الفصل الحادي عشر

النفايات الإشعاعية

obeikandl.com

obeikandl.com

الفصل الحادي عشر
النفايات الإشعاعية

11ـ 1 مقدمة:

قبل اكتشاف الانشطار النووي واستعماله مصدرًا للطاقة، لم يكن طرح النفايات الإشعاعية يسبب أي مشكلة تذكر، فلقد قدر أن مجموع المواد المشعة المستعملة في البحث والطب عام 1938م كانت أقل من 30 تيرابيكريل، وهذا ما يماثل استخراج ما يقارب كيلو غرام واحد من الراديوم من المصادر الطبيعية، في حين مفاعل كبير واحد لتوليد الطاقة ـ اليوم ـ يحتوي على ما يزيد على 810 تيرابيكريل من المواد الانشطارية، فكيف بوجود مئات عدة من مفاعلات الطاقة في العالم! ومع زيادة التأكيد على حماية البيئة، فقد صارت السيطرة على هذه النفايات تشكل عاملاً حيويًّا في اقتصاديات الطاقة النووية وفي تقبل الناس لها.

وتتزايد النفايات الإشعاعية ـ ولو على نطاق صغير جدًّا ـ في كل من المستشفيات والمصانع ومنشآت البحوث ومعاهد التدريس نتيجة التطبيقات ذوات المدى الواسع للإشعاع، ويصبح استعمال محطة المعالجة المعقدة للنفايات كالمستخدمة في محطات الطاقة النووية ـ في مثل هذه الحالات ـ مستحيلاً لغلائه، تستخدم طرق تخلص أبسط قد تشمل التخلص منها خلال تجميع النفايات المعتاد أو خلال أنظمة المجاري. ومن الواضح أنه لا بد من إدراك عواقب كل هذه التصرفات، ومن ثم لا بد من ممارسة سيطرة صارمة.

والمواد المشعة لا يمكن تحطيمها، ولكنها تضمحل في النهاية، ولكنه ليس من العملي انتظار اضمحلال بعض النويدات المشعة ذوات أعمار النصف الطويلة جدًّا.

هناك ثلاثة اتجاهات عامة للسيطرة على النفايات الإشعاعية:

(1) الإطلاق والتبديد نحو البيئة.

(2) الخزن. (3) الطرح.

وبالطبع، ربما يفهم ـ إلى حد ما ـ أن إطلاق المواد المشعة نحو البيئة يتضمن الطرح، غير أنه من المفيد التمييز بين التبديد المدروس، وطرق الطرح التي يتم فيها دفن النفايات؛ كي يتم عزلها ـ ولو مؤقتاً ـ عن البيئة ولا يتوقع استرجاعها[1].

وحزن الفضلات المشعة يُعدّ بصورة خاصة إجراءً مفيداً عند التعامل مع النظائر المشعة ذوات عمر النصف القصير نسبيًّا (أي بحدود أشهر عدة).

إن الخزن أو الاحتفاظ بالفضلات سنوات عدة يمكن أن يخفض الإشعاعية إلى مستوى يسمح بإطلاقها في البيئة أو في أماكن إلقاء القمامة إذا ما كانت هذه الفضلات صلبة.

والاتجاه المرغوب في حالة ما، يعتمد على عوامل عدة: مثل كمية المادة المشعة ونوعها، وكل من هيئتها الكيميائية والفيزيائية، وكذلك على الموقع الجغرافي. وسيناقش هذا الفصل تطبيق هذه الاتجاهات البديلة للسيطرة على كل من النفايات الصلبة والسائلة والغازية.

11ـ2 عواقب إطلاق المواد المشعة :

يشكل أي إطلاق لمادة مشعة مصدراً كامناً للتعرض الإشعاعي للسكان بشكل واسع. ويمكن للتعرض الإشعاعي أن يوجد من خلال عدة سبل تعرض مختلفة، فعند افتراض تسرب المواد المشعة من ركام مدخنة – مثلاً– فإنها تتبدد بواسطة حركة الهواء، وهذا قد يؤدي إلى تعرض السكان للإشعاع بطرق عدة منها:

(1) إشعاع بيتا أو جاما الخارجي المباشر من سحابة الغبار.

(2) استنشاق المادة المشعة فينتج عن ذلك جرعة داخلية.

(3) إشعاع بيتا أو جاما الخارجي المباشر من غبار (سقط) المادة المشعة.

