب على هذا السؤال نقول : قبل كل شيء إنها أكثر كفاءة وأوفر طاقة حيث أن العمر الافتراضي لها أكبر من عمر المحطات الحرارية الافتراضي بحوالي خمس سنوات على الاقل وسعر إنتاج كيلو واط في الحرارية يزيد على سعره في النووية بمقدار ٣٥% كما أن المحطات الحرارية لاتخلو من مشاكل ، حيث أنها تطرح كميات كبيرة من غاز ثاني أوكسيد الكربون وغاز ثاني أكسيد الكبريت عند حرق الوقود فيها، وبذلك فهي سبب رئيسي في تكوين الأمطار الحامضية .

من الأمور المهمة التي يجب أن تؤخذ فى الاعتبار عملية الخفض في المستوى الاشعاعي للنفايات المشعة، حيث يرتكز هذا المبدأ المهم لعملية الخفض على خفض فعالية المصدر المشع ومعالجة أو إعادة

معالجة المصدر المشع والتي تتم في مراحل عدّة منها فرز هذه النفايات وفصلها ضمن مجموعات تقسم بمميزات معينة ثم تؤخذ إجراءات في عملية المعالجة وإزالة التلوث من حاويات المادة المشعة إضافة إلى خطوات ثانوية أخرى ومن الركائز الأخرى كذلك تخفيض حجم النفايات عموماً بالوسائل المتاحة المعروفة حيث تهدف هذه العملية إلى تسهيل مهمة عملية الفرز والتخزين والنقل إلى الأماكن الخاصة بها ومن المهم القول أن عملية تخفيض فعالية المصدر المشع من العمليات الأهم هنا لخفض كمية النفايات المشعة ويبدأ العمل بهذا المبدأ المهم من الوقت الذي يتم فيه تصميم المنشأة والأخذ فى الاعتبار التعديلات المرتقبة ضمن التصميم المذكور ثم تحديد المصدر المطلوب ضمن التصميم أو ضمن التطوير المذكور وتستمر مع عملية المراقبة المستمرة أو مع ممارسة فعلية للنشاط ومن المهم في معالجة النفايات المشعة تغليفها تمهيداً لنقلها إلى الأماكن الخاصة بالتخزين المؤقت ثم تتم عملية النقل المتعدد حسب الطلب من المعالجة كأن تنقل لإعادة معالجتها أو تنقل حتى عمليات أخرى أو لحين حدوث اضمحلال اشعاعي ليقل تاثير الاشعاع إلى القدر الذي تخفف منه نسبة الخطورة أثناء التعرض .

ومن العمليات المعروفة للتعامل مع النفايات النووية المشعة هي تجميعها وفرزها وفصلها ضمن مجموعات خاصة ووفق مواصفات معينة متعارف عليها دولياً أو في اطار النظام المتبع ضمن الدولة

المستخدمة ومسجل ترتيبها في سجل الوكالة الدولية للطاقة الذرية كما تشمل العمليات كذلك التغليف والنقل وتدوين معلوماتها التفصيلية في السجلات الخاصة الرسمية والتي من الضروري تدوين الاوصاف الكاملة للنفايات كي تكون هذه السجلات في مأمن من اي تلاعب او زيادة.

لذا يواجه الإنسان خطراً كبيرا يتمثل في تعرضه للعناصر المشعة وما تسببه هذه العناصر من مخاطر صحية قد تكون ذات أثر كبير على حياته كما يمكن أن تنعكس على أجياله القادمة، ويعتمد الضرر الذي قد يصيب جسم الإنسان من جراء تعرضه للمواد المشعة على عدة عوامل منها :- الجرعة التي يتعرض لها من هذه المواد المشعة - نوع هذه الإشعاعات - الزمن الذي يتعرض له الجسم لهذه الإشعاعات.

والعناصر المشعة هي تلك العناصر التي تكون أنويتها غير مستقرة حيث تتعرض النواة للتآكل وبسببه يحدث الإشعاع وتتكون عاجلاً أو آجلاً أنويه لعناصر أخرى جديدة تكون أكثر استقراراً وتسمى هذه العملية بالنشاط الإشعاعي أو التحلل الإشعاع ويؤدي النشاط الإشعاعي إلى انبعاث ثلاثة أنواع من الإشعاعات هي:

١- جسيمات ألفا: وهي جسيمات تشبه نواة ذرة الهيليوم حيث يحتوي كل جسيم على بروتونين ونيوترونين وهذه الجسيمات لها قدرة ضعيفة على اختراق الأجسام الصلبة لكن لها قدرة تأين عالية لذلك فإنها يمكن أن تسبب ضرراً لبعض الأجزاء الحساسة من جسم الكائن الحي.

٢- جسيمات بيتا: وهي عبارة عن جسيمات تشبه الإليكترونات، البعض منها سالب الشحنة والبعض الآخر يكون موجب الشحنة ولهذه الجسيمات قدرة متوسطة على اختراق الأجسام الصلبة.

٣- أشعة جاما :وهي عبارة عن موجات كهرومغناطيسية ذات أطوال موجية قصيرة جداً كما أن لها قدرة عالية على اختراق الأجسام الصلبة تفوق قدرة الأشعة السينية وقد يتسبب التآكل الإشعاعي الذي يحدث لعنصر واحد في انبعاث أكثر من نوع من الإشعاعات المذكورة .

مصادر التلوث الإشعاعي

تنقسم مصادر التلوث الاشعاعى إلى عدة مصادر كما يلى:-

أولا :- المصادر الطبيعية

١- الأشعة الكونية: وهي الأشعة التي تفد إلينا من الفضاء المحيط بالكرة الأرضية ومصدرها المجرات والشمس، وتقسم إلى ثلاثة أنواع:

- الأشعة الكونية الأولية: وتتألف من ٨٧ % بروتونات و١٢ % جسيمات ألفا و١% نوى عناصر ثقيلة مثل الكربون والأكسجين والنتروجين والكالسيوم والحديد ، وتتواجد على ارتفاع ٥٠ كم فأكثر وتقل كثافتها كلما اقتربنا من سطح الأرض.

