الفصل الثامن

التلوث الإشعاعى

- تلوث الإشعاعى
- مصادر التلوث الإشعاعى
- دورة الوقود
- الحوادث النووية
- مسلك المواد المشعة
- الآثار الوراثية للتلوث الإشعاعى
- الجرعات الإشعاعية

مقدمة

يقصد بالتلوث الإشعاعى وجود قدر من المواد المشعة المصنعة فى البيئة سواء فى التربة أو فى مواد المسكن أو فى الهواء أم فى الطعام والماء. ويقصد بالمواد المشعة المصنعة تلك المواد التى أنتجها الإنسان باستخدام المعجلات أو المفاعلات النووية ليستخدمها فى توليد الطاقة من المصادر النووية أو فى الأغراض الطبية أو الصناعية أو الزراعية أو غيرها. وهذه تختلف عن المواد المشعة الطبيعية التى خلقها الخالق سبحانه وتعالى فى البيئة التى نعيش فيها وتتمثل أساسا فى نظائر اليورانيوم والثوريوم ونواتج تفككها وفى البوتاسيوم. ويتفاوت تركيز هذه المواد المشعة الطبيعية فى البيئة تفاوتا كبيرا وقد تسبب أخطار إشعاعية فادحة للبشر الذى يقطنون تلك البيئة، إلا أن هذه المواد لا تندرج ضمن مواد تلوث الإشعاعى لأنها طبيعية وليست مصنعة وإشعاعها فى جو الأرض مقدر من عند الله سبحانه وتعالى من غير ضرر على البشرية يقول تعالى "وكل شئ خلقناه بقدر".

مصادر التلوث الإشعاعى

أ- التفجيرات الجوية

تعتبر التفجيرات الجوية من الأنشطة المساهمة فى التلوث الإشعاعى للبيئة، ففى خضم سباق التسلح فى العالم تمت سلستان من تجارب التفجيرات النووية فى الجو. وكانت السلسلة الأولى فى الخمسينات من القرن العشرين، عندما قامت كل من الولايات المتحدة الأمريكية والاتحاد السوفيتى حينذاك والمملكة المتحدة بإجراء عدد كبير من تجارب التفجيرات النووية. وتمت السلسلة الثانية التى كانت أعظم أثرا فى تلوث البيئة فى بداية الستينات من نفس القرن.

وحتى عام 1980م، بلغ عدد التفجيرات النووية في جو الأرض حوالى 450 تفجيرا، شكلت فى مجملها قوة تدميرية هائلة بلغت 545 ميجا طن من المواد شديدة الانفجار.

وبعد عام 1980م، أصبحت جميع التجارب النووية تجرى تحت سطح الأرض، ولقد تم إجراء 1000 تفجير نووى تحت سطح الأرض وحتى عام 1990م. وبذلك يكون إجمالى القدرة التدميرية التى أجريت منذ بدء التجارب النووية فى الجو وتحت سطح الأرض هو 625 ميجا طن. وهذا المقدار ضئيل بالنسبة لترسانة الأسلحة النووية فى العالم. وتبعا لنوع التفجير النووى تتولد كمية هائلة من نواتج الانشطار المشعة وتتساقط فضلات الانشطار على سطح الأرض

وتعلق غالبية النواتج المشعة فى الطبقة السفلى من الغلاف الجوى حيث تحمل الرياح هذه النواتج المشعة إلى جميع أرجاء الكرة الأرضية عند نفس الارتفاع تقريبا. ومع الانتقال، يتساقط جزء من هذه المواد على سطح الأرض بالتدريج ويندفع الجزء الأخر من هذه المواد المشعة إلى الطبقة التالية بارتفاع 10- 40 كم حيث تبقى شهورا طويلة، وتعود فتتساقط على سطح الأرض من جديد.

وتتضمن الأنواع المختلفة من التساقط الذرى هذه الناتجة عن التفجيرات النووية كثير من المواد الملوثة، من أهمها: الكربون والسيزيوم والزركونيوم والسترونشيوم والسلينيوم واليود الذى ينطلق بكميات هائلة عن التفجيرات الانشطارية.