(1) النص الإنجليزي غير واضح؛ لذا صيغت الفقرة بشكل مفهوم بناءً على معرفتنا بالطريقة.

(4) استهلاك المواد الغذائية (كالخضراوات) الملوثة من الترسب.

(5) استهلاك اللحم أو الحليب من حيوانات ترعى في المراعي الملوثة.

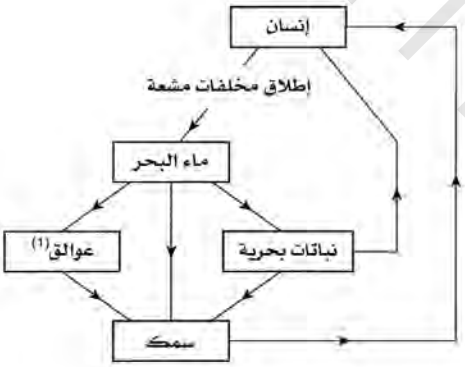
ومثل ما تقدم، يمكن أن ينتج عن طرح المواد المشعة في نهر أو بحيرة أو بحر، عدة سبل تعرض إشعاعي:

(1) تلوث مصادر مياه الشرب.

(2) جرعة خارجية للسباحين أو الناس الذين يستعملون الشواطئ الرملية (البلاجات) الملوثة.

(3) استهلاك كل من الأسماك والمحّار والنباتات الملوثة.

تنتج بعض سبل التعرض عن دورات معقدة تعرف بدورات أو سلاسل الغذاء، وعلى سبيل المثال، فالمادة الإشعاعية المرمية في البحر قد تؤخذ من قبل العوالق التي تتغذى عليها الأسماك، والتي بدورها تؤكل من قبل الإنسان، ويوضح الشكل (11- 1) -على سبيل المثال- دورة بسيطة للغذاء البحري.



شكل (11-1) دورة بسيطة للغذاء البحري

(1) العوالق: كائنات حيوانية أو نباتية صغيرة معلّقة أو طافية في المياه.

لقد تبين أنه غالباً ما يكون هناك مسار محدد بعينه أكثر أهمية من غيره في حالة ما، إذ إنه يسبب جرعة أكبر، ويقع ـ أحياناً ـ على مجموعة صغيرة من الناس، فيسمى المسار حينئذ سبيل التعرض الحرج، ويطلق على مجموعة الناس الذين يتعرضون لأكبر جرعة منه المجموعة الحرجة.

تكمن أهمية تحديد سبيل التعرض الحرج في كونها تسمح بالسيطرة عليه من حيث كمية المادة المشعة المطروحة، وتحديد الجرعة على المجموعة الحرجة. وتعتمد المجموعة الحرجة في حالةٍ ما، على كل من: طريقة الطرح، والنويدات الموجودة، والبيئة المحلية (كأشكال الحياة البحرية... إلخ)، وكذلك على العادات المحلية.

تقدم محطة معاملة الوقود في سيلافيلد في المملكة المتحدة مثالاً تقليديًّا لتطبيق هذه الفكرة. ففي هذه المحطة يعامل الوقود المشع من المفاعلات كيميائيًّا لاسترجاع اليورانيوم والبلوتونيوم، أما بقية العناصر ـ وبضمنها المواد الانشطارية والعناصر العالية العدد الذري (Actinides) ذوات النشاط الإشعاعي الحاد ـ فإنها تحوّل جميعًا إلى مواطن الخزن الخاص (انظر مبحث (11-3) المقبل)، ولكن نسبة صغيرة من المواد المشعة تظهر ـ على أي حال ـ في مجاري النفايات الثانوية، التي تسمح ببعض الاضمحلال بعد مدة من الخزن، ومن ثم تفرغ في البحر الأيرلندي عبر كيلومترين من الأنابيب.

قبل إطلاق أي مادة مشعة من المحطة في البحر، أجريت دراسة مستفيضة لتقدير كمية المادة المشعة التي يمكن تفريغها بأمان، وتضمنت هذه الدراسة فحص تيارات المد والجزر المحلية والتبديد الحاصل، وكذلك البيئة المحلية. لقد أظهرت الدراسة التي تمت قبل البدء بعملية التفريغ، أن هناك ثلاثة سبل رئيسة للتعرض، وهي: ترسب المواد المشعة في الرمل أو الطمي، وفيما يمتص أو يمثل من قبل الأسماك، وكذلك من قبل أنواع من الطحالب البحرية الصالحة للأكل.

