الفصل الثاني عشر

التخلص من النفايات المشعة
Waste Disposal

– التخلص من النفايات المشعة – تخزين النفايات المشعة – تخزين النفايات الصلبة – تخزين النفايات السائلة – تخزين النفايات الغازية – أسئلة ومسائل.

12-1 التخلص من النفايات المشعة

يعتبر التخلص من النفايات المشعة من المشكلات المعقدة. ويتم التخلص من هذه النفايات في الوقت الحالي بإحدى الطرق التالية:

أ- تصريفها إلى الجو أو مع وسائل الصرف الصحي أو إلى الأنهار أو البحيرات أو البحار.

ب- تخزينها لفترة معينة إلى أن تقل شدتها الإشعاعية ثم يتم تصريفها.

ج- التخلص منها بالدفن في الأماكن والتكوينات الجيولوجية الراسخة وغير المأهولة أو في أعماق المحيطات.

ويعتمد اختيار الطريقة المعينة على عدة عوامل مثل كمية ونوع المواد المشعة وخصائصها الفيزيائية والكيميائية والظروف الجغرافية للمكان. ومع ذلك تحمل أية طريقة من هذه الطرق نسبة من الأخطار الإشعاعية. ويرجع السبب في ذلك إلى أن هذه النفايات يمكن أن تمثل مصدرا مهما لتعرض البشر للأخطار الإشعاعية الداخلية والخارجية.

وعند تصريف النفايات المشعة عن طريق المداخن إلى الجو فإنها يمكن أن تنتشر مع الهواء الجوي ويمكن أن تؤدي إلى تعرض السكان لجرعات إشعاعية بعدة طرق هي:

أ- التشعيع بإشعاعات بيتا وجاما الخارجية الصادرة من المدخنة.
ب- الحصول على جرعة إشعاعية داخلية نتيجة لتنفس الهواء الملوث.
ج- التعرض لجرعة إشعاعية خارجية نتيجة لتساقط النفايات على الأرض.
د- التعرض لجرعة داخلية نتيجة تناول الخضروات والفواكه الملوثة بالمواد المشعة.
هـ- التعرض لجرعة داخلية نتيجة تناول لبن ولحوم الحيوانات التي ترعى في المنطقة الملوثة.

كذلك، فإنه يمكن التخلص من النفايات المشعة إلى مياه الأنهار والبحيرات والبحار. ويمكن أن ينعكس ذلك في شكل أخطار إشعاعية على البشر تتمثل في الآتي:

أ- تلوث مياه الشرب.
ب- تلوث الشواطئ بالنفايات المشعة.
ج- الحصول على جرعات إشعاعية داخلية نتيجة تناول الأسماك والنباتات البحرية.

12-2 تخزين النفايات المشعة

تعتبر هذه الطريقة من أنسب الطرق عند التعامل مع النفايات المشعة ذات الأعمار النصفية القصيرة (حتى عدة شهور). فعند تخزين مثل هذه النفايات لعدة سنوات تنخفض شدتها الإشعاعية بشكل ملحوظ، ويمكن بعد ذلك التخلص منها بإحدى الطرق دون أن تشكل خطورة كبيرة على البيئة المحيطة. وقد انتشر استخدام هذه الطريقة وخاصة مع النفايات السائلة حيث تخزن في خزانات فلزية أو بلاستيكية محكمة القفل

ومعزولة، إلى أن يتم تفككها الإشعاعي للدرجة التي يمكن بعدها التخلص منها في البيئة المحيطة.

وخلال فترة التخزين يجب أن يكون احتمال حدوث أي من التفاعلات الكيميائية لهذه المواد المخزنة معدوما، خاصة بالنسبة للتفاعلات التي يمكن أن تؤدي إلى حدوث انفجار أو إلى تكوين مواد كيميائية سامة أو غازات مشعة. ولهذا الغرض يجب تنفيذ التعليمات التالية عند تخزين تلك المواد:

أ- يجب أن يكون السائل متعادلا قبل وضعه في الحاويات الخاصة بحفظ هذه النفايات، أي أن يجب ألا تزيد قيمة PH على 6-8 على الأكثر .

ب- إغلاق الحاويات بإحكام لمنع التبخر وحدوث تلوث الهواء.

ج- يجب عدم تخزين المواد النشطة كيميائيا (كالصوديوم والبوتاسيوم) إلا بعد أن تكون قد فقدت نشاطها الكيميائي بالكامل.