- الأشعة الكونية الثانوية: وهي نتاج تفاعل الأشعة الكونية الأولية مع الغلاف الجوي للأرض ، وتتألف من فوتونات وإلكترونات و بروتونات ونيترونات، وتزداد كثافتها كلما اقتربنا من سطح الأرض، فهي تتواجد على ارتفاع ٢٠ كم فأقل وفيما بين هذين الارتفاعين نجد خليطاً من نوعي الأشعة .

- الأشعة الشمسية : وهي عبارة عن بروتونات تتدفق خارجة من الشمس عقب انبعاث توهجات نيرانية تظهر على هيئة لسان كبير من سطحها، جزء من هذه الأشعة تكون طاقته كبيرة بحيث تكفي لإحداث تغيرات على سطح الأرض يمكن كشفها.

٢- البيئة الأرضية:- تنتشر المواد المشعة في القشرة الأرضية المواد انتشاراً كبيراً وتعطى جرعة إشعاعية للإنسان تزيد أحيانا عن الجرعة الناتجة عن الأشعة الكونية على سبيل المثال: اليورانيوم والثوريوم .

٣- مواد مشعة قريبة من سطح الأرض: وهي مواد مشعة غازية مثل الكربون والرادون والثورون ،ويلاحظ أن الرادون والثورون هما ناتجان

عن تحليل اليورانيوم والثوريوم ويوجدان أصلا فى التربة على هيئة غازية ومنها يصعدان إلى الهواء على ارتفاع أقصاه ٢ مترا .

٤ـ مواد مشعة موجودة بالمياه

وتنتشر كثير من المواد المشعة في مختلف أنواع المياه ،ويعتمد ذلك على نوع ومصدر المياه فمياه البحار تحتوى على أعلى تركيز لمادة بوتاسيوم ٤٠ (٣٠٠ميكروكورى فى اللتر) أما مياه النافورات فتزداد فيها نسبة الراديون ويعتبر اليورانيوم أكثر العناصر المشعة التي توجد في المياه الجوفية حيث تتراوح تركيزاته في العادة ما بين ٥ـ١٠ جزء من البليون، أما بالنسبة للمياه الجوفية التي تمر خلال صخور غنية باليورانيوم فعادة ما تحتوي على تركيزات تفوق ٢٠٠ جزء من البليون ولكن سجلت في بعض مناطق العالم تركيزات وصلت إلى ١٨ جزء من المليون (وهي نسبة عالية جداً) كما أن من أكثر العناصر المشعة التي تتواجد في المياه الجوفية الرادون وهو عبارة عن غاز عديم اللون والطعم والرائحة وله نصف عمر قصير جداً يبلغ حوالي (٣.٨يوم) كما أنه سهل الذوبان في الماء ومع ذلك يعتقد أنه لا يسبب مشاكل صحية إلا أنه يتصاعد على هيئة غاز عندما يتم تحريك المياه التي يكون مذاباً فيها.

ثانيا :- المصادر الصناعية وهى الناتجة عن ممارسة الانسان لعمل ذو طبيعة صناعية مثل:-

١- التفجيرات الذرية :تجرى هذه التفجيرات في الجو على ارتفاعات مختلفة أو تحت الماء أو تحت الأرض ، ويعتمد التلوث على نوع وقوة هذه التفجيرات وكمية المواد الانشطارية الناتجة عنه وتعتبر التفجيرات الذرية في الجو أكثر تأثيراً في تلوث البيئة عندما يحدث تفجير نووي قريب من سطح الأرض فأن التفجير يلتقط جزيئات من تراب الأرض والغبار العالق في الهواء ويصهرها فتندمج مع المواد الانشطارية ،ويمثل الغبار الذرى المتساقط من التفجيرات الذرية أهم مصادر تلوث البيئة بالمواد المشعة .

ويرجع تاريخ التلوث النووي الحقيقي إلى أواخر الحرب العالمية الثانية عندما القيت أول قنبلة نووية على مدينة هيروشيما في سنة ١٩٤٥فقتلت وشوهت معظم سكانها، وحتى من نجوا منهم ظلوا يعانون من آثار الإشعاع النووي طول حياتهم، ومنذ ذلك الوقت تسابقت الدول الكبرى في تطوير القنابل النووية وفي إجراء التجارب عليها مما هدد جو الكرة الأرضية كله بالتلوث النووي، مما حمل الدولتين العظميين، وهما أمريكا والاتحاد السوفيتي على الاتفاق على التوقف عن إجراء التجارب النووية في الجو والاكتفاء بإجرائها تحت الأرض، ولكن بقية

الدول التي دخلت ميدان السباق النووي وهي بريطانيا وفرنسا والصين والهند لم تلتزم بهذا الاتفاق وأجريت تجاربها في الجو .

ولا تقتصر عوامل التلوث النووي على ما تسببه التفجيرات النووية المتعمدة، سواء ما حدث منها أثناء الحرب، أو التي تحدث عند إجراء التجارب في البحر في البر أو تحت الأرض، بل إن هذا التلوث يحدث أحياناً بصورة غير مقصودة نتيجة لتسرب الإشعاعات من مفاعلات الطاقة النووية عند حدوث حرائق او انفجارات بها وقد حدثت بالفعل حادثتان خطيرتان من هذا النوع إحداهما في الولايات المتحدة، والثانية في الاتحاد السوفيتي سابقاً، وما زالت الحادثة الأخيرة عالقة بالأذهان بسبب شدتها وما نتج عنها من خسائر في الأرواح وزيادة في درجة تركيز الإشعاع النووي في مناطق واسعة من أوروبا حول المنطقة التي حدث فيها الانفجار وهي منطقة تشيرنوبل في أوكرانيا .

وتتوقف الأضرار الناتجة عن مثل هذه الحوادث على قرب المنطقة من مركز الانفجار او التسرب النووي، وفي المناطق الموجودة حول هذا المركز يصاب كثير من الناس بحالات مرضية خطيرة من أعراضها حدوث تسلخات في الجلد وقيء وغثيان ونزيف داخلي وخارجي من مختلف فتحات الجسم، وهي أعراض تنتهي غالباً بالموت خلال عدة أسابيع. وفي المناطق البعيدة نسبياً قد تؤدي زيادة الاشعاعات عن معدلاتها إلى حدوث تسمم نووي بطيء لا تظهر أعراضه إلا بعد عدة

سنوات، ويؤدي هذا التسمم غالباً إلى الإصابة ببعض أنواع السرطان .