وقد سبق في الذهن أن السبيل الأخير أكثرها أهمية، وتم التأكد من ذلك بعدما تمّ تشغيل المحطة بكامل طاقتها، حيث ارتفع هذا السبيل بسبب أن أحد العناصر الانشطارية المسمى الرثينيوم - 106 قد امتص بكفاءة عالية، أعيد تركيزه بشدة بواسطة الطحلب البحري بروفيرا امبيليكالس (Prophyra umbilicalis) الذي كان يجنى آنذاك من ساحل قرب سيلافيلد من أجل صناعة أكلة تدعى ليفربريد (Laver bread)، التي تستهلك في جنوب مقاطعة ويلز ما جعل جرعة الرثينيوم - 106 (^{106}Ru) على القناة الهضمية لمستهلكي الليفربريد هي العامل المتحكم في كمية المادة المشعة التي تفرغ في البحر. لقد انقطع في النهاية جني هذا الطحلب، وتمّ التركيز على السبل الأخرى للتعرض، وشملت البلوتونيوم في البرونق[1] والسيزيوم في السمك.

إن الطرح الملحوظ للمواد المشعة على الرمال والطمي والسواحل ومصبات الأنهار، يقود من ثم إلى جرعة إشعاع خارجية على الذين يستعملون السواحل الرملية، وعلى صيادي الأسماك عندما يمسكون ـ مثلاً ـ الشِّباك والمعدات.

إن إعادة تعلق الإشعاعية في الجو عندما تجف السواحل حدد على أنه أحد طرق التعرض الممكنة، وينتقل من البحر عن طريق رذاذ البحر إلى الجو ومنه إلى اليابسة، وهذا قد يكون ذا أهمية خاصة في حالة الكميات الصغيرة نسبيًّا للبلوتونيوم وأكتينات أخرى.

فالمادة المشعة التي تبتلعها الأسماك ـ في البداية ـ هي السيزيوم - 137 (^{137}Cs) الذي يذوب في ماء البحر، وبسبب أن عمر نصفه ثلاثون سنة، فإنه ينتشر في مساحة واسعة جدًّا، ويؤدي إلى تركيز ملموس ـ على الرغم من ضآلته ـ ليس في البحر الأيرلندي فحسب، بل في بحر الشمال أيضاً وحتى بحر النرويج. ومن ثم يؤدي إلى تركيز منخفض، ولكنه محسوس في الأسماك المصيدة في منطقة واسعة جدًّا.

(1) البرونق: ضرب من الحلازين البحرية.

ومن النقاط المهمة التي برزت من خبرة سيلافيلد، هي أنه عند إطلاق نظائر مشعة ذوات عمر نصف طويل مثل البلوتونيوم في البيئة يمكن أن تؤدي إلى تأثير إشعاعي مستمر.

وقد خفضت حديثاً مستويات التفريغ بشكل كبير، وأصبح الأثر الإشعاعي منخفضًا في جميع سبل التعرض الإشعاعي.

هناك سبيل مهم للتعرض في حالة الإطلاق في الجو، وهو أخذ اليود المشع وبخاصة اليود - 131 (I^{131}) في الغدة الدرقية، نتيجة لإطلاق نواتج الانشطار للجو، وربما يكون هذا التمثل بسبب استنشاق اليود المنتشر جوًّا، أو من استهلاك حليب البقر التي ترعى الأعشاب الملوثة. وفي كلتا الحالتين يشكل الأطفال المتعرضون مجموعة حرجة، وذلك بسبب كمية الحليب الكبيرة التي يشربونها مقارنة بحجم غددهم الدرقية.

في جميع الحالات سالفة الذكر، توضع حدود التفريغ لتكون أقل ما يمكن الوصول إليه، بحيث تتعرض المجموعة الحرجة إلى جرعة دون المستوى الأقصى المسموح به.