أما بالنسبة للنفايات المشعة ذات العمر النصفي الكبير فيعتبر التخزين بالنسبة لها من الحلول المؤقتة. فإذا كانت هذه النفايات في حالة سائلة فإنه يتم تركيزها عن طريق تبخير السوائل غير المشعة وتخزينها بعد ذلك في خزانات محكمة القفل، توضع داخل مباني مبردة وسميكة من الخرسانة المسلحة الثقيلة. وتجري الآن في العديد من الدول الدراسات والبحوث حول التخلص من هذه النفايات وضمان عدم وصولها للبيئة. وقد تم الاتفاق في هذا الشأن على أحد الحلول – كخطوة أولية– وهو تحويل هذه النفايات المشعة إلى مواد صلبة وتغليفها بطبقة سميكة من الزجاج الذي يغلف بدوره بطبقة اسطوانية رقيقة من الصلب غير القابل للصدأ. وتخزن هذه الاسطوانات بأمان في أماكن خاصة معزولة ومبردة إلى أن يتم إيجاد الطرق والأماكن اللازمة للتخلص منها. ويحوم التفكير الآن حول إمكانية التخلص من هذه الاسطوانات، وذلك بدفنها عميقا في طبقات الأرض المكونة من الصخور الجرانيتية التي لا تحتوي ضمن تكوينها على المياه (سواء الجوفية أو مياه الأمطار).

3-12 النفايات الصلبة

بالإضافة إلى إمكانية تخزين النفايات المشعة الصلبة بالطريقة السابقة، فإنه يمكن التخلص من مثل هذه النفايات بدفنها عميقا تحت سطح الأرض. وتستخدم عملية الدفن في بعض الدول كوسيلة للتخلص من مثل هذه النفايات. إلا أن هذه الطريقة يجب أن تخضع لرقابة صارمة.

وتتمثل خطورة هذه العملية في إمكانية وصول هذه النفايات بعد دفنها إلى المياه الجوفية، وبالتالي إلى مصادر مياه الشرب. لذلك، يجب اختيار مدافن هذه النفايات بحيث يكون احتمال وصولها إلى المياه الجوفية شبه معدوم.

كذلك، يجب توجيه العناية إلى دفن النفايات على أعماق كبيرة لتلاشي حدوث أي مشكلات مستقبلية نتيجة لاستخدام أرض المدافن للأغراض الزراعية أو الإسكانية. وفضلا عن ذلك يجب عمل سجلات وافية عن الكميات المدفونة وعمق الدفن ومكان الدفن بدقة عالية.

وعند التخلص من كميات صغيرة من النفايات كتلك التي تتداولها الجامعات أو المستشفيات أو المصانع، فإنه يمكن التخلص منها عن طريق التخفيف، حيث تخفف النفايات المشعة وتوضع في عبوات صغيرة وتدفن هذه العبوات. وتتطلب مثل هذه الطريقة تصديق الجهات المسؤولة. ويجب اتباع الحدود القصوى للنشاط الإشعاعي لكل عبوة والحد الأقصى لعدد العبوات والحد الأقصى للتركيز. وتختلف هذه الحدود من مكان لآخر ولكنها تصل في المتوسط إلى حوالي 0.1 ميغابيكريل للعبوة الواحدة. فإذا زاد النشاط الإشعاعي للعبوة الواحدة عن هذا المقدار فإنه يجب الرجوع إلى السلطات المختصة لاختيار وسيلة التخلص.

وتتخلص بعض الدول من الكميات الكبيرة من النفايات المشعة بإلقائها (بعد تعبئتها في عبوات عازلة) إلى قاع المحيطات العميقة.

ويعتبر البعض أن التخلص من النفايات بهذا الأسلوب يحقق بعض الأمان حيث إن ذلك يعتبر بمثابة التخفيف لدرجة عالية، فضلا عن طول المدة الزمنية التي يستغرقها طريق عودة هذه النفايات إلى البيئة البشرية. وتتمثل صعوبات هذه الطريقة في أنه لا توجد حتى الآن أية اتفاقيات أو معاهدات دولية حول الكميات التي يمكن التخلص منها بهذا الأسلوب وحول الأماكن التي تخصص لذلك.

وعموما، فإنه للتخلص من النفايات المشعة الصلبة فإنه يجب تخفيض حجمها إما عن طريق كبسها أو بحرقها في مواقد خاصة. وعند الحرق يجب ترشيح النواتج الغازية خلال مرشحات خاصة حتى لاتصل الأبخرة التي تتضمن عوالق جسيمية مع الهواء إلى البيئة المجاورة.