وأهم المواد المشعة التي تنتج عن الانفجار أو الانشطار النووي :

١- غاز الكريبتون، وهو يؤثر على كل جسم الانسان ويساعد على الإصابة بسرطان الدم، وقد يستمر تأثيره حوالي ٢٠سنة بعد حدوث الانفجار او الانشطار النووي .

٢- عنصر اليود الذي يتصاعد من الانفجار النووي بصورة غازية، وهو يمتص غالباً من الغدة الدرقية ومن الممكن التخلص منه بواسطة بعض العقاقير .

٣- عنصر الاسترتشيوم، وهو شبيه بعنصري الكالسيوم والباريوم، ويتركز تأثيره غالباً على العظام فيصيبها بالسرطان، وقد يستمر تأثيره حوالي ٥٦سنة .

٤-السيزيوم، وهو يؤثر على كل الجسم، وخصوصاً العضلات والكبد والطحال، وقد يستمر تأثيره لمدة ٦٠سنة .

ولا تقتصر أضرار التلوث النووي على آثاره المباشرة على حياة الانسان وصحته، بل إنها تمتد إلى تلويث أو تسميم كل جوانب البيئة التي يعيش فيها من ماء وغذاء وتربة وصخور وملابس وأدوات وغيرها.

عندما يتعرض اى كائن حى إلى الاشعاعات النووية يحدث تأيناً للذرات المكونة لجزيئات الجسم البشرى مما يؤدى الى دمار هذه الانسجة مهدده

حياة الانسان بالخطر وتعتمد درجة الخطوره الناتجة من هذة الاشعاعات على عدة عوامل منها نوعها وكمية الطاقة الناتجة منها وزمن التعرض ولهذة الاشعاعات نوعان من الاثار البيولوجية:

الاثر الأول:يكون جسدى ويظهر غالباً على الانسان حيث يصاب ببعض الامراض الخطيرة مثل سرطان الجلد والدم واصابة العيون بالمياة البيضاء ونقص القدرة على الاخصاب .

الاثر الثاني: هو الاثر الوراثى وتظهر اثارة على الاجيال المتعاقبة ويظهر ذلك بوضوح على اليابانين بعد القاء القنبلتين النووية على هيروشيما ونجازاكى فى سبتمبر ١٩٤٥ مما ادى الى وفاة الالاف من السكان واصابتهم بحروق وتشوهات واصابة احفادهم بالامراض الخطيرة القاتلة ويجب مراعاة عدم تعرض المرأة الحامل للاشعة السينية كوسيلة للتشخيص حتى لاتصيب الطفل بالتخلف العقلى والحد الاقصى المأمون للاشعاعات النووية الذى يجب الا يتجاوزه الانسان هو ٥ ريم فى اليوم الواحد والريم وحدة قياس الاشعاع الممتص وهى تعادل رنتجن واحد من الاشعة السينية وهى تعنى Roentgen Equivalent Man ويتعرض الانسان الى الكثير من مصادر الاشعاع فى الحياة اليومية.

ولاننسى فى هذا الصدد تعرض الانسان للاشعة الكونية الصادرة من الفضاء الخارجى وتعرضة للاشعاعات الضارة خلال تعاملة مع النظائر المشعة سواء فى مجالات الطب و الصناعة و الزراعة وتعرض العاملين

فى المفاعلات النووية والعاملين فى المناجم التى يستخرج منها العناصر المشعة مثل الراديوم واليورانيوم .

ومن العوامل الرئيسية المسببة للتلوث النووى ما يحدث فى دول النادى النووى من اجراء التجارب وخاصة بعد الحرب العالمية الثانية بهدف تطوير الاسلحة الذرية لزيادة القوة التدميرية لها وقد ادت التجارب الى انتشار كميات كبيرة من الغبار الذري المشع فى مناطق اجراء التجارب وتحمل الرياح هذا الغبار المشع الى طبقات الجو العليا والذى يحتوى على بعض النظائر المشعة مثل السيزيوم ١٣٧ والاسترونشيوم ٩٠ والكربون ١٤ واليود ١٣١ وغيرها من النظائر والتى يستمر نشاطها الاشعاعى 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 واخيراً تصل الى الانسان واغلب النظائر المشعة يستمر النشاط الاشعاعى لها فترة طويلة من الزمن الامر الذى يضاعف من اضرار التلوث على كافة عناصر البيئة.

وقد ادى انتشار المحطات النووية الى ظهور المشاكل ذات التأثير الضار على كافة عناصر البيئة نتيجة النفايات النووية ويقاس النشاط الاشعاعى لهذه النفايات بما يعرف بالكورى وهو النشاط الاشعاعى الذى ينتج من جرام واحد من عنصر الراديوم ٢٢٦ ويتوقف الاثر الضار لما

تسببة من اضرار جسيمة بعناصر البيئة .

٢- المفاعلات الذرية : تنحصر خطورة إنشاء وتشغيل المفاعلات الذرية والمعامل الحارة في عدة جوانب منها اختيار أنسب المواقع بعيد عن تجمع السكان وأماكن زراعتهم ومجارى المياه السطحية والجوفية فكثرة الحوادث التي تقع بهذه المفاعلات تسبب خطراً على تلوث البيئة القريبة منه .

٣- المصادر الإشعاعية للأغراض الطبية:استخدمت المصادر الإشعاعية فى الأغراض الطبية مثل التشخيص والعلاج بالأشعة السينية والعلاج الإشعاعي .

٤- المصادر الإشعاعية الصناعية:مثل التصوير الإشعاعي وتعقيم الأطعمة والأدوية بواسطة الإشعاع .

وهناك بعض مصادر التلوث الأشعاعى التى لم يشملها التصنيف السابق منها-:

١- تعرض أطباء الأشعة ومساعديهم للأشعة التشخيصية مثل الأشعة السينية بالمستشفيات،وهذا طبعا ليس داعيا لأن يتخوف المرضى من اجراء أشعة تشخيصية لأنه ببساطة،أنت كمريض ،تتعرض للأشعة لفترة بسيطة لا تتعدى دقائق معدودة ، وكظرف طارىء،لكن طبيب الأشعة معرض لها طوال اليوم وبصورة يومية.

٢-أستنشاق غبار المواد المشعة وابتلاعه بواسطة العاملين فى مجالات المواد المشعة.

