الباب السادس

معالجة النفايات النووية

أهداف معالجة المخلفات الإشعاعية

أهم أهداف معالجة المخلفات المشعة هي التخلص من أو تدمير النظائر المشعة لمنع ضررها ووقاية البيئة والإنسان،ويتم ذلك عبر عزل أو تخفيف التركيز أو تدمير المخلفات الناتجة، وحتى الآن فإن أكثر هذه الطرق قابلية للتحقيق كان وما يزال الدفن العميق للمخلفات المشعة، الهدف الأساسي من هذه العملية هو عزل المخلفات المشعة ومنع تسربها للنظام البيئي حتى يزول النشاط الإشعاعي الناتج عنها بأن تتأين كل العناصر المشعة الموجودة داخلها.

ازدهرت الأبحاث النووية قبيل الحرب العالمية الثانية وأدت قنبلة هيروشيما وناجازاكي إلى توسع سريع في هذه الأبحاث وما فتئت الحرب الباردة تغذيه حتى سقوط الاتحاد السوفيتي وكان الهدف تكديس وتطوير السلاح النووي الفتاك ردعاً للعدو وتأميناً للنفوذ من بين أهداف أخرى لا تخفى على القارئ الكريم وبموازاة هذا التسلح، انتشرت مفاعلات توليد الطاقة الكهربائية وتناثرت على خريطة الدول المتقدمة موفرة لها الدفء والطاقة الرخيصة.

ولأن أعمار هذه المحطات تتراوح بين ٤٠ و٦٠ سنة، فإن كثيرا من المفاعلات النووية إما أن يكون قد توقف عن العمل وفكك وإما أن يكون في طريقه إلى التفكيك وهكذا، خلفت الأنشطة النووية مدنية

وعسكرية عبئاً ثقيلاً من النفايات على الحرث والنسل لمّا يوجد له حل مطمئن حتى الآن وقبل الحديث عن تخزين ومعالجة النفايات النووية، لا بد من الحديث عن مدى الهلاك والدمار الذي يمكن أن تسببه هذه النفايات من أجل استيعاب أهمية تخزينها ومعالجتها بطريقة تمنع ضررها عن هذا الكوكب الذي نعيش عليه.

http://www.aljazeera.net/knowledgegate/opinions/2011/4/22/%D8%AA%D8%AE%D8%B2%D9%8A%D9%86-%D9%88%D9%85%D8%B9%D8%A7%D9%84%D8%AC%D8%A9-%D8%A7%D9%84%D9%86%D9%81%D8%A7%D9%8A%D8%A7%D8%AA-%D8%A7%D9%84%D9%86%D9%88%D9%88%D9%8A%D8%A9

خيارات التعامل مع النفايات النووية

ونقتصر هنا على مناقشة النفايات المتوسطة والثقيلة لأن الخفيفة يمكن التخلص من شرها بمجرد دفنها سنوات قليلة وهي أصلاً قليلة الضرر وهناك ثلاث إستراتيجيات تقليدية للتعامل:

التركيز والاحتواء: ومثاله التكفين والدفن.

التخفيف والتشتيت: وهو عكس التركيز والاحتواء ويقوم على تخفيف تركيز المادة المشعة حتى ينخفض إلى مستوى مقبول في البيئة،

وعندها يُشتت ليدخل الهواء الجوي وهذا الخيار قد يناسب الإشعاعات المنخفضة أو القريبة من المستويات البيئية.

التخزين والتحلل: وذلك بحفظ المادة المشعة بعيداً في مكان آمن ومعزول وانتظار أن تتحلل وتتحول إلى عناصر مستقرة.

والواقع أنه يندر الاقتصار على إستراتيجية واحدة وإنما يشيع الجمع بينها جميعا بحسب الكم ومستوى الإشعاع وعمره. فما من نفايات نووية نصف عمرها يزيد على عام إلا تخضع لشيء من المعالجة قبل التخزين.

معالجة النفايات الثقيلة

ويمكن تقسيمها إلى نوعين:

١ـ التَّصنيع: ونقصد به انتشال ما يمكن من الوقود النووي وتخصيبه أو تركيزه من أجل إعادة استخدامه وكذلك استخلاص المواد الأخرى التي يمكن الاستفادة منها وإعادة استخدامها في الصناعات النووية.