3.11 المخلفات المشعة السائلة:

لقد استخدمت طرق عدة في إدارة المخلفات المشعة السائلة، فإذا كان مستوى الإشعاعية منخفضاً جدًّا، فإن المخلفات السائلة يمكن التخلص منها، إما بوصفها مخلفات تجارية في المجاري أو إلقائها مباشرة في النهر أو البحيرة أو في المياه الساحلية. وكما أسلفنا فإن الخزن قد يكون مفيداً للسماح للنظائر المشعة ذات العمر القصير بالاضمحلال، وفي هذه الحالة توفر خزانات عدة للتأخير، وعندما يمتلئ أحدها يفصل ويترك حتى تنخفض الإشعاعية فيه إلى مستوى مقبول لتفريغه، وقبل التفريغ يجري خلط محتويات الخزان، وتؤخذ عينة منه يتم تحليلها للتأكد من أن إشعاعيته بالحدود المقبولة.

أما المخلفات السائلة ذات الإشعاعية النوعية المرتفعة؛ فيمكن معالجتها بتبادل الأيونات أو التبخير أو المعالجة الكيميائية يتبعها الترشيح، إن هذه العمليات تؤدي إلى

تركيز المادة المشعة من المخلفات المشعة إلى أحجام أصغر بكثير من الفضالة أو الوحل التي قد تكون مناسبة لتحويلها إلى مخلفات صلبة للخزن أو الرمي، أما الدفق السائل من هذه العمليات فيكون عادة ذا إشعاعية منخفضة بدرجة تسمح برميه.

والتفريغ عبر المجاري طريقة ملائمة جدًّا للمستشفيات، ومعاهد البحوث، ومنشآت أخرى، عندما يكون الحجم والإشعاعية النوعية منخفضين، ولكن القيود عليها شديدة، والأمور الأساسية التي يجب أخذها في الحسبان هي تلوث المياه وجدران المجاري، وأعمال المجاري تصبح ملوثة وينتج عنها خطر على العاملين فيها. إضافة إلى ذلك، فإن رواسب المجاري الطينيّة غالباً ما تستعمل بوصفها مخصبات، فإذا ما صارت ملوثة، فإنها قد تؤدي إلى تلوث المحاصيل.

ويتحدد تفريغ المادة المشعة في الأنهار بنتائج استخدام ماء النهر، إذ إن معظم الأنهار الأوروبية الرئيسة تشكل مصادر لمياه الشرب وسقي المحاصيل والمواشي. وتعني هذه الافتراضات أن التفريغ في الأنهار محدد بكميات تقارب بضعة تيرابيكريات في السنة، وتعتمد الكمية الحقيقية على الظروف المحلية. وكذلك الأمر بالنسبة إلى البحيرات، فإن التبديد المقيّد يحدد ـ عادة ـ معدلات التفريغ لمعظم النويدات إلى مستويات منخفضة نسبيًّا. ومرة أخرى، فإن الحدود المثالية بضعة تيرابيكريات في السنة أيضاً.

يمكن مبدئيًّا تفريغ كميات كبيرة نسبيًّا من المواد المشعة في البحر، مع اتخاذ الخطوات الكافية للتأكد من التخفيف والتبديد اللازمين. وحدود التفريغ تمليها عادة دورات الغذاء المتضمنة تأثيرات إعادة التركيز على الكائنات البحرية كما شرح في مبحث (11- 2)، إن تفريغ مئات التيرابيكريل[1] في معظم مواقع السواحل ممكن دون أن يقود إلى جرعة زائدة إلى المجموعة الحرجة، ولكن إطلاق المواد المشعة في البيئة أمر مثير

(1) التيرابيكريل: يساوي 10^{12} بيكريل.

للنزاع، غير أنه ينبغي التثبت أن الإطلاق والجرعة التي يولدها للمجموعة الحرجة أقل ما يمكن الحصول عليه بشكل معقول.

إن معاهدة حماية البيئة البحرية لبحر الشمال الأطلنطي (المعروفة بمعاهدة **OSPAR**) التي وقعها الاتحاد الأوروبي (**EU**) وُضعت لمنع تلوث المنطقة البحرية من الإشعاع الذري من خلال التقليلات التدريجية والملحوظة للتفريغ ولإطلاق وفقدان المواد المشعة، مع وضع هدف نهائي لتراكيزه في البيئة قريبة من قيم المواد المشعة الموجودة طبيعيًّا وجرعة صفر للمواد المشعة المصنعة، وهذا يزيل كل التفريغ إلى البحر بوصفه خيارًا ملحوظًا في إدارة المخلفات.

ومهما كان صنف التفريغ فإن هذه السماحات ينبغي أن تبقى تحت المراجعة الدائمة، ولا بد من التثبت من خطوات العمل بواسطة مناهج مراقبة واسعة تشمل قياسات لماء البحر والأسماك والطحالب، وكذلك لقاع البحر.