٣- التعرض للأنفجارت الذرية.

٤- أستخدام المواد المشعة كأسلحة فى الحروب.

والمشكلة فى المصدرين الأخيرين ،أن أثرهما يمتد لمساحات واسعة ويبقى لفترة طويلة ،ناهيك عن أن أثرهما قاتل،سواء على المدى القريب أو البعيد ويختلف الناس فى تأثرهم بالأشعاع من أنسان لآخر

آثار التلوث الإشعاعي

المواد المشعة هي تلك التي لديها القدرة على تنبعث جزيئات الطاقة العالية، مثل جسيمات ألفا وبيتا وأشعة جاما فهي غير مستقرة في طبيعتها، والتي ينبعث منها باستمرار هذه الجسيمات من أجل الحصول على بعض الاستقرار عندما كنا نتحدث عن آثار التلوث الإشعاعي، وهذا يعني في الواقع آثار هذه الانبعاثات على البيئة والكائنات الحية على الأرض.

على البيئة

عندما يحدث تلوث التربة عن طريق المواد المشعة، ثم يتم نقله إلى النباتات التي تنمو على ذلك. يمكن أن يؤدي إلى طفرة جينية من الحمض

النووي من النباتات وتؤثر على عملها الطبيعي قد يكون بعض من النباتات تموت بعد التعرض لمثل هذه في حين أن البعض الآخر قد وضع بذور ضعيفة عندما يتم استهلاك أي جزء من النبات الملوثة، بما في ذلك الفواكه من قبل البشر، ثم أنه يسبب مخاطر صحية خطيرة وتعتبر الإشعاعات المنبعثة من الأسلحة النووية وضارة أكثر للبيئة، كما أنها تبقى في الغلاف الجوي لمدة مائة سنة وبالتالي، فإنه يؤثر على عدة أجيال وبالمثل، فإن المواد المشعة من سطح الأرض التي تتدفق نزولا الى المسطحات المائية لا تزال هناك لسنوات قادمة أنه يسبب ضررا للحيوانات المائية وبالتالي، يمكن القول بأن التلوث الإشعاعي له تأثير مدمر على النظام البيئي بأكمله.

على البشر

آثار التلوث الإشعاعي على البشر تختلف في كثير من الأحيان من معتدلة إلى حادة، وذلك يعتمد إلى حد كبير على مستوى من التعرض للانبعاثات بين الجزيئات المنبعثة من هذه المواد، وآثار جسيمات ألفا هو أدنى حد، وأشعة جاما هي الأكثر خطورة عندما يتعرض الجسم البشري للإشعاع، ثم يتفاعل مع الجزيئات البيولوجية وتتشكل الأيونات في هذه العملية وهذا يؤدي إلى تشكيل عدد كبير من الجذور الحرة التي تدمر المكونات الجزيئية الحيوية مثل البروتينات والانزيمات والأحماض

النووية، وما إلى ذلك من مستويات منخفضة من التعرض على جزء صغير من الجسم يمكن أن تؤثر فقط على أغشية الخلايا وتتسبب في تهيج الجلد الخفيف والآثار المباشرة الأخرى الناتجة من التعرض لفترة قصيرة من الإشعاع النووي هي الغثيان والتقيؤ والاسهال وفقدان الشعر والأظافر، وكدمات بسبب نزيف تحت الجلد، الخ ومعظم هذه الآثار المترتبة على التلوث الإشعاعي لا تظهر فوراً، ولكن على المدى الطويل لها عواقب شديدة على الصحة ولذلك حان الوقت أن يتم اتخاذ بعض التدابير للحد من التلوث الإشعاعي ويمكن السيطرة عليه إلى حد كبير مع مساعدة من التخلص الآمن من النفايات النووية. خصائص المشعة من النفايات تدريجيا مع مرور الوقت، والتي قد تختلف من بضعة أيام إلى بضع سنوات حتى ذلك الحين، وهذه المواد لها أن تبقى في حالة معزولة، حتى لا تتعرض البيئة والكائنات الحية على ذلك.

الآثار البيولوجية للتلوث الإشعاعي

عند دخول المواد المشعة داخل الجسم عن أي طريق يتم امتصاصها ودخولها في العمليات البيوكيميائية الأساسية وبوصول هذه المواد المشعة إلى الدورة الدموية وسوائل الجسم يتم توزيعها إلى جميع أنسجة الجسم طبقا للصفات والخصائص الكيميائية للعناصر والمركبات التي تكون هذه المواد المشعة وتتحكم في الآثار الناجمة عن التعرض

الإشعاعي الداخلي عوامل كثيرة من أهمها بطء تطور وظهور الأثر ، وعدم تجانس امتصاص جرعة الإشعاع في الأنسجة إلى جانب الفترة الزمنية اللازمة للتحلل الإشعاعي للمادة المشعة لتعطي جرعة متراكمة علي مدى الوقت ، وكذلك درجة السمية الكيمائية للمادة المشعة ذاتها ، وتتمثل الآثار الضارة للإشعاع في الجسم البشري فى :-

أ- آثار جسدية: وهى المخاطر أو الآثار التي تصيب كافة أنواع الخلايا الجسمية أي أن أعراضها أو أثارها تظهر في الكائن الحي نفسه الذي تعرض للإشعاع.

ب- آثار وراثية: وهى الآثار التي تظهر أعراضها في ذرية الكائن الحي الذي تعرض للإشعاعات نتيجة تلف أعضائه التناسلية.

العوامل التي تتحكم في آثار التعرض للإشعاع

أ- الخواص الفيزيائية للمادة المشعة وتتضمن نوع وطاقة الأشعة المنبعثة ، الانتقال الخطى للطاقة ،الطاقة الممتصة من النسيج الحاوي للمصدر إلى النسيج المستقبل للأشعة .