٢ـ التحويل:ونعني به تحويل النفايات المتبقية بعد التصناع إلى مواد أقصر عمرا أو أخف إشعاعا أو أقل ضرراً على البيئة ولكن رغم هذه الجهود يبقى جزء ولو يسير في حالته الأولى لم يستجب للتصنيع وأعجز مهندسي التحويل ويضاف إليه كثير من نواتج التحويل فتحصل من كل ذلك أطنان من النفايات الخبيثة التي لا يملك الإنسان وسيلة

لاتقاء شرها إلا بتخزينها بعيداً عنه وعن بيئته التي يعيش فيها ولأن أعمار هذه الإشعاعات تصل ملايين السنين فلا بد من دراسة خيارات التخزين وسلامته بشكل دقيق على أن الإنسان مهما بذل من جهد لن يستطيع حساب كوارث المستقبل القريب وتفاديها فكيف بالأزمنة الجيولوجية وحسبك أن الزلازل لا يمكن التنبؤ بها على نحو دقيق.

http://www.aljazeera.net/knowledgegate/opinions/2011/4/22/%D8%AA%D8%AE%D8%B2%D9%8A%D9%86-%D9%88%D9%85%D8%B9%D8%A7%D9%84%D8%AC%D8%A9-%D8%A7%D9%84%D9%86%D9%81%D8%A7%D9%8A%D8%A7%D8%AA-%D8%A7%D9%84%D9%86%D9%88%D9%88%D9%8A%D8%A9

خيارات التخزين

لأن الإشعاع يتناقص مع الزمن بعلاقة أسية، فإن كمية الإشعاع المفقودة في السنوات العشر الأولى لا يفقد مثلها إلا في المائة عام التالية وهكذا لذلك فإن النفايات الثقيلة تخزن في موقع إنتاجها بين ١٠ سنوات و ٥٠ سنة قبل نقلها إلى محطات المعالجة.

ثم ما استعصى على المعالجة يهيأ لتخزين أبدي فيكبس في الزجاج ثم في الإسمنت ثم في أسطوانات شبيهة بقنينات غاز الطبخ المنزلي من حيث الشكل لكنها أكثر تحملا للضغط والحرارة وأشد مقاومة للصدأ،

بحيث لا تستطيع قوة بشرية أو صناعية معروفة أن تكسر هذه الأسطوانات،أو هكذا يراد لها على الأقل وأخيرا، تطلى هذه الأسطوانات بخزف مانع من تسرب الماء إليها ثم يلزم أن يكون التخزين في مكان آمن من الزلازل والبراكين وما شابهها من الظواهر الجيوفيزيائية التي تؤثر على تضاريس الأرض ولابد كذلك أن يكون بمنأى عن أيدي الإنسان التي لا تفتأ تفسد في الأرض ويتحتم أن تكون هذه النفايات معزولة عزلاً تاماً عن المياه الجوفية والتربة حتى لا تتسرب إلى السلاسل الغذائية والنظم البيئية ولا ننسى أن كل هذه الشروط يجب توفرها على امتداد أزمان جيولوجية من ملايين السنوات .

يبدو أن الفضاء الخارجي خيار مناسب لبعده عن الأرض ثم إن الإشعاعات ليست غريبة عليه ولن تشكل خطرا على رواد الفضاء (ولا سواحه) لأنهم يلبسون بذلات واقية من الإشعاع الكوني ولكن هل تثبت هذه الإشعاعات في مكان معين أم تترك عائمة في مدار فضائي؟ التثبيت يحتاج إنشاء محطة مع ما يكلف ذلك من جهد ومال ولو تركت عائمة فقد تعود إلى الأرض ولو بعد حين، وستكون شرّ غائب ينتظر بعد الدجال وقبل هذه الخيارات، كفى السبيل إلى نقلها أصلا؟؟ تكلفة باهظة جدا وخطر كبير ماذا لو حدث خلل أثناء الإقلاع أو قبل خروج المركبة من مجال جاذبية الأرض؟؟

هذه بعض موانع اللجوء إلى الفضاء الخارجي لتخزين النفايات النووية وربما وجد من يقول بإمكانيته ولكن ذلك لن يتأتى حتى يكون السبيل إلى الفضاء سالكا فيعرفه الناس كما يعرفون مناكب الأرض.

وتعد الصخور تحت قيعان البحار أكثر ثباتاً واستقراراً وأقل تعرضاً للزلازل كما أن المياه فيها نادرة وهو ما يقلل احتمال التسرب الإشعاعي إلى المياه الجوفية ولكن الحفر تحت قيعان البحار ربما لا يقل تكلفة عن خيار الفضاء الخارجي وهذا ما يمنع من الإقدام على مثل هذه المغامرة.