11-4 المخلفات الغازية المشعة:

يشكل إطلاق المواد المشعة نحو الجو سبلاً تعرض مباشرة أكثر منها في أشكال الطرح الأخرى، ومع بعض الاستثناءات القليلة -كالغازات الخاملة- فإن حدود الطرح منخفضة جدًّا. تشمل سبل التعرض كلاً من **التشعيع الخارجي والدثور والهضم** بواسطة الطرق المختلفة (انظر مبحث 11- 2).

إن التفكير السائد هو تقليل المواد المشعة التي تطلق نحو الجو إلى الحد الممكن عمليًّا، ثم إطلاقها بطريقةٍ ما للحصول على طرح مناسب. والطرق المتوافرة عمليًّا لإنجاز هذه الأعمال هي:

(1) الترشيح من أجل إزالة الدقائق المشعة.

(2) أنظمة غسيل أو امتزاز[1] (ادمصاص) لتقليل إشعاعية الغازات.

(3) التبديد خلال المداخن.

يشكل الترشيح طريقة شائعة جدًّا، فهو يستخدم ـ عادة ـ في أي منطقة تحتوي على المواد المشعة.

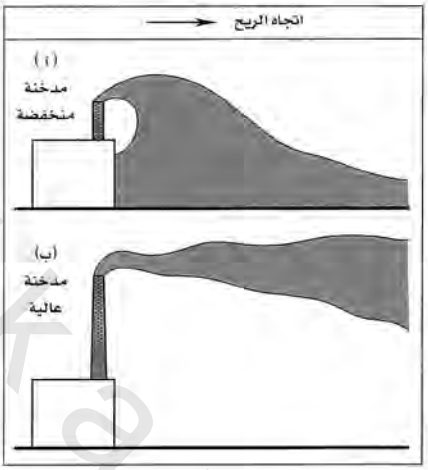
تعتمد كفاءة المرشح على حجم الجسيمات، ولكنها غالباً ما تتراوح بين 95٪ وحتى 99.9٪، ولا بد من التذكير أن المرشحات بذاتها ستصبح مشعة. ولهذا، فعندما يراد تغييرها يجب إمساكها بعناية وتعامل بنفسها بوصفها مخلفات إشعاعية صلبة. أما وحدات الغسيل ومعدات الامتزاز فهي ضخمة وغالية؛ لذا فهي لا تستعمل إلا في المؤسسات الكبيرة كمجمعات المفاعلات النووية.

عندما يتعلق الأمر بكميات صغيرة نسبيًّا من المواد المشعة، فإن إطلاقها نحو الجو يكون عادة بالتفريغ المستخلص ـ عند أو حتى أقل ـ من مستوى السقف. ولا بد من العناية الكافية عند اتخاذ مواقع هذه المستخلصات، إذ إن دوامات وتيارات الهواء تحت ـ ظروف جوية معيّنة ـ تجعل المادة المشعة التي أطلقت تعود إلى البناية نفسها خلال منافذ الهواء، بل حتى عبر الشبابيك المفتوحة.

يفضل استعمال المداخن، ولكن تكلفتها الإضافية لا تبرر استعمالها إلا عند إطلاق كميات كبيرة من المواد المشعة، ولا بد أن يكون ارتفاع هذه المداخن ـ بشكلها المثالي ـ يتراوح ما بين الضعف إلى ثلاثة أضعاف ارتفاع الأبنية المحيطة من أجل الحصول على تبديد جيد. وهذا ما يوضحه الشكل (11-2) الذي يبيّن التبديد الحاصل من المداخن القصيرة (صورة أ)، وكذلك المداخن العالية (صورة ب) الموجودة فوق بنايات عالية. وحتى في المداخن العالية، فإن انتشار السحابة الإشعاعية وانبساطها، يعني أنه عند مسافة معيّنة في اتجاه الريح يزداد التركيز الإشعاعي عند سطح الأرض، وعادة ما يحصل التركيز

(1) الامتزاز **Adsorption** عملية كيميائية تعني تكثف جزيئات الغاز والتصاقها بالجسم الصلب.

الأكبر عند مسافة ـ في اتجاه الريح ـ تتراوح ما بين العشرة إلى العشرين ضعفاً بقدر ارتفاع المدخنة، إذ إنه يعتمد على كل من الريح والطقس.