12-4 النفايات السائلة

يتم التخلص من النفايات المشعة ذات المستويات الإشعاعية العالية وذلك بتركيزها بإحدى الطرق المعروفة كالتبادل الأيوني أو التبخير أو المعالجة الكيميائية.عندئذ يمكن التخلص من النفايات الصلبة أو السائلة شديدة التركيز بالطرق المذكورة سابقا، الخاصة بالتخلص من النفايات المشعة الصلبة. أما السوائل ذات المستويات الإشعاعية المنخفضة فيمكن التخلص منها بإحدى الطرق الثلاثة التالية:

أ- تصريفها مع وسائل الصرف الصحي وفق معايير محددة.
ب- تصريفها مباشرة إلى الأنهار أو البحيرات وفق معايير محددة.
ج- تصريفها مباشرة إلى البحار والمحيطات وفق معايير محددة.

12-4-1 تصريف النفايات إلى وسائل الصرف الصحي

يعتبر تصريف النفايات إلى وسائل الصرف الصحي من أيسر الطرق، إلا أنه يجب أن يخضع لرقابة صارمة من الجهة المسؤولة عن الوقاية من الإشعاعات المؤينة. ويرجع السبب في ذلك إلى إمكانية تلوث أنابيب الصرف الصحي والمجاري بالمواد المشعة، مما يعرض عمال الصرف الصحي للتلوث بهذه المواد المشعة. وفضلا عن ذلك تستخدم

نواتج الصرف الصحي في بعض الدول حيث تستخدم النواتج الصلبة كمخصبات (أسمدة) للتربة وتستخدم المياه للري، مما يؤدي تلوث المحاصيل بالمواد المشعة.

12-4-2 تصريف النفايات إلى الأنهار والبحيرات

يجب أن يخضع تصريف النفايات إلى الأنهار والبحيرات لرقابة صارمة من السلطة المسؤولة عن الوقاية. فمياه الأنهار هي المصدر الرئيس للشرب والري في العديد من الدول. لذلك يجب ألا يتجاوز التخلص السنوي للنهر الواحد كمية معينة في حدود 10^{6} ميغا بكرل/سنة .

12-4-3 تصريف النفايات إلى البحار

بالنسبة لتصريف النفايات السائلة للبحار فإنه يسمح بتصريف كميات أكبر إلى البحار قد تصل إلى حوالي 10^{10} ميغا بكرل في السنة. والمعول الرئيس في هذه الحالة هو ضمان عدم تعرض الأحياء البحرية والأسماك للتلوث بدرجة عالية بهذه المواد. لذلك، فإنه يتم تحديد الكميات القصوى من النفايات من كل مادة. فعلى سبيل المثال، يجب ألا تتجاوز كمية السترنشيوم 90 التي يتم التخلص منها إلى البحر 10^{9} ميغا بكرل في السنة. كذلك، يجب أن تخضع الأحياء البحرية والأسماك التي يتم تصريف النفايات السائلة إلى البحار التي تنمو فيها هذه الأحياء للرقابة.

12-5 النفايات الغازية

من حيث المبدأ، يمكن التخلص من النفايات المشعة الغازية وذلك بتصريفها إلى الهواء الجوي. ولكن يجب الإشارة إلى أن هذا الأسلوب يعتبر من أخطر الأساليب، حيث أن التعرض الإشعاعي الناتج من التخلص من النفايات الغازية إلى الهواء الجوي يعتبر تعرضا مباشرا. وتتمثل الخطورة في هذه الحالة في الأخطار الخارجية للإشعاعات، وكذلك في الأخطار الداخلية نتيجة لتنفس الهواء الجوي وابتلاع المواد

المشعة بعد تساقطها على المأكولات والأرض. لذلك فإنه يجب ألا يزيد النشاط الإشعاعي الذي يتم تصريفه عن حدود معينة. كما يجب توجيه العناية الخاصة إلى كيفية انتشار هذه النفايات وعدم تركزها في مكان معين.

وقبل تصريف المواد المشعة الغازية إلى الهواء الجوي يجب تنفيذ عدة عمليات هي:

أ- ترشيح النفايات بمرشحات خاصة لفصل العوالق الجسيمية عن الغازية.
ب- تخفيض النشاط الإشعاعي للنفايات الغازية بوضع مواد ماصة لهذه الغازات.
ج- ضمان انتشار النفايات الغازية في منطقة واسعة باستخدام المداخن العالية، بحيث لا يقل ارتفاع المدخنة عن حد معين يمكن تحديده وفقا للظروف البيئية والسكانية السائدة.