لم يبق إذن إلا البحث عن مناطق مستقرة جيولوجيا ومعزولة عن الأنظمة البيئية وهنا يتداخل العلمي بالسياسي فتسمع عن دفن نفايات نووية لدول الشمال في مناطق مناسبة في دول الجنوب ضمن صفقات مريبة ومشبوهة ولكن لا يخفى ما تقدمه هذه الصفقات من حلول لأصحاب النفايات وخاصة أن القوانين تتجه أكثر فأكثر إلى حماية البيئة والتشديد على النشاطات الضارة بالحشرات وما تحتها من الكائنات فكفى بالبشر ففي أمريكا مدفن وحيد مخصص لهذا الغرض في جبال يوكا (ولاية نيفادا) عمقه يقارب ٣٠٠ متر ولا تصل إليه مياه الأمطار ولا المياه الجوفية وقد اختير هذا الموقع لثباته الجيولوجي وهو غير بعيد كذلك من مواقع تجريب التفجيرات النووية وفي دول أخرى تستخدم بعض المناجم المهجورة مخبأ لهذه النفايات وتمول مشاريع التخزين من

أسعار الكهرباء بواقع ٠,١ سنت لكل kWh في أمريكا وبزيادة طفيفة في أوروبا.

والخلاصة، فإن أخف النفايات النووية هي الناتجة عن أكثر الأنشطة نفعا للإنسان وهي التطبيقات الطبية وأسوأها وأكثرها ضررا على البيئة والكائنات الحية هي النفايات العسكرية وهي التي يمكن القول –في عالم مثالي- أن لا ضرورة لها أصلا وأما نفايات الطاقة فمنها الخفيف والثقيل ونفعها أكبر من ضرها فهي نقية بالمقارنة مع ما تنتجه محطات الفحم الحجري والغاز من ثاني أكسيد الكربون ثم إنها أرخص بكثير وقد آن لهذه الطاقة أن تتاح للعالم الثالث ليكون من العدل تقاسم مدافنها، لا أن يستأثر القوي بالدفء والنور والحركة ويتخذ من أرض جاره الضعيف مرمى للنفايات.

واكب النمو المضطرد في استغلال الإنسان للطاقة النووية والإشعاع، سواء أكان في توليد الطاقة الكهربائية أم في مجالات حيوية أخرى، كالزراعة والصناعة والطب، تطوراً كبيراً في العلوم والتقنيات النووية، إلاّ أن هذا النمو لم فىلح في إقناع كثيرين بإمكان التحكّم في النواتج والآثار المترتبة على هذه التقنيات إن قدرة الإنسان على التحكّم والسيطرة على المخلفات والنفايات المشعّة المتولدة عن استخدام المصادر المشعة هي إحدى تلك المواضيع التي لاتزال تثير الشكوك لدى

الرأي العام في كثير من الدول حول جدوى استغلال الإنسان للطاقة النووية، كما أنها تقف في الوقت ذاته كإحدى العقبات الأساس في وجه الاستغلال الأمثل للطاقة النووية.

يعتمد مستقبل الصناعة النووية إلى حد بعيد على مدى قدرة هذه الصناعة على إقناع الرأي العام بوجود وتوفر التقنيات الملائمة لمعالجة وتحييد النفايات المشعة.

obeikandl.com

ولا يكاد يخلو أي أسلوب لتوليد الطاقة، كما هو الحال في أية عملية صناعية، من توليد نفايات يجب إيجاد الطرق الملائمة لحماية الإنسان والبيئة من آثارها السلبية، إلاّ أن تلك الأساليب تختلف من حالة إلى أخرى، لاسيما من حيث حجم النفايات المتولّدة مع مرور الزمن، فعلى سبيل المثال فإن توليد ألف ميجاوات من الطاقة الكهربائية يحتاج يومياً إلى ١٠٠٠ طن من الفحم الحجري، وينتج عن هذه العملية انطلاق ٣٠٠ طن من ثاني أكسيد الكبريت، وخمسة أطنان من الرماد الذي يحتوي على عناصر أخرى مثل: الكلور، والكادميوم، والزرنيخ، والزئبق، والرصاص ، بالإضافة إلى بعض العناصر المشعة، وفي المقابل ينتج عن توليد الطاقة الكهربائية نفسها في محطة قوى نووية ٥٠٠ متر مكعب من النفايات في العام.

متطلبات عامة للتخزين المركزي للنفايات المشع

مرفق التخزين المركزي هو مخزن لحفظ عبوات النفايات المشعة ، بعد معالجتها في مرفق المعالجة واحتوائها في براميل تمهيداً للتخلص النهائي منها ويعتمد حجم التخزين على عدد البراميل المطلوب استيعابها ، وعلى عدد سنوات التخزين وعند الإنشاء، ينبغي أن يؤخذ الآتي في الحسبان :

(١) مدة التخزين المتوقعة تتراوح بين ١٠ ، ٣٠ سنة.

(٢) استخدام براميل ذات سعة قياسية.