شكل (11-2) التبديد بواسطة المداخن

11ـ5 المخلفات الصلبة المشعة:

تنشأ المخلفات الصلبة المشعة بأشكال مختلفة في المنشآت النووية، ومن التطبيقات الطبية والصناعية المستخدمة للمصادر المشعة، وتصنف هذه المخلفات عادة إلى ثلاثة أصناف واسعة على أساس من درجة إشعاعها هي: المخلفات المنخفضة، والمتوسطة، والمرتفعة الإشعاعية.

وتتكون المخلفات المنخفضة الإشعاعية عادة من المحتويات العامة لحاويات قمامة المناطق الملوثة، والمواد قليلة التلوث، والنباتات والمعدات النشطة إشعاعيًّا. أما المخلفات المتوسطة الإشعاعية فمصدرها الرئيس هو التجهيزات النووية، وتشمل مخلفات العمليات والمعدات ذات النشاط الإشعاعي الملحوظ. وعلى الرغم من أن المخلفات المنخفضة والمتوسطة الإشعاعية تعرف بدلالة نشاطها الإشعاعي النووي بتعريفات تختلف من بلد إلى آخر، إلا أن المعتاد أن تحتوي المخلفات المنخفضة الإشعاعية على أقل من

10^9 بيكريل/ $م^3$. أما المخلفات المتوسطة الإشعاعية فتعرف بأنها أي مخلفات دون المخلفات المرتفعة الإشعاعية وفوق المخلفات المنخفضة الإشعاعية. وغالباً ما تسهل عملية طرح المخلفات المنخفضة والمتوسطة الإشعاعية بفصلها في موضع تكونها، فمثلاً يكون الفصل إما من حيث إشعاعاتها النوعية أو قابليتها للإحراق، وعادةً ما يكون تقليل حجم المخلفات من الإجراءات المفيدة، ويتم ذلك إما بكبسها أو بحرق المخلفات القابلة للاحتراق منها في محارق خاصة، وفي هذه الحالة عادة ما يتم ترشيح غازات المحارق وكبس الرماد لتقليل حجم المخلفات.

ويخصص مصطلح "المخلفات المرتفعة الإشعاعية" عادة لتلك المخلفات الناتجة عن عملية الفصل الأولى في محطة معالجة الوقود، وتلك المخلفات التي تحتوي عادة على 99٪ أو أكثر من النواتج المشعة لعملية الانشطار النووي، وعلى أغلب باعثات جسيمات ألفا والعناصر العالية العدد الذري (Actinides). والإشعاعية النوعية لهذه المخلفات مرتفع جدًّا بحيث تولد حرارة ملحوظة تتطلب التبريد. وهذه المخلفات تحفظ في بادئ الأمر كسوائل في حاويات شديدة التماسك تحوي أنظمة تبريد متعددة، وهي موضوعة داخل خلايا من الدروع الخرسانية الثقيلة، وبعد الحفظ سنوات عدة (للسماح لبعض النظائر المشعة ذوات عمر النصف المنخفض بالتحلل) تدخل المخلفات المتبقية في قوالب كبيرة من الزجاج وتوضع في حاويات من الفولاذ، وبذلك تصبح آمنة مدة أطول. ويمكن اعتبار عملية خزن المخلفات الصلبة المشعة حلاً مؤقتاً لهذه المشكلة، وذلك لأن كثيرًا من أنواع هذه المخلفات تحوي إشعاعية طويلة العمر نسبيًّا، فالنشاط الإشعاعي للمخلفات المرتفعة الإشعاعية يشمل ناتج الانشطار للسترونشيوم-90 والسيزيوم-137 ذوي عمري النصف 28 سنة و30 سنة على التوالي، وبعد 500 عام تنخفض إشعاعياتها إلى مستويات يمكن إهمالها، ولكن جزءًا كبيراً من النظائر المشعة طويلة العمر يبقى، وهي تشمل الأمريسيوم-241 (عمر نصفه 434 سنة) والبلوتونيوم-239 (عمر نصفه 24000 سنة) والبنتونيوم-237 (عمر نصفه 2.2 مليون سنة).

وإيجاد طرق آمنة للتخلص من المخلفات المشعة يمكن اعتباره عاملاً مهمًّا لقبول المجتمع للطاقة النووية، ففي بعض الدول تم ربط تطوير الطاقة النووية بإمكانية إيجاد طرق آمنة للتخلص من مخلفاتها المشعة.