ب- العوامل البيولوجية للمادة المشعة وانتقال المادة داخل الجسم من عضو إلى آخر ،إلى جانب استبقاء المادة المشعة في نسيج معين ، والفترة الزمنية لتواجد المادة المشعة داخل الجسم ثم طرق خروج المادة

المشعة من الجسم وكذلك العمر البيولوجي إلى جانب عوامل أخرى مثل السن والجنس والأمراض المختلفة ويتوقف انتقال المادة المشعة على الدورة الدموية وسوائل الجسم وكذلك الجهاز التنفسي والجهاز الهضمي والتي تحدد آليات وميكانيكية انتقال المادة المشعة من نسيج إلى آخر . ومن الآثار الصحية للتعرض الإشعاعي التحول السرطاني لبعض الأنسجة التي تتواجد فيها المواد المشعة لفترات طويلة نسبياً ويمر التأثير الإشعاعي بمرحلتين أساسيتين هما :

المرحلة الفيزيوكيمائية:

وهذه المرحلة في تطور الإصابة الإشعاعية تخص امتصاص الطاقة الإشعاعية داخل روابط الجزئيات الكيميائية في الخلايا وينتج عن ذلك حدوث توتر أو تأين لهذه الروابط الفيزيوكيمائية في الجزئيات الموجودة في الحيز البيولوجي الذي تعرض للاشعاع والذي حدثت فيه عمليات امتصاص للطاقة وينتج عن ذلك حدوث تغيرات في أداء وظيفة الجزئيات الكيمائية التي حدث توتر وتأين لروابطها وتسمي تغيرات في الجزيئات وتعتبر هذه المرحلة الأساس الذي سوف يترتب عليه تطور وظهور ونوعية الإصابة الناتجة من التعرض الإشعاعي وهذه المرحلة مهمة فيما يخص حدوث عمليات إصلاح في الجزيئات الكيمائية التي تأثرت بالتعرض الإشعاعي وامتصاص الطاقة الإشعاعية وكذلك تطور الإصابة

الإشعاعية ومداها والذي يحدد مقدار وحجم الأثر المتبقي بعد الإصلاح الذي يتم في الجزيئات .

مرحلة التأثير البيولوجي على الخلايا و الأنسجة :

التغيرات الكيمائية التي تحدث للجزيئات تشكل الأساس الذي يترتب عليه تطور وظهور الآثار الإشعاعية في الخلايا والأنسجة وأهمها تحول الجزيئات لإنتاج جذور حرة تتميز بنشاط كيميائي كبير مما يؤثر على تركيب الخلايا وبالتالي على وظائفها ويتوقف حجم ونوعيه وشدة هذه الآثار علي عوامل كثيرة تخص النظام البيولوجي الذى تعرض للإشعاع وتخص أيضا النظام الفيزيائي للأشعة الساقطة بكل جوانبه وجميع مراحل تطور الإصابة مرتبط بعوامل كيمائية فسيولوجية ووظيفية ومناعية كثيرة ومرتبطة بالأجهزة المسيطرة علي كافة النظم البيولوجية في الجسم وعلي رأس العوامل المسيطرة علي تطور الإصابة الإشعاعية وظهورها مقدار جرعة الإشعاع التي تعرض لها الجسم وحجم الحيز المعرض من الجسم وقد توصل بعض العلماء حديثاً إلى تركيب كيميائي لدواء يسمى بمضاد الإشعاع من أهم خواصه تقوية الجهاز المناعي للجسم المصاب بالإشعاع .

التلوث الإشعاعي للغذاء ومخاطره الصحية

أدى تطور استخدامات التكنولوجيا النووية العسكرية والمدنية، والتزايد المطرد في تطبيقات النظائر المشعة إلى ظهور أمراض خطيرة، مثل الأورام السرطانية وتلف أجهزة المناعة وتشوهات الأجنة والعقم وغيرها من الأمراض التي تنتج عن انتقال الإشعاعات إلى الإنسان بطرق مختلفة، على رأسها الغذاء الملوث بهذه الإشعاعات، في حالات تساقط الغبار الذري على النباتات والتربة الزراعية أو نتيجة لتلوث الهواء والماء بمخلفات التجارب أو النشاطات النووية أو الذرية، وهو ما يتطلب اهتمام الجهات المعنية بمعرفة أساليب تقدير العناصر المشعة وقياس النشاط الإشعاعي في الأغذية الصلبة والسائلة، وسبل الحد من تلوث الأغذية بالمواد المشعة.

ومشكلة تقدير مدى تلوث الأغذية بالمواد المشعة ترجع إلى تباين الخصائص الفيزيائية للمواد والنظائر المشعة المختلفة، حيث تتفاوت المواد المشعة من حيث درجة تركيزها، وتأثيراتها داخل جسم الإنسان كما تختلف وفقاً للفترة التي تستغرقها لفقد إشعاعيتها، ويطلق علمياً على هذه الفترة التي تستغرقها حتى تفقد إشعاعها اسم (نصف العمر) إشارة إلى انخفاض التأثير الإشعاعي إلى النصف، وكلما زاد نصف العمر للعناصر المشعة كلما زاد خطرها.

وبعض العناصر المشعة، مثل السيزيوم لا تختفي من الجو إلا بعد ٣٠٠سنة، في حين تختفي مادة أخرى مشعة مثل اليودين في فترة زمنية تقل عن ثلاثة أشهر وتتراوح مدة نصف الحياة للنظائر المشعة من أجزاء الثانية إلى ملايين السنين.

كذلك، فإن تعدد المصطلحات والوحدات المستخدمة لوصف وقياس الإشعاع في الأغذية يزيد من صعوبة وتعقد عملية مراقبة مستوى الإشعاع، ومنها الريم ، وهو وحدة قياس مدى التلف البيولوجي الناتج عن التعرض للإشعاع، إضافة إلى وحدات قياس أخرى، مثل الرونتنجن ، والتي تقيس مدى التأين الناتج عن مرور الأشعة خلال وسط ما وهناك أيضاً الراد ، وهو يقيس الجرعة الممتصة من الإشعاع.

وتلعب الفترة التي تسقط خلالها المواد المشعة على الأغذية دوراً هاماً في زيادة تأثيرها، ففي حال سقوط المواد المشعة في فترة حصاد المحاصيل فإن ضررها يكون أشد، حيث يؤدي ذلك إلى ترسب المواد المشعة على سطح النباتات فتمتصها الأوراق أو الجذور فيما بعد، وعندما يكون التلوث سطحياً فإن النباتات الخضراء العريضة الأوراق تكون أشد خطراً على الإنسان، كالخس والسبانخ والفاكهة التي لاتنزع قشرتها عند أكلها كالعنب والمشمش والجوافة.