(٣) استخدام رافعة شوكية لرص البراميل وتحريكها داخل المخزن، ولا يجوز استخدام الرافعة لحمل أكثر من برميل.

(٤) رص مالا يزيد على ثلاث براميل فوق بعضها، لتيسير عملية الفحص الظاهري عليها من الخارج بصورة دورية.

(٥) رص البراميل في صفوف، بحيث يحتوي الصف على برميلين، مع ترك ممرات ضيقة، تسمح بمرور الأفراد وليس الرافعة واقترابهم من البراميل للتفتيش عليها، طوال مدة التخزين.

(٦) عمل ممر للرافعة الشوكية في منتصف المخزن، يسمح بانتقالها داخله واقترابها من البراميل.

(٧) يجب أن يكون تصميم المخزن مبسطاً لأبعد الحدود ، كما يجب أن يكون مفصولاً فصلاً تاماً عن المبنى الرئيس للمعالجة فوضع المخزن بالقرب من مرفق المعالجة يعتبر أمراً مريحاً إلا أنه ليس ضرورياً.

(٨) عمل تهوية طبيعية للمخزن بحيث لا يكون المخزن محكم الإغلاق من حيث التهوية.

(٩) يفضل عمل مظلة فوق السقف والجدران إن أمكن حتى لا تسقط أشعة الشمس المباشرة على سقف المخزن مع وجود فاصل بين سقف المخزن والمظلة للتهوية.

المعالجات الأولية للنفايات المشعة السائلة

تتضمن المعالجة الأولية للنفايات المشعة السائلة تجميع وفصل النفايات المشعة السائلة ، وفصل العوالق والأجسام الصلبة الأخرى- نقل النفايات المشعة السائلة في الموقع- تخزين النفايات المشعة السائلة واستعادتها-التحكم في الخصائص الكيميائية للنفايات المشعة السائلة وإلى شئ من التفصيل:

تجميع وفصل النفايات المشعة السائلة

أ- يجب على طالب الترخيص أن يحدد مسالك تجميع وفصل النفايات المشعة السائلة المنتجة، منذ بدء التصميم للممارسة أو المنشأة ويجب أن يحدد طرق التخلص من هذه النفايات، وفقا لمتطلبات التعليمات.

ب- ينبغي تحديد أساليب الرصد الإشعاعي البيئي وأساليب جمع وإعداد وقياس عينات النفايات والعينات البيئية المتأثرة بها، منذ مرحلة التصميم للممارسة أو المنشأة.

ج- يجب استخدام بيانات الرصد ونتائج قياس العينات أثناء التشغيل، لضمان الالتزام بالتعليمات، وعمل إجراءات تصحيح،تحقق الحماية والأمان، في الوقت المناسب.

د- يجب أن تخضع عمليات فصل النفايات المشعة السائلة للتصنيف المحدد في الباب الثالث تمهيدا لتحديد أساليب المعالجة والتخلص.

هـ- يجب توفير عدداً من المصارف (مسالك التصريف) لهذه النفايات، حسبما يلزم وفقا لتصنيفها كالآتي:

(١) مصارف إلى الشبكة المدنية للصرف الصحي لصرف النفايات المشعة التي تستوفي متطلبات الصرف المباشر للنفايات المشعة السائلة إلى هذه الشبكة.

(٢) خزانات مختلفة بسعات مناسبة وأماكن آمنة لاستيعاب وتخزين النفايات المشعة السائلة، التي تخضع للتخزين انتظاراً لإنخفاض نشاطها الإشعاعي حتى الحدود اللازمة، لتصريفها إلى الشبكة العامة للصرف الصحي.

(٣)خزانات أو أوعية بسعات مناسبة وأماكن آمنة لاستيعاب وتخزين النفايات المشعة السائلة، التي ينبغي حفظها حفظاً مؤقتاً، لحين معالجتها أو نقلها للمرفق العام لمعالجتها والتخلص منها.

(٤) خزانات أو أوعية خاصة بسعات مناسبة، لحفظ النفايات المشعة العضوية السائلة،حيث يجب تجميع هذه النفايات بمعزل عن باقي

النفايات السائلة الأخرى تمهيدا للتخلص منها أو نقلها للمرفق العام لمعالجة النفايات المشعة.

و- يجب خفض حجم النفايات المشعة السائلة الناتجة إلى أقل حد معقول، وأن تفصل النفايات المائية (أي الذائبة في الماء) عن غير المائية أو العضوية.

ز- يجب فصل النفايات السائلة الحمضية عن القلوية وعن المتعادلة، وحفظ كل نوع من هذه الأنواع في وعاء منفصل مقاوم للتآكل، وفقاً لنوع النفايات.