للتخلص من المخلفات المشعة طرق عدة مستخدمة فعلاً أو لا تزال قيد الدراسة، وتشمل هذه الطرق الدفن في الأرض أو الإغراق في البحر. أما الطريقة المستخدمة من قبل المستشفيات والمعامل والجامعات وما أشبه ذلك من مستخدمي الكميات الصغيرة من المواد المشعة، فإن ذلك يتم بطرحها مع المخلفات التقليدية الاعتيادية بعد تخفيفها، وذلك لأن رزمة المخلفات المنفردة تحتوي على كمية صغيرة جدًّا من المواد المشعة، وقد خففت جيداً بدمجها مع كميات هائلة من المخلفات الاعتيادية، كالمخلفات المنزلية في مواطن إلقاء القمامة المحلية. وتستدعي هذه الطريقة الحصول على موافقة خاصة من الحكومة، وتوضع حدود صارمة لكمية المواد المشعة في الرزمة الواحدة، ولكمية المواد الكلية التي تطرح وفق هذه الطريقة. علماً بأن تلك الحدود تختلف تبعاً للمتطلبات والظروف المحلية، ولكنها بشكلها المثالي تبلغ نحو 0.1 ميجا بيكريل لكل رزمة. أما بالنسبة إلى الأحجام الأكبر والتراكيز الأعلى من الإشعاعية الناتجة عن المخلفات المتولدة من الصناعة النووية فهناك نوعان من التجهيزات الخاصة بمخلفاتها، منها ما يستخدم حالياً ومنها لا يزال في مرحلة التخطيط، والطريقة الأولى تدعى "التجهيزات الأرضية الضحلة" أو الدفن في أعماق ضحلة من الأرض، وهي عبارة عن وضع تلك المخلفات في هياكل خرسانية تدفن على أعماق تتراوح بين 10 و30 م تحت سطح الأرض، خاصة في أرضيات طينية عادةً. وهذه التجهيزات مناسبة بصورة خاصة للمخلفات المنخفضة الإشعاعية، وقد تكون مناسبة أيضاً للمخلفات المتوسطة الإشعاعية ذات الإشعاعية القصيرة العمر.

أما النوع الثاني من التجهيزات فهو الدفن العميق للمخلفات الإشعاعية الصلبة، وتتراوح أعماق ذلك بين 300 م وأكثر من ذلك تحت سطح الأرض، والعمل في هذه

التجهيزات في مرحلته الأولى يشبه عمل المناجم من حيث حفر الممرات الرأسية والأنفاق العميقة، توضع المخلفات المحتواة في طرود شديدة الإحكام في قنوات، ثم تملأ هذه القنوات بمواد ماصة ويتم غلقها تماماً. وهذا النوع من المدافن يصلح للمخلفات المتوسطة والمرتفعة الإشعاعية.

ومن الاعتبارات المهمة في عملية الدفن للمخلفات الإشعاعية الصلبة في باطن الأرض، هو حقيقة أن حاويات المخلفات سوف تبلى في نهاية الأمر، ما يؤدي إلى تسرب المواد المشعة إلى المياه الجوفية، ولكن هذا قد يستغرق مئات أو آلاف السنين، وهذا يؤدي إلى تلوثها، ومن ثم إلى تلوث مياه الشرب، وإلى تلوث المحاصيل الزراعية، ولذلك فإنه من المهم حسن اختيار مواقع الدفن للتقليل من هذه التأثيرات. ومن الأمور التي ينبغي أخذها في الحسبان وخاصة في حالات الدفن الضحل هو احتمال وقوع تعدٍّ غير متعمد في مستقبل الأيام، ومن أمثلة ذلك عمل الثقوب أو شق القنوات أو الحفر، وفي حين يمكن التحكم في تطوير المنطقة قرونًا عدة، ولكن لا يمكن بعد ذلك ضمان عدم وقوع تعدٍّ، لهذا السبب ينبغي التحديد الشديد على دفن المخلفات المشعة ذوات الأعمار الطويلة في المدافن الضحلة.

ويؤدي إغراق المخلفات الصلبة في أعماق البحار إلى تأخير مدة وصول المواد المشعة إلى بيئة الإنسان إلى مدة طويلة، وكذلك التخفيف الهائل لتركيز تلك المواد المشعة، ولكن نظراً للمعارضة لهذا الإجراء فقد تم وقف إغراق المخلفات المشعة في البحر منذ عام 1982م ويبدو من غير المتوقع فتح هذا الباب مجدداً.