ب- التفجيرات الأرضية

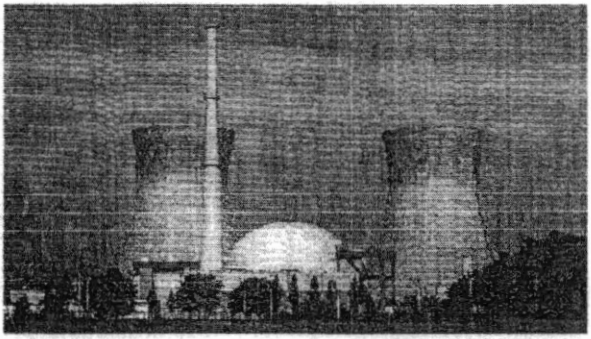
ينتج عن التفجيرات التى تجرى تحت سطح الأرض عدد مئات من المواد المشعة، إلا أنها لا تخرج من باطن الأرض وتبقى حبيسة هناك باستثناء اليورانيوم 131 المشع الذى تخرج منه نسبة ضئيلة إلى سطح الأرض فتلوثه.

دورة الوقود

يكمن المصدر الثالث للتلوث الإشعاعى للبيئة فى مفاعلات إنتاج القوى الكهربائية (كما هو موضح بالشكل 8-1)، وفى منشآت دورة الوقود النووى المرتبطة به سواء بسبب التشغيل الروتينى الذى يمثل نسبة ضئيلة من التلوث أو بسبب وقوع الحوادث النووية فى هذه المنشآت. وتمثل النسبة الكبرى للتلوث الإشعاعى ويمكن أن تنطلق إلى البيئة كمية من المواد المشعة الملوثة فى كل مرحلة من المراحل المختلفة لدورة الوقود، وهى:

المرحلة الأولى

ويتم فيها استخراج اليورانيوم من الأرض حيث يتم استخراج نصف الخام منه من المناجم المفتوحة والنصف الأخر من مناجم فى باطن الأرض. ويخزن الخام فى كلتا الحالتين بالقرب من المطاحن التى تسهم بالقرب الأكبر من التلوث نتيجة لكبر حجم المخلفات التى تنتج عنها.



شكل (8-1): تسرب الملوثات للبيئة من مفاعلات إنتاج القوى الكهربائية.

المرحلة الثانية

ويتم فيها معالجة اليورانيوم بعمليات تنقية وعمليات إثراء لزيادة نسبة اليورانيوم، وينتج عن هذه العمليات انطلاق كميات قليلة نسبيا من النويدات المشعة للبيئة، وغالبا ما تكون فى شكل سائل أو غاز.

المرحلة الثالثة

ويتم فيها تكوين بضع مئات من النويدات المشعة داخل قلب المفاعل أثناء التشغيل الروتينى نتيجة لعمليات الانشطار والتشعيع، وتتفاوت كمية هذه النويدات المشعة داخل قلب المفاعل تبعا لنوعيته وقدرته وزن تشغيله. ويبلغ مخزون النويدات المشعة بعد فترة تشغيل كافية داخل مفاعلات الماء المضغوط أو مفاعلات الماء الخفيف بقدرة 1000 ميجاوات حوالى 1×10^{19} بيكرل وحتى 4×10^{19} بيكرل.

المرحلة الرابعة

وتبدأ بإعادة معالجة الوقود المستهلك لفصل اليورانيوم والبلوتنيوم الناتجين لإعادة استخدامهما. ويتم هذا العمل فى عدد محدود من المصانع فى العالم، أهمها: فى فرنسا والمملكة المتحدة. وتؤدى إعادة معالجة الوقود إلى إنطلاق كميات من النويدات المشعة للبيئة وبعض المواد الأخرى التى تصدر جسيمات بيتا وألفا.

المرحلة الخامسة

وتتمثل فى التخلص من النفايات المشعة عالية المستوى الإشعاعى بعد عمليات الفصل التى تتم فى المرحلة الرابعة. وحتى الآن لم يتم التخلص من هذه النفايات الخطيرة، ومازالت السلطات الوطنية تختزنها بحثا عن أنسب الطرق للتخلص منها.