ح-عند تجميع النفايات المشعة السائلة يجب استخدام أوعية مقاومة للتآكل،وفقاً لنوع السائل المخزن ويجوز استخدام أحجام وأنواع مختلفة من الأوعية، بدءاً من قوارير البولي إيثلين سعة ٢٠ لتر محكمة الغلق وانتهاء بالبراميل والخزانات الكبيرة المختلفة ويجب ان يزود كل وعاء بالبيانات والعلامات الدالة على نوع النفايات.

ط- عند استخدام أوعية زجاج لحفظ النفايات المشعة السائلة يجب أن توضع هذه الأوعية داخل حاويات إضافية من مادة غير قابلة للكسر لحماية هذه الأوعية عند الكسر.

ي-لا يجوز استخدام أوعية من البولي إيثلين لتجميع أو حفظ النفايات العضوية السائلة، نظراً لتأثر البولي إيثلين بهذه المواد.

ك-يجب أن تكون جميع الأوعية المستخدمة لتجميع النفايات المشعة السائلة محكمة الإغلاق،لمنع تبخر هذه السوائل كما يجب أن يكون السطح الخارجي للوعاء غير ملوث بأي مادة مشعة كذلك يجب أن تخضع جميع الأوعية أثناء التخزين للمراقبة الإشعاعية المستمرة، وأن تتم اختبارات التلوث على السطح الخارجي للوعاء بصفة دورية (مرة كل ثلاثة أشهر، أو بتردد أكبر في الحالات التي يخشى عندها تلف الوعاء أو تسرب السائل منه).

ل-يجب أن يدون على الوعاء جميع البيانات الخاصة بمحتوياته من النويدات المشعة،بانتظام خلال عمليات التعبئة وبعد الامتلاء،وبصورة واضحة وثابتة وتتضمن هذه البيانات أسماء النويدات،ونشاطاتها الإشعاعية كذلك تدون على الوعاء الخصائص الكيميائية للسائل ومستوى الإشعاع على سطح الوعاء مباشرة.

فصل العوالق والأجسام الصلبة :

أ-بعد تجميع النفايات المشعة السائلة التي تتضمن أية عوالق أو أجسام صلبة يجب فصل العوالق والأجسام الصلبة عن السائل وتهدف عمليات الفصل إلى الآتي:

(١) تجهيز النفايات السائلة لمراحل المعالجة التالية مثل المعالجة بالتبادل الأيوني أو بالتبخير أو غيرة.

(٢) إزالة جميع المواد والأجسام العالقة في السائل التي قد تتكون نتيجة الترسيب بعد بعض المعالجات الكيميائية الأولية.

ب- يجب أن تتم جميع عمليات فصل للعوالق والأجسام الصلبة الأخرى من النفايات السائلة، وفقاً لطرق وتقنيات معتمدة من الجهة المختصة وأهم أنواع ووسائل فصل العوالق والأجسام الصلبة الأخرى المعتمدة من قبل الجهة المختصة هي:

(١) مرشحات فصل العوالق:ومن أهمها المرشحات التي يمكن استخدامها لفصل العوالق والأجسام الصلبة من النفايات المشعة السائلة ما يلي:

(أ) المرشحات الرملية بالجاذبية: وهي مرشحات رخيصة تعمل هذه المرشحات بسريان السائل تحت تأثير الجاذبية، إلا أن أهم عيوبها هي البطء الشديد، وعدم إمكانية غسلها، لتكون كميات كبيرة من النفايات المشعة السائلة في عملية الغسيل.

(ب) المرشحات الرملية بالضغط: وتعرف بالمرشحات السريعة، نظراً لزيادة معدل السريان بالمقارنة بالمرشحات الرملية بالجاذبية.

(ج) المرشحات سابقة التغطية: تستخدم هذه المرشحات عادة للسوائل التي تتطلب معالجات أخرى سواء بالتبادل الأيوني أو بالتبخير.

(د) مرشحات الدفع الخلفي: هي المرشحات التي يمكن تنظيفها بدفع الهواء أو الماء في الاتجاه المعاكس ومن هذه المرشحات المرشحات الفلزية والسيراميكية المسامية، والمرشحات المغناطيسية وغيرها.

(٢) أجهزة الطرد المركزي: تستخدم أجهزة الطرد المركزي لفصل المياه عن النفايات المشعة السائلة لخفض حجم الحمأه إلى أقل حد معقول.

(٣) الفرازات المائية:تستخدم الفرازات المائية إما لفصل العوالق الناعمة الصغيرة عن الخشنة الكبيرة، أو لفصل الحبيبات عن الماء ويجب أن يوضع في الحسبان أن هذه الفرازات غير مناسبة لبعض عمليات الفصل مثل:

(أ)فصل الحبيبات التي يقل قطرها عن ٥ ميكرومتر.