وينتقل التلوث الإشعاعي من المزروعات إلى الإنسان مباشرة عن طريق الغذاء، أو عبر وسيط مثل الحيوانات التي تتغذى على النباتات

فتترسب المواد الإشعاعية في أجسامها، ثم تنتقل للإنسان عن طريق تناول لحومها أو ألبانها .

ويعد تلوث المواد الغذائية بالإشعاع عن طريق المياه والتربة، أقل خطورة من تلوث النباتات مباشرة بالغبار الذري، وقد تتلوث الحيوانات والأسماك بالإشعاع إذا كانت كمية المياه قليلة ومحدودة، في حين يقل خطر التلوث في البحار والمحيطات والأنهار والبحيرات الكبيرة.

وفي حال تلوث التربة بالغبار الذري فإنها تحمي على المدى القصير المحاصيل الدرنية كالبطاطس والفجل والجزر والبصل من التلوث الفوري وإذا كان نصف العمر للمادة المشعة قصيراً، فإنها تختفي قبل وصولها إلى شبكة الجذور أو المياه الجوفية وتختلف درجة تلوث السلسلة الغذائية من خلال شبكة الجذور والمياه الجوفية حسب نوعية الغبار الذري فمادة مثل السيزيوم تلتصق بالتربة كيميائياً، وإذا بقيت المواد المشعة في التربة فإن المحاصيل اللاحقة ستتلوث بدرجة كبيرة وعندما يتناول الإنسان غذاءً ملوثاً بالإشعاع، فإن بعض الخلايا تكون أكثر تأثراً مثل خلايا الجلد والجهاز الهضمي والدم، ويعد الدم أكثر هذه الأجهزة حساسية للأشعة، وعند التعرض لجرعة ٣٠٠ راد من الأشعة، فإنه يجري انخفاض سريع لمكونات الدم، وتبدأ الخلايا اللمفاوية في الاختفاء، وربما تختفي تماماً خلال يومين، كما ينخفض عدد الصفائح الدموية بصورة كبيرة، ومن الممكن أن يتعرض الإنسان للموت جراء

حدوث نزيف شديد، وإذا زادت الجرعة التي تعرض إليها الجسم إلى ألف راد، فإن إمكانية إصابة الجهاز الهضمي بتلف الغلاف البروتيني المغلف له تتزايد بصورة كبيرة.

أما الجلد، فإن له قدرة أكبر على مقاومة الإشعاعات من الدم والجهاز الهضمي، ولكن إذا تعرض لجرعة كبيرة جداً من أشعة بيتا الخارجية أو الأشعة السينية المنخفضة جداً فإن الجسم يصبح غير قادر على تجديد خلايا الجلد فتصبح أدمة الجلد رقيقة ويحدث تقرحات في الجلد ويفقد الجسم كمية كبيرة من السوائل، قد يترتب عليها وفاته فوراً. كما يتسبب تناول الأغذية الملوثة إشعاعياً في أضرار كبيرة للجهاز التناسلي عند الرجل على وجه الخصوص، وفي حال تعرض الخصيتين لجرعة من الأشعة تبلغ ٦٠٠ راد، فإن هذا يسبب عقماً دائماً عند غالبية الذكور، أما إذا كانت فترة التعرض للإشعاع قليلة فإن ذلك قد يؤدي إلى عقم مؤقت، وتتباين فترة العقم وفقاً لجرعة الأشعة التي يمتصها الجسم. أما الجهاز التناسلي للمرأة فهو أكثر مقاومة للإشعاع، إذ يلزم لحدوث العقم عند المرأة تعرضها لجرعة تبلغ نحو ٣٠٠٠ راد من الأشعة، وتتناقص هذه الجرعة مع تقدم العمر عند المرأة لتصل إلى ٦٢٥ راد، ويعود سبب مقاومة الجهاز التناسلي للمرأة للإشعاع نسبياً إلى عدم وجود انقسام مشابه للخلايا كما هو عند الرجل.

وتتزايد مخاطر الأغذية الملوثة إشعاعياً بالنسبة للأطفال وكبار السن،

وكذا الأجنة التي يحدث لها تشوه إذا ما تعرضت للإشعاع ولو بجرعات بسيطة، ويعود سبب حساسية الأجنة للملوثات إلى الانقسام السريع الذي تشهده خلايا الجنين قبل عملية الولادة وأثناء الحمل، وتكون حساسية الجنين للإشعاع على أشدها في الثلث الأول من الحمل، ففي هذه الفترة تتم عملية تكوين الأعضاء وبعد هذه الفترة تؤثر الأشعة في الجهاز العصبي وبعد الثلث الأول من الحمل يؤدي الإشعاع إلى صغر حجم الرأس وحدوث تخلف عقلي وتشويه الأيدي والأرجل عند المولود، وخاصة إذا زادت الجرعات من الأشعة عن ٢٥ راد وقد دلت الدراسات على أن الأطفال الذين يتعرضون لراد واحد وهم في الثلث الأول من الحمل فتكون نسبة الإصابة بالسرطان نحو ٥% وترتفع الإصابة إلى ١.٥% في حال التعرض بعد ذلك لراد واحد.

كما تؤدي الأغذية الملوثة إشعاعياً إلى الإصابة بالعديد من الأورام السرطانية، وقد أثبتت الدراسات أن الأشعة تستطيع أن تسبب أنواع مختلفة من السرطانات في معظم أنسجة الجسم، وأن تأثير الإشعاعات في الحيوانات يتشابه كثيراً مع تأثيرها في الإنسان وعند اكتشاف حالات تلوث للأغذية فإنه يجب إتلاف هذه الأغذية فوراً، وهو ما يؤدي بالطبع إلى خسائر اقتصادية كبيرة للمنتجين، ولكن البديل هو خداع المستهلك وتركه يأكل أغذية غير صالحة للاستهلاك وتصيبه بأمراض خطيرة.

أما بالنسبة للحيوانات المصابة، فإنها يجب أن تنقل إلى مناطق

مغطاة، مع استعمال الأعلاف المخزنة، وعدم تغذيتها بالأعشاب الملوثة، وفي حالة تلوث الخضروات، فإنه يمكن غسلها بمنظفات ومذيبات خاصة لتخفيف التلوث السطحي إلا هذه الطريقة مكلفة وتحتاج إلى خبراء لديهم القدرة على تنفيذ هذه العمليات، كما يمكن تغطية المحاصيل في حالة انتشار الغبار الذرية، ولكن هذا لا يمكن تنفيذه إلا على نطاق ضيق ومحدود.