جـ - الحوادث النووية

تحدث انطلاقات وتسربات كبيرة للمواد المشعة إلى البيئة نتيجة لوقوع حوادث نووية فى المفاعلات أو المصانع المختلفة. وسوف نستعرض أهم الحوادث التى حدثت، ومقدار التسرب الناتج من المواد المشعة الملوثة للبيئة فى كل منها، وذلك على النحو كالتى حدثت فى كل من:

- كيشيتم 1957م بجنوب جبال الاورال بروسيا وقد وقع فى مصنع عسكرى لإعادة المعالجة.
- مفاعل وندسيكل بالمملكة المتحدة عام 1957م.
- مفاعل ثرى مايل آيلند بالولايات المتحدة عام 1979م.
- مفاعل تشرنوبل بأوكرانيا 1986م.

وغيرهم من حوادث المفاعلات فى الدول النووية. ويعتبر التلوث الإشعاعى الناجم عن توليد القوى النووية ودورة الوقود والحوادث المرتبطة بها غير قاصر على منطقة المنشأة النووية فحسب وأنما يتعداها إلى حدود بعيدة تصل إلى عدة آلاف من الكيلومترات.

الآثار الوراثية للتلوث الإشعاعى

إن للإشعاع أثارا وراثية، وتنقسم الآثار الوراثية إلى مجموعتين رئيسيتين. تحدث الأولى نتيجة وقوع خلل فى الكروموسومات، يتمثل فى حدوث تغيير عددها أو تركيبها. أما المجموعة الثانية فتنتج عن حدوث طفرات فى المورثات ذاتها.

ومن الجدير بالذكر أنه عندما يتعرض الذكور فقط لجرعة مكافئة مقدارها 1 سيفرت من الإشعاعات المنخفضة فإنه يترتب على ذلك حدوث ما بين 1000 إلى 2000 طفرة حادة، وما بين 30 إلى 1000 أثر حادث ناتج عن خلل فى الكروموسومات، وذلك فى كل مليون ولادة. فى حين أن عدد الطفرات يتراوح ما بين صفر إلى 900 لكل مليون ولادة، فى حين يتراوح عدد حالات خلل الكروموسومى ما بين صفر إلى 300 حالة لكل مليون ولادة فى النساء.

كما أن التعرض المستمر للإشعاع لمدة جيل واحد يؤدى إلى نحو 2000 حالة حادة من الأمراض الوراثية لكل مليون مولود تعرض أحد أبويه للإشعاع.

لقد تم تأسيس اللجنة الدولية للحماية الإشعاعية عام 1928م حيث قامت بإصدار توصياتها فى وضع مواصفات العمل فى مجال الإشعاع. واستمرت هذه اللجنة إلى يومنا هذا فى تطوير التعليمات والتوصيات الخاصة بكل ما يتعلق بالإشعاع مع غيرها من الهيئات الدولية والوطنية، مثل: الهيئة الدولية لوحدات الإشعاع وقياسه، والوكالة الدولية للطاقة الذرية. كما قامت منظمة الأمم المتحدة بإنشاء اللجنة العلمية لتأثير الإشعاع الذرى ومنظمة العمل الدولية ومنظمة الصحة العالمية. ولقد لقى الإشعاع وتأثيراته وطرق الوقاية منه اهتماما كبيرا. كذلك، حماية الإنسان والبيئة من التأثيرات الضارة للإشعاع، الجسدية منها والوراثية، مع السماح للاستخدامات المفيدة للإشعاع والمواد المشعة. ولقد تم وضع البرامج الخاصة للحماية من للإشعاعات، والتى تهدف إلى:

- تبرير الأعمال التى تتضمن التعرض للإشعاعات.
- تقليل حدوث التأثيرات التى تتولد فى الشخص المتعرض للإشعاع كاحمرار الجلد والحروق الإشعاعية والمرض الإشعاعى وفقد المناعة.
- تخفيض حدوث التأثيرات التى لا يوجد لها حد آمن من التعرض الإشعاعى. لهذا، لا يمكن اعتبار أى تعرض للإشعاع مهما قل بأنه آمن، ويزداد احتمال ظهور تلك التأثيرات مع ازدياد جرعة الإشعاع.