(ب)النفايات المشعة السائلة المطلوب فصلها تتميز بدرجة لزوجة عالية.

(ج)عدم وجود فرق كبير بين الطور السائل والطور الصلب من حيث الجاذبية النوعية.

نقل النفايات المشعة السائلة

أ- يتم نقل النفايات المشعة السائلة داخل الموقع عادة بواسطة معدات أو خزانات أو أنابيب محكمة الإغلاق وشديدة المقاومة للتآكل وللتسرب ويجب أن تتناسب متطلبات احتواء نظم نقل النفايات السائلة مع مستويات نشاط الإشعاع للسوائل الخاضعة للنقل، كما يجب أن يتناسب سمك ومتانة الدروع المستخدمة مع حجم المخاطر المتضمنة.

ب- يجب الالتزام الكامل بأساليب نقل النقايات المشعة السائلة داخل الموقع،معترفاً بها من الجهة المختصة والمتمثلة في النقل بواسطة الأنابيب، أو الضخ غير الميكانيكي أو الميكانيكي أو النقل بوسيلة متنقلة.

النقل بواسطة الأنابيب داخل الموقع

أ- عند تصميم خطوط الأنابيب اللازمة لنقل النفايات المشعة السائلة في الموقع، فمن أهم الأمور التي يجب أن تأخذ الحسبان حساب فروق الضغط وما يرتبط بها من أحجام الأنابيب وأشكالها، وأساليب توصيلها بالمضخات لتنفيذ العمل اللازم دون حدوث انسدادات ضارة في الأنابيب خاصة عن مناطق التفرع والصمامات.

ب- إن سريان النفايات السائلة في أي نوع من الأنابيب يعتمد كثيراً على نوع الترسيب، حيث تصنف السوائل من هذا المنطلق إلى ملاطات سريعة الاستقرار(الترسب)وأخرى بطيئة الاستقرار،وثالثة عديمة

الاستقرار ويجب عند تصميم شبكة الأنابيب اللازمة لنقل النفايات المشعة السائلة أن يأخذ في الحسبان خصائص السائل وطبيعة الأنبوب المستخدم للنقل من حيث القطر والميل ودرجة الخشونة لضمان عدم حدوث أية ترسبات لبعض النفايات الصلبة، مما قد يؤدي إلي حدوث إنسدادات غير مطلوبة خاصة في الأنابيب الأفقية أو في نقاط الانحناء الحاد لهذه الأنابيب.

ج-يجب أن تكون شبكة الأنابيب قادرة على مقاومة أية هزات أرضية، كما يجب أن تقاوم ظروف الحوادث الأخرى، كتصادم سيارة بجدار الأنبوبة بهدف منع تسرب النفايات المشعة السائلة من الأنابيب للخارج.

د-يفضل احتواء شبكة أنابيب النقل داخل وسيلة حاوية إضافية، تطبيقا لمبدأ الدفاع في العمق.

<u>الضخ غير الميكانيكي للنفايات المشعة السائلة داخل الموقع</u>

يفضل الضخ غير الميكانيكي لنقل النفايات المشعة متوسطة المستوى في الموقع ويرجع السبب في ذلك إلى عدم حاجة هذا النظام للصيانة حتى عند التشغيل لفترات طويلة ويمكن استخدام أي من التجهيزات الثلاثة التالية لهذا الغرض وهي:

أ-القواذف الهوائية أو البخارية.

ب - بالروافع الهوائية أو روافع الجسيمات بالتفريغ.

ج-المضخات الخاصة بالموائع.

الضخ الميكانيكي للنفايات المشعة السائلة

أ- يقتصر استخدام الضخ الميكانيكي لنقل النفايات السائلة في الموقع على النفايات المنتمية للفئة منخفضة المستوى الإشعاعي، أي النفايات التي لا يتجاوز تركيز بواعث بيتا وجاما فيها ٣٧ جيجابكرل/م^{٣} (١ كيوري/م^{٣}) ولا يجوز استخدام الضخ الميكانيكي مع تركيزات أعلى.

ب- يجوز استخدام المضخات العاملة بالطرد المركزي، المغمورة بالكامل في السائل في نقل السوائل الخفيفة بما فيها السوائل متوسطة المستوى الإشعاعي.

التحكم في معدل سريان النفايات المشعة السائلة

أ-عند الحاجة للتحكم في معدل سريان النفايات المشعة السائلة في مرافق معالجة هذه النفايات يجوز استخدام أي من الوسائل التالية دون غيرها:

(١) الصمامات (وفقاً لمتطلبات إجراء الصيانة عليها أثناء التشغيل).