ولحماية الأغذية من مخاطر التلوث الإشعاعي، فإنه يجب الاهتمام بإجراء المزيد من البحوث عن كيفية انتقال الإشعاع إلى المواد الغذائية المختلفة، ووسائل تجنب الغبار الذري، كما يجب توعية المواطنين بمخاطر التسرب الإشعاعي، ووضع نظم كفئة لمراقبة التلوث الإشعاعي على المستويين الدولي والوطني، وتبني معايير موحدة لتقييم الأخطار النووية الناجمة عن التلوث النووي للغذاء.

تأثير الإشعاع على الصحة

ان أستخدام اليورانيوم المنضب من قبل الأمريكان في حربي الكويت واحتلال العراق كان مؤثراً للغاية حيث أن غالبية القذائف الخارقة والمضادة للدروع كانت مجهزة لهذا العمل ، هذا فضلاً عن وجود دلالات لاستخدام إسرائيل لهذا العمل في حربها العدوانية الأخيرة على لبنان مما يستدعي توضيح تأثير هذا العامل حيث يعد التلوث الإشعاعي من أكثر

المخاطر على صحة الإنسان والكائنات الحية ، ويقسم التعرض الإشعاعي إلى نوعين (١)

١ـ التعرض الحاد

وهو التعرض إلى الإشعاع لفترات زمنية قصيرة (بضعة دقائق أو ساعات) وعند وصول هذا التعرض إلى جرعات إشعاعية عالية يتسبب في أضرار صحية تتناسب شدتها مع مقدار الجرعة المستلمة وأن هذا النوع من الآثار لا ينطبق على التلوث البيئي باليورانيوم المنضب .

٢ـ التعرض المزمن

وهو التعرض إلى جرعات إشعاعية واطئة تمتد لمدة زمنية طويلة ، هذا النوع من التعرض يحدث تأثيراً مهما كانت الجرعة ، وأن احتمال حدوث التأثير يتناسب مع جرعة الإشعاع المستلة ، أي بمعنى أنه لا توجد جرعة إشعاع لا تسبب ضرراً صحياً وهذا النوع من التعرض ينطبق على التلوث بأسلحة اليورانيوم المنضب .

---

(١) التجارب النووية وسرية الحكومة الأمريكية ـ جلين الكالي، ص١٢٤.

في مجلة علماء الذرة كتب د. كارل مورجان ١٩٧٨ مقالاً عن الظواهر التي يمكن أن تنتج عن تعرض الجسم البشري للإشعاعات وهذه الظواهر هي :

أ. أن الإشعاع يجتاز الخلية ، أو يمر قربها من دون حدوث أي تلف .

ب. قد يقتل الإشعاع الخلية أو يجعلها غير قادرة على الانقسام الخلوي .

ج. الإشعاع يلحق الضرر بالخلية لكن الجسم يصلحها بصورة مناسبة .

د. تتلف نواة الخلية ولكن تبقى للخلية القدرة على العيش والانقسام المتضرر خلال فترة من (٥_٧٥) سنة مولدة بذلك خلايا يجري تشخيصها لاحقاً كسرطان وهذا يعني ببساطة أن مخاطر الإشعاع كثيرة مهما كان مستوى الإشعاع منخفضاً، وهذا ما ينطبق على التلوث الإشعاعي باليورانيوم المنضب .

٣-قد يؤدي التعرض المتزايد للإشعاع المؤمن الناتج من استخدام الاسلحة الإشعاعية إلى :- (١)

١- د.سعاد العزاوي وآخرون ، التلوث البيئي الناجم عن استخدام قذائف DUفي العدوان على العراق ، بحث مقدم ضمن أعمال الدورة العلمية الدولية ٢٠٠٠ ص٥٤

آ- القتل المباشر بالتعرض الحاد لجرعات شديدة جداً .

ب-زيادة الأمراض السرطانية (الجلدية ،الغدة الدرقية ،سرطان الدم وغيرها) نتيجة التعرض لجرعات واطئة بفترات زمنية طويلة تعرض مزمن.

ج- التأثيرات الوراثية نتيجة تلف الخلايا التكاثرية الذي يؤدي إلى حدوث الطفرات الوراثية .

د- التشوهات الخلقية .

٤- تأثيرات الإشعاع الجسدية .

هناك نوعان من الآثار الصحية الناتجة عن الإشعاع وهي التي تعتمدعلى نوع التعرض للإشعاع (١):

١- الآثار السمية أو القاتلة .

٢- الآثار المرضية .

ويعتمد مدى خطورة الأعراض ووقوعها بعد إصابة الجسم كله بالاشعاع على الجرعة الكلية للإشعاع ومعدل وسرعة تلقي الجرعة .

١- د.سعاد العزاوي وأخرون - مصدر سابق .ص٥.

ولتحديد الضرر الناتج من تعرض الإنسان (١) لخطر الإشعاع لابد من تحديد جرعة الإشعاع الممتصة في الجسم البشري والتي تتمثل بحاصل جمع المكافئة المؤثرة والناتجة من التعرض الخارجي والداخلي وأن التأثيرات المبكرة المحتمل حدوثها عند الجرعة الحادة

طرق دخول اليورانيوم المنضب لجسم الإنسان :

١-الاستنشاق : يدخل اليورانيوم المنضب إلى جسم الإنسان عن طريق عملية التنفس عندما يكون بصيغة أوكسيد اليورانيوم (UO_2)أو على شكل دقائق عالقة وتستقر هذه الذرات التي قطرها أقل من ٥ميكرون في الرئتين .

٢- الجهاز الهضمي : تستقر دقائق اليورانيوم المنضب الناتجة عن ارتطام القذائف بأهداف صلبة على الماء والأغذية التي يتناولها الإنسان مما يؤدي إلى دخولها إلى جسم الإنسان حيث يكون تأثيرها مباشراً على الكليتين مسببا ارتفاعاً في يورايا الدم نتيجة اتخاد أيونم اليورانيوم الحر مع أيون البيكربونات في الجسم .

١- سعاد العزاوي وآخرون - مصدر سابق . ص ١ .