11-6 الأنظمة:

إن التشريعات والأنظمة التي تشمل إدارة وطرق إدارة المخلفات المشعة تختلف من بلد لآخر، في الدول الأعضاء في الاتحاد الأوروبي يتم تطبيق توجيهات المعايير الأساسية

للسلامة في تشريعاتها الوطنية، فمثلاً في المملكة المتحدة الأمور المتعلقة بالتوجيهات المتعلقة بالمخلفات المشعة مطبقة بموجب مرسوم المواد الإشعاعية (1993م).

يجب على معظم مستعملي المصادر المشعة الصغار تسجيل استخدام وخزن الإشعاعية في وكالة البيئة، ويمنح هؤلاء الحق بطرح المواد الإشعاعية، وذلك من قبل القسم المذكور بعد استشارة آخرين، ومن ضمنهم الهيئات المحلية.

يعفى العاملون في التجهيزات النووية، كمحطات الطاقة النووية ومحطات تصنيع الوقود ومعاملة الوقود المستهلك، من متطلبات تسجيل استعمالاتهم ومن خزن المواد المشعة، وبدلاً عن ذلك، فإنهم يخضعون لشروط فقرات مرسوم التجهيزات النووية لعام 1965م وتنقيحاته. وقد نُصَّ في آخر مرسوم على أن المرجع يعود إلى مرسوم المواد المشعة، أمَّا مسؤولية السماح بالتفريغ فهو من اختصاص قسم البيئة[1] (وفي ويلز، المكتب الويلزي)، وفي أسكتلندة تكون مسؤولية السماح بالتفريغ من اختصاص الوكالة الأسكتلندية لحماية البيئة.

(1) أي في كل من مقاطعتي إنكلترا وأيرلندا الشمالية من المملكة المتحدة.

openkandi.com

خلاصة الفصل:

المصادر الرئيسة للمخلفات الإشعاعية: المفاعلات واستعمال النظائر المشعة في الطب والصناعة والبحث.

المبادئ المطبقة: الإطلاق والتبديد، والخزن، والطرح.

عواقب الطرح: تعرض السكان عن طريق سبل التعرض أو عن طريق سلسلة الغذاء. التأكيد على التثبت من أن الجرعة المتعرض لها من عمليات طرح المخلفات أقل ما يمكن الحصول عليه بشكل معقول.

تحديد السبيل: سبيل التعرض الحرج، والمجموعة السكانية المتعرضة لأعلى جرعة هي "مجموعة حرجة".

المخلفات السائلة: المخلفات السائلة المنخفضة الإشعاعية تفرغ في البيئة، والمخلفات ذوات الإشعاعية النوعية المرتفعة تعالج بالتبادل الأيوني أو بالتبخير أو بالمعالجة الكيميائية.

المخلفات الغازية: تطلق في الجو بعد ترشيحها، وتفرغ عن طريق المداخن للحصول على انتشار جيد.

المخلفات الصلبة: المخلفات **المنخفضة والمتوسطة والمرتفعة الإشعاعية**، الخزن حل مؤقت للمخلفات طويلة العمر، الفصل وتقليل الحجم تمهد للطرح، والسبل الممكنة هي الدفن السطحي أو العميق تحت الأرض.

الأنظمة: لا بد من الإذن بالسماح لخزن أو طرح المخلفات الإشعاعية.

أسئلة للمراجعة:

(1) اذكر ثلاثة اتجاهات عامة للتعامل مع المخلفات الإشعاعية، اذكر مثالاً عمليًّا في كل حالة.

(2) ناقش فكرة (**سبيل التعرض الحرج**)، ثم اذكر مثالاً لسبيل يتضمن **دورة غذائية**.

(3) ما طرق التفريغ البديلة للمخلفات السائلة منخفضة المستوى الإشعاعي؟ ناقش العوامل التي تحدد الكميات التي يمكن أن تفرغ في كل حالة؟

(4) ما سبل التعرض المحتملة الناتجة عن إطلاق المواد المشعة نحو الجو؟ وكيف يمكن تحديد التعرض من هذه السبل؟

(5) ناقش السبل الممكنة لطرح المخلفات المشعة؟ وما السبل لكل نوع من المخلفات بصورة عامة؟

obeikandl.com