(٢) وسائل التحويل الميكانيكي.

(٣) الفوهات ذوات الرؤوس الحاكمة.

(٤) الأجهزة الموائع.

ب- بالنسبة للنفايات المشعة السائلة متوسطة الإشعاع فإنه يجب أن يقتصر الأمر على استخدام الوسائل التي يمكن أجراء الصيانة عليها أثناء التشغيل دون غيرها.

نقل النفايات السائلة بواسطة المركبات

أ- يفضل استخدام المركبات لنقل الكميات المحدودة من النفايات المشعة السائلة داخل الموقع أو إلى أماكن معالجة هذه النفايات ولهذا الغرض يجب استخدام حاويات ذات أحجام متفاوتة مصممة خصيصاً لنقل هذه النفايات ومزودة بالحماية اللازمة.

ب- يجوز استخدام المركبات ذات الصهاريج في نقل النفايات المشعة السائلة منخفضة المستوى إلى مرفق المعالجة .

ج- يجب أن يخضع نقل النفايات داخل الموقع، لنفس قواعد النقل الأمن للمواد المشعة الصادرة عن الجهة المختصة.

تخزين النفايات المشعة السائلة

أ- تتضمن إدارة النفايات المشعة السائلة إمكانية استخدام صهاريج أو حاويات لتخزين هذه النفايات لأغراض مختلفة منها:

(١) صهاريج أو حاويات تشغيل قصيرة المدى مثل صهاريج التجميع أو الفصل أو الرصد أو الترسيب أو غيرها.

(٢) صهاريج الاضمحلال في الموقع (لمدة سنة أو عدة سنوات، وبما لا يزيد على عشر سنوات بالنسبة للنفايات المشعة قصيرة العمر النصفي) قبل المعالجة أو التخلص.

(٣) صهاريج التخزين المؤقت لتخزين النفايات المشعة السائلة غير المعالجة.

ب- يجب أن يخضع مخزون النفايات المشعة السائلة للتبريد ولاعتماد الجهة المختصة عند وجود عدد كبير من صهاريج التخزين لديه.

<u>صهاريج التخزين ومتطلبات الاحتواء</u>

أ-عند تصميم نظام لتخزين النفايات المشعة السائلة، يجب أن يؤخذ عدد من العوامل في الحسبان وهي:

(١)الحجم اللازم من النفايات المشعة السائلة للتخزين وتوفر صهاريج وحاويات بديلة.

(٢)طبيعة السوائل الخاضعة للتخزين.

(٣)متطلبات الحماية والأمان للنفايات المخزنة،ومتطلبات الاحتواء.

(٤) المواد المستخدمة في نظام التخزين والقيود على الإنشاءات.

(٥) معايير التصنيع والإنشاء للنظام.

(٦) تيسير جميع عمليات الصيانة والأعمال التصحيحية المختلفة.

ب- يجب تطبيق مبدأ الدفاع في العمق في جميع عمليات تخزين النفايات المشعة السائلة ويتمثل ذلك في ضرورة احتواء النفايات المشعة في الحاويات الأولية، وهي أوعية أو صهاريج التخزين،توضع داخل حاويات ثانوية وهي عبارة عن خلايا أو غرف مبطنة وبالنسبة للنفايات المشعة السائلة منخفضة المستوى يجب أن تكون أرضيات وجدران الخلايا أو الغرف الثانوية مبطنة بمادة متبلمرة مثل الإيبوكسي كحد أدنى أما بالنسبة للنفايات متوسطة المستوى، فيجب أن تبطن أرضية وجدران الخلايا أو الغرف بمادة أكثر مقاومة كالفولاذ غير القابل للصدأ وبالنسبة للنفايات السائلة المتضمنة لبواعث ألفا، يجب أن تزود وسيلة الاحتواء الثانوي بصندوق قفازات آمن ومناسب.

ج-بالنسبة لصهاريج التخزين بصفة عامة، وللأحجام الكبيرة منها بصفة خاصة، يجب أن يوضع في الحسبان تيسير إمكانية إجراء الصيانة لمباشرة لها.

د- بالنسبة للصهاريج الصغيرة، يجب أن يوضع في الحسبان إمكانية توصيل الصهاريج ببعضها البعض،أو استبدال أي من هذه الصهاريج يتطلب الأمر استخدام تكاليف كبيرة، وتصاميم مجربة، وتوفر إمكانية الفك وإعادة تركيب البديل بيسر وسهولة.

هـ- يجب أن يوفر نظام الصهاريج والحاويات التوافق الكيميائي الكامل بين السوائل المحتواه، وبين حاوياتها، بحيث لا تؤثر السوائل على خصائص الحاويات، أو تقلل من كفاءتها مع مرور الوقت كما يجب أن يوفر نظام التخزين إمكانية استعادة النفايات السائلة بالكامل عند الحاجة.