٣- الجلد :تدخل ذرات اليورانيوم عن طريق الجلد نتيجة أنتشاره عليه بشكل نترات اليورانيوم المنضب ويقدر ما يتعرض له الجلد من جراعات إشعاعية نتيجة شظايا اليورانيوم المنضب والقذائف من دون حاوية ب ٢٠٠ ملي ريم في الساعة بيتا .

آثار التلوث الإشعاعى الاقتصادية والاجتماعية:

أولاً: الاقتصادية

أن تنظيف الدول المتضررة بالإشعاع يحتاج إلى جهد عالمى كبير ومنظم ولأموال وتخصيصات أعتقد أنها تتجاوز مليارات عدة إن تكلفة الحفاظ على القدرات البشرية ستكون هى التحديد الأهم مستقبلا، وهى تكلفة إذا ما تم احتسابها بموضوعية، فإنها ربما تقترب من تكلفة إعادة الإعمار أو تتجاوزه إلى أضعاف لأن آثار التلوث البيئى بالإشعاع تمتد إلى آلاف السنين فمن المؤكد علميا أن آثار اليورانيوم المنضب ستطال الشفرة الوراثة للأجيال ، وسنكون مستقبلا أمام مواطنين معاقين أو مشوهين خلقيا، وهو ما يضع تكلفة على الدولة لرعايتهم، لذلك ستزداد نسبة الإعالة فى المجتمع، مما يعنى تزايد عدد السكان ضمن سن العمل، ، وسجلت حالات من الإسقاط والاعتلال العصبى وتشوهات الأجنة أكثر بكثير مما كان معتادا ومات زهاء (٥٠ ألف) طفل بأمراض السرطان وعجز الكلية وأمراض أخرى غير معروفة بعد ٨ أشهرمن الولادة.

وقد أشار د٠ جون دانكر أبرز الباحثين فى برنامج الأمم المتحدة لمكافحة التلوث ـ إلى أن متوسط الإعمار فى الدول المنكوبة سيكون الأكثر تأثرا بفعل التلوث من الناحية الديموجرافية إن تنظيف المنطقة من اليورانيوم المنضب سيكون مكلفا وصعبا، لأنه يتطلب تغليف العربات وبقايا الأسلحة وأخذها إلى أماكن محددة لتخليصها من التلوث، بالإضافة إلى إزالة الطبقة السطحية من التربة وبعمق قدم، وتوضع التربة فى حاويات ليتم التخلص منها، بالإضافة إلى البحث عن القنابل غير المنفلقة أن وجود مخلفات اليورانيوم المنضب فى التربة سيترتب عليه حرمان العراق من استثمارها اقتصاديا، وبخاصة للزراعة، علما بأنه لم يتم التوقف عن زراعة أكثر المواقع تلوثا بالإشعاع ، بسبب جهل المزارعين وعدم وجود جهات معنية بالأمر، علما بأن الباحثين العراقيين سجلوا مستويات إشعاع مرتفعة فى المحاصيل الزراعية كما ترجح معظم الدراسات أن تكون مصادر المياه الجوفية فى العراق قد تلوثت بسبب امتداد فترة تعرضها للإشعاع (١٩٩١ ـ ٢٠٠٦)، مما سيمنع العراق من الاستفادة منها ومن المتوقع أن يتسبب تزايد مستويات التشوه الخلقى والإعاقة التى يتركها الإشعاع فى رفع معدل الإعالة فى المجتمع العراقى مستقبلا إلى أكثر من ١ـ ٤، مما يعنى أن ٢٥ % من السكان معاقون وخارج دورة العمل وفى ظل مستويات فقر وبطالة عالية وبنسبة ٥٠ و ٦٠و٧٠ % على التوالى ولأقل التقديرات.

ثانياً : الاجتماعية:-

١- حدوث تشوه فى هيكل التركيب السكانى مستقبلا فى ضوء المعطيات الحالية، إذ أن ٧٠% من الإصابات تطول الأطفال.

٢- انخفاض متوسط العمر فى الدول المنكوبة (العمر المتوقع للحياة) إلى ما دون ٥٠ سنة، مما يؤدى إلى تراجع كبير فى مستويات التنمية البشرية.

٣-حدوث تشوه فى توزيع السكان حسب المناطق.

٤- من الممكن أن يدفع تزايد النشاط الإشعاعى مستقبلا إلى حدوث حراك سكانى باتجاه هجرة سكان المدن الملوثة إلى خارجها.

٥- أن الوقع الأكبر فى الإشعاع سينعكس على تدمير الشفرة الوراثية للمواطنين والتى ستنقل لأجيال قادمة .

٦- مثلما هو محسوس، فإن تزايد وتيرة وجود معاقين أو مشوهين خلقيا فى الأسر من شأنه أن يضفى ملامح اجتماعية قاتمة على هذه الأسر تجاوزها لاتفاقية لاهاى الأولى عام ١٨٩٩والثانية عام ١٩٠٧، واتفاقيتى جنيف الأولى والثانية عامى ١٩٢٥ و١٩٤٩، وكذلك بروتوكولاتها الإضافية عام ١٩٩٧ بالإضافة إلى مبادئ القانون الدولى الإنسانى وميثاق الأمم المتحدة وأبرزها المادة (٥٤) من معاهدة جنيف يحظر مهاجمة أو تدمير أو نقل أو إتلاف الأشياء التى لاغنى عنها للسكان المدنيين هذا التوصيف ينطبق بمجمله على أفعال الولايات

المتحدة والغرب فى الدول العربية والاسلامية ، فإن المطلوب من العالم تخفيف أو الحد من المجزرة التى ترتكب بيئيا فى بلداننا من خلال الآتى:-

١- تقديم الولايات المتحدة لكشف تفصيلى للمناطق التى استخدمت فيها هذه الأسلحة المحظورة.

٢- رفع المقذوفات غير المنفلقة وبخاصة فى المناطق الصحراوية

٣- تنظيف المناطق الملوثة.

٤- تقديم الرعاية الطبية لكل الذين تعرضوا للإشعاع.

٥- دفع تعويضات عن المتوفين بأمراض السرطان المتأتى من الإشعاع .

٦- تحديد مناطق طمر النفايات على أن تكون موسومة ومعلومة للسكان.

٧- المساهمة فى إقامة مراكز لمراقبة النشاط الإشعاعى فى الدول المنكوبة