التصرّف في النفايات المشعّة تمهيداً للتخلص منها

اعترافاً بأهمية التصرف المأمون في النفايات المشعة جرى، على مر السنين، وضع العديد من التقنيات الراسخة والفعالة، واكتسبت الصناعة النووية والحكومات خبرة هائلة في هذا المجال.

والتقليل من النفايات إلى الحد الأدنى هو مبدأ أساسي يقوم عليه تصميم وتنفيذ جميع العمليات النووية، جنباً إلى جنب مع إعادة استخدام وإعادة تدوير النفايات. وبالنسبة للنفايات المشعة المتبقية التي سيتم إنتاجها، من الضروري أن تكون هناك خطة محددة بدقة (تسمى مسار معالجة النفايات) تكفل التصرف المأمون في النفايات المشعة وفي نهاية المطاف التخلص منها بشكل مأمون، بما يضمن النشر المستدام للتكنولوجيات النووية على المدى الطويل.

وسوف تؤثر سياسة الدولة ولوائحها الوطنية بشأن التصرف في النفايات النووية على خيار المعالجة المختار، ولكن الاستراتيجية العامة هي تركيز واحتواء النفايات المشعة وعزلها عن الناس والبيئة. ولتنفيذ هذه الاستراتيجية، تحتاج الجهة المولِّدة للنفايات (مشغِّل محطة القوى النووية، أو شركة التعدين، أو المرفق الطبي، إلخ) إلى إجراء عدد من أنشطة التخلص التمهيدي التي قد تشمل التوصيف والمعالجة التمهيدية والمعالجة والتكييف والتخزين.

وتُجرى جميع هذه الأنشطة من قِبَل موظفين مدرَّبين يتَّبعون المبادئ التوجيهية الموضوعة لأغراض الحماية من الإشعاع والأمان والأمن. وقد وضعت الوكالة لوائح مُحكمة للتصرف في النفايات المشعة تكفل استيفاء جميع العمليات لمعايير صارمة فيما يتعلق بالأمان والأمن.

وقبل اختيار استراتيجية أو تكنولوجيا للتصرف في النفايات، من الضروري معرفة وفهم مصدر النفايات ومعدل توليد هذه النفايات، فضلاً عن كميات وخصائص تلك النفايات. ويسمح ذلك باختيار استراتيجية مناسبة للمعالجة تكفل أن يكون الشكل النهائي للنفايات متوافقاً مع مسار التخلص المختار.

وبمجرد فهم الخصائص، يلزم تحويل النفايات إلى شكل مناسب للتخلص. والمرحلة الأولى هي تحضير النفايات للمعالجة. وقد يشتمل ذلك على العزل لفصل المفردات الملوثة عن غير الملوثة، أو تقليص الحجم، أو تعديل بعض الخواص الكيميائية مثل درجة الحموضة للمساعدة في المعالجة لاحقاً.

وقد تستفيد أنشطة المعالجة التمهيدية أيضاً من عملية إزالة التلوث حيث تُزال النويدات المشعة من أسطح المباني أو المكونات باستخدام وسائل مادية (مثل التفجير الرملي) أو كيميائية (مثل الغسل بمحلول خاص قادر على إزالة النويدات المشعة من الأسطح بشكل انتقائي).

يميناً: غالباً ما تُستخدَم اسطوانات سعتها ٢٠٠ لتر لتجميع النفايات المشعة

(مصدر الصورة: مشروع معالجة النفايات المختلطة المتقدمة، وزارة الطاقة، الولايات المتحدة الأمريكية)

يساراً: التقليص الفائق بقوة عالية يمكن أن يقلل حجم اسطوانة سعتها ٢٠٠ لتر إلى ارتفاع أقل من ١٠ سم

(مصدر الصورة: شركة Dounreay Site Restoration المحدودة والهيئة النووية المعنية بالإخراج من الخدمة، المملكة المتحدة)

التزجيج خيار عملي وفعال لتكييف النفايات الكيميائية المشعة و الخطِرة.

(مصدر الصور: المختبر الوطني لمنطقة شمال غرب المحيط الهادئ، الولايات المتحدة الأمريكية)

وتُعتبَر تقنيات إزالة التلوث مفيدة خصوصاً عندما ينتشر التلوث الإشعاعي بشكل غير متساوٍ على مساحة سطحية شاسعة، مثل الأرضيات أو الأنابيب، حيث إن تطبيق هذه التقنيات سيقلل بدرجة كبير من حجم النفايات التي تتطلب معالجة.

وبعد الانتهاء من تحضير النفايات بشكل مناسب، تكون الخطوة التالية هي المعالجة. وبشكل عام، تميل عمليات المعالجة إلى تقليص حجم النفايات المشعة من أجل تعزيز الأمان أو التقليل من تكاليف مراحل إضافية للتصرف مثل التخزين أو التخلص.

وعادةً ما تؤدي المعالجة إلى إنتاج تدفُّقَين: تدفُّق صغير الحجم يحتوي على معظم النويدات المشعة، سيتم إخضاعه لمزيد من التكييف لأغراض التخزين والتخلص، وتدفق أكبر حجماً أزيل تلوثه، يمكن توجيهه إلى مسار التفريغ أو التخلص كنفايات غير مشعة.

وثمة مجموعة متنوعة من تقنيات التجهيز لمعالجة النفايات متاحة للاستخدام حسب طبيعة هذه النفايات واشتراطات شكل النفايات في موقع التخلص المختار.

والمثالان الأكثر شيوعاً هما حرق النفايات الصلبة وتبخير النفايات السائلة. وفي حين أن الحرق يقلص أحجام النفايات الصلبة عن طريق تركيز النشاط الإشعاعي في حجم ضئيل من الرماد، فإن تبخير النفايات السائلة ينتج عنه حجم ضئيل من الركاز السائل المشع. وفي خطوة تكييف لاحقة، يخضع الرماد أو الركاز السائل لمزيد من المعالجة من أجل تحويله إلى شكل يتم فيه تثبيت النشاط الإشعاعي بشكل فعال. وتُعرف هذه الخطوة باسم التكييف.

والتكييف يقلل من المخاطر المرتبطة بالنفايات ويجهز النفايات لمناولتها ونقلها وتخزينها والتخلص منها لاحقاً. والطريقة الأكثر شيوعاً لذلك تتم عن طريق خلط النفايات مع مسحوق الإسمنت والماء، والسماح للخليط بالتحول إلى كتلة صلبة في حاوية مناسبة.

ومن بين تقنيات التكييف البديلة تثبيت النويدات المشعة في الزجاج، أو القار، أو في مصفوفة بوليمرية أو معدنية. ولكلٍّ من هذه التقنيات تأثيرها في تقليل احتمالات نزوح أو تشتت النويدات المشعة إلى البيئة. وطرد النفايات المشعة المكوَّن من نفايات مثبَّتة في إحدى الحاويات هو المنتَج النهائي لتلك المعالجة.

شعبة دورة الوقود النووي وتكنولوجيا النفايات بالوكالة