وعموما، تعتمد كفاءة الترشيح على نوع النفايات الغازية وعلى نوع المرشح، وتصل هذه الكفاءة في الظروف الجيدة إلى حوالي 95-99 % . ويجب ملاحظة أن المرشح يصبح بعد فترة محددة مشعا ويجب أن يعامل معاملة النفايات المشعة الصلبة، وذلك عند تبديله. ويجب أن تتم عملية التبديل بحرص شديد لمنع تلوث القائمين بها.

وعند التخلص من النفايات الغازية إلى الهواء الجوي يجب استخدام مداخن عالية. ويفضل أن يكون ارتفاع المدخنة في حدود ضعفي أو ثلاثة أضعاف ارتفاع المباني المجاورة لضمان انتشار النفايات الغازية وعدم دخولها إلى المباني المحيطة، وتركيز تساقطها على البقعة الصغيرة المحيطة بالمدخنة.

وعند التخلص من النفايات المشعة الغازية بإطلاقها في الجو في أماكن غير محظورة يجب ألا تزيد نسبة تركيز هذه النفايات على الحدود المعينة. وتختلف هذه الحدود من دولة لأخرى. ويبين جدول (11-11)

الحدود القصوى لتركيز النفايات المشعة لبعض النظائر وهي الحدود التي تطبقها لجنة الطاقة الذرية الأمريكية. وعندما يحتوي الغاز المتسرب للجو على أكثر من نظير فإنه يجب تحديد نسبة تركيز كل نظير إلى الحد الأقصى المسموح به لتركيز ذلك النظير، ويجب ألا يتجاوز مجموع هذه النسب لجميع النظائر الواحد الصحيح.

مثال:

يتخلص مختبر من غاز الزينون 133 المشع خلال مدخنة مخرجها فوق أسطح أحد المباني، فإذا كانت سرعة سريان الهواء في المدخنة هي 0.7م/دقيقة عندما كانت مساحة فتحة المدخنة هي 0.3م^2،احسب:

أ- معدل التخلص الأسبوعي من هذا الغاز

ب- معدل التخلص من هذا الغاز عند الرغبة في التخلص من 80 ميللي كوري من الكربون 14 ، 0.6 ميللي كوري من اليود 131 في الأسبوع.

الحل:

أ- معدل سريان الغاز Q هو:

$$Q = 07 \times 0.3 = 0.21 \quad m^3 / minute$$
$$= 0.21 \times 60 \times 24 = 302.4 \quad m^3/ day$$
$$= 3.024 \times 10^8 \quad cm^3/day$$

وبالرجوع إلى الجدول (11-11) فإن الحد الأقصى لتركيز الزينون في الهواء هو 1.1×10^{-2} بكرل/سم^3 = 0.297 بيكو كوري/سم^3 ≈ 0.3 بيكو كوري/سم^3 .

بذلك يكون الحد الأقصى لمعدل التخلص اليومي هو:

$$Q_d = 0.3 \times 3.024 \times 10^8 = 9.08 \times 10^7 \quad Pico\ Curies$$
$$\approx 91 \quad microCi$$

والحد الأقصى لمعدل التخلص الأسبوعي هو:

$Q_w = 91 \times 7 = 637$ microCi

ب- بالنسبة للكربون 14 يمكن إيجاد الحد الأقصى الأسبوعي بالطريقة نفسها حيث أن الحد الأقصى لتركيزه في الهواء هو 3.7×10^{-3} بكرل/سم^3 ، أي ما يساوي 0.1 بيكو كوري/سم^3

بذلك يكون الحد الأقصى لمعدل التخلص الأسبوعي من الكربون 14 هو 211.7 ميلي كوري أي حوالي 212 ميللي كوري.

وبالنسبة لليود 131 يكون هذا الحد مساويا 2.12 ميللي كوري.
وبالتالي تكون نسبة الكربون $14 = 80 \div 212 = 0.377$

وتكون نسبة اليود 131 هي = $0.6 \div 2.12 = 0.283$

وبالتالي تكون نسبة الكربون واليود = $0.377 + 0.283 = 0.660$

وبذلك تكون نسبة الزينون $133 = 1 - 0.66 = 0.34$
أي أن كمية الزينون = $0.34 \times 637 = 216.6$ ميكرو كوري/أسبوع

12-6 أسئلة للمراجعة

1- اذكر أهم طرق التخلص من النفايات المشعة.

2- كيف يمكن أن تؤثر النفايات المختلفة بعد التخلص منها على الإنسان؟.

3- ما هي طرق التخلص من النفايات الصلبة؟.

4- اذكر المراحل إلى تمر بها النفايات السائلة قبل التخلص منها.

5- اذكر أهم المراحل التي تمر بها النفايات الغازية قبل التخلص منها. وما هي الشروط الواجب اتباعها عند التخلص من النفايات الغازية؟