الجرعات الإشعاعية

لقد قامت الهيئة الدولية للحماية الإشعاعية عام 1977م بإصدار توصياتها بوضع نظام لتحديد الجرعات الإشعاعية للإنسان، وتشتمل الجوانب الرئيسية لنظام تحديد الجرعة الإشعاعية على الاتى:

1- التبرير

يجب إلا يتم القيام بأى عمل فى ميدان الإشعاع أو تتم الموافقة عليه ما لم تتحقق منه منفعة ايجابية.

وعلى ذلك يمكن تبرير العمل المتضمن التعرض للإشعاع بدراسة مزاياه ومساوئه للتأكد من أن الضرر الكلى الذى ينتج عن العمل المقترح يكون أقل بصورة من مزايا استخدامه، فإذا فرض أن:

الفائدة الصافية (أ) والفائدة الكلية (ب) وكلفة الإنتاج (ج) وكلفة الحصول على مستوى مختار من الوقاية (د) وكلفة الضرر الناتج عن التشغيل أو الإنتاج

والتخلص من الإنتاج (هـ)، فيمكن وضع معادلة الضرر والفائدة على النحو التالى:

$$أ = ب - (ج + د + هـ)$$

وتعتبر حساب الحدود فى المعادلة المذكورة لغرض التقدير المطلق اللازم لتبرير العمل بالإشعاعات ليس سهلا، لذلك يتم اللجوء إلى التقدير النسبى الذى يتم بالمقارنة مع مبررات الطرق البديلة عن الإشعاع.

2- الحالة المثلى للحماية الإشعاعية

إن جميع حالات التعرض للإشعاع يجب خفضها إلى أقل قدر ممكن، ولمعرفة ما إذا كان خفض التعرض للإشعاع قد تم بصورة معقولة أم لا فإنه من الضرورى الأخذ فى الحسبان الموازنة بين زيادة الفائدة من هذا الخفض وزيادة التكاليف. ولزيادة الفائدة الصافية إلى أقصى قدر ممكن يؤخذ تفاضل معادلة التكلفة والفائدة بالنسبة لمتغير غير معتمد يعرف بالجرعة المكافئة المتجمعة.

تعتبر الحماية من الإشعاع مثالية عندما يكون مجموع تكاليف الوقاية (د) وتكاليف الضرر من الإشعاع (ب) أقل ما يمكن. ويساعد فى عملية التقويم المستند إلى معادلة التفاضل المشار إليها وضع قيمة نقدية للجرعة المتجمعة.

وبالتالى عند تصميم مصادر الإشعاع ووضع خطط استخدامها وتشغيل المنشأة ينبغى أن يكون تقليل التعرض للإشعاع مع الأخذ فى الحساب العوامل الاقتصادية والاجتماعية للمجتمع.

معالجة الطوارئ الإشعاعية

الطارئ الإشعاعى هو أى حالة تؤدى إلى خطر إشعاعى غير متوقع، كما حدث فى حادث مفاعل تشرنوبل سنة 1986م. وقد يحدث الطارئ الإشعاعى للأسباب الآتية:

- انفجار الحواجز الواقية، حيث يؤدى إلى مستويات عالية من الإشعاع.
- انفجار الوعاء الحاوى، حيث يؤدى إلى انطلاق المواد المشعة.
- التولد السريع لمصدر مشع كبير مع مستويات عالية من الإشعاع.

وما سبق أن ذكرناه قد ينجم لأسباب تقليدية، مثل: خلل ميكانيكية أو حريق أو فيضان أو حادث نقل أو عوامل بشرية أو غيرها.

ومن الأمور الهامة اكتشاف أية حالة غير طبيعية فى المنشأة الإشعاعية وبسرعة، فإذا ما اكتشف مثلا حادث فقدان حواجز واقية مباشرة، وتم الإخلاء الفورى فإن الجرعة المتعرض لها العاملين ستكون صغيرة جدا. أما إذا كان عمال التشغيل ممن هم عرضة للإشعاع ليس على دراية بالحادث فقد يتعرضوا لجرعات عالية جدا قد تكون قاتلة أو على الأقل مسببة للأمراض السرطانية.

وينبغى التخطيط المسبق للتعامل مع حالات الطوارئ فى مرحلة التصميم لأى منشأة نووية.