و- عند بدء تخزين النفايات المشعة في الصهريج أو الحاوية، يجب أن يثبت عليه العلامة الدالة على مخاطر الإشعاع (العلامة ثلاثية الأوراق) بحيث تكون واضحة من جميع جهات الاقتراب للصهاريج ومن مسافة بعيدة كذلك يجب أن يثبت على الصهريج أو الحاوية ملصق واضح يحوي جميع البيانات اللازمة كالرقم المسلسل الخاص بالحاوية (بالصهريج) والنويدات المشعة المتضمنة داخله ، والنشاط الإشعاعي المقيس أو المقدر عند لحظة التخزين، وتاريخ التخزين، ومصدر النفايات (المختبر أو الغرفة أو الوسيلة التي جلبت منها النفايات)، وجميع الأخطار المحتملة الإشعاعية والكيميائية وغيرها، ومعدل الجرعة الفعالة على سطح الحاوية (الصهريج)، وتاريخ قياسه (إن اختلف عن

تاريخ التخزين)، وكمية النفايات السائلة المخزنة في الحاوية (وزناً وحجماً) والشخص المسؤول عن التخزين، على أن يوقع الملصق من منسق النفايات (أو مسؤول الحماية من الإشعاع).

ز- تحت ظروف معينة يمكن أن تولد النفايات المشعة السائلة غازات قابلة للاشتعال، نتيجة للتفاعلات الكيميائية أو التعرض الإشعاعي عندئذ يجب أن يتوفر نظام للكشف عن تولد هذه الغازات وتراكمها.

ح-يجب ان تتميز مخازن النفايات المشعة السائلة بخاصية الخمول الذاتي وهذا يعني إمكانية تشغيل المخزن وإدارته بأقل قدر من المراقبات أو الخدمات المختلفة.

ط-يجب أن يتوفر بالمخزن وسيلة للكشف عن التسرب، ويجب أن يؤمن المخزن إمكانية احتواء التسرب داخله، دون أن ينتشر خارجه ويجب توفير إمكانية نقل محتويات الصهريج على الفور إلى صهريج آخر.

ي- يجب أن يستوفي المكان المستخدم لتخزين النفايات المشعة السائلة جميع متطلبات مخازن النفايات المشعة من حيث مراقبة الدخول للمخزن،ومستويات الإشعاع خارجه، بما يتوافق مع متطلبات التعليمات العامة للحماية من الإشعاعات المؤينة.

التجهيز الكيميائى للنفايات المشعة السائلة

يهدف التجهيز الكيمائي للنفايات المشعة السائلة إلى تحويلها إلى صورة صالحة للتخزين أو للمعالجة الكيميائية النهائية ويتضمن هذا التجهيز عددا من العمليات، مثل الحصول على النفايات السائلة في صورة متعادلة كيميائيا، من خلال:

أ- ضبط الأس الهيدروجيني للنفايات المشعة السائلة:

(١) يتم ضبط الأس الهيدروجيني للنفايات السائلة بالتحكم فيه بإضافة أحماض أو قلويات لهذه النفايات ويفضل معالجة تيارات السوائل السارية من النفايات السائلة أثناء دخولها إلى الوعاء المجمع ويجوز إجراء المعالجة لكميات كبيرة داخل الوعاء ذاته.

(٢) يجب أن تعالج السوائل المحتوية على النيتريت أو اليوريد ، أثناء الدخول للوعاء الحاوي، لمنع انبعاث الغازات السامة أو المشعة داخل الوعاء.

(٣)يجب ضبط السائل لمنع حدوث ترسبات موضعية داخل الصهريج (أو الحاوية) لمنع حدوث التآكل فيه ، ولضمان أسلوب تشغيل فعال للمعالجة.

(٤)عند ضبط الأس الهيدروجيني، يجب أن يؤخذ في الحسبان أن إضافة بعض المواد المساعدة قد يؤدي إلى تكون أملاح خلال بعض عمليات

المعالجة مثل التبخير أو التركيز، أو التصليد عندئذ فإنه يجب الاستعاضة عن عملية ضبط الأسس الهيدروجيني بإحدى العمليات الأخرى للتجهيز مثل نزع حمض النيتروجين أو التحليل الكهربائي.

ب-نزع النترات من النفايات المشعة السائلة

بالنسبة للنفايات المشعة السائلة متوسطة المستوى، فإنه قبل إخضاع هذه النفايات للتركيز بواسطة التبخير، أو لعمليات الترسيب، ينبغي أن تخضع قبل ذلك لعملية نزع النترات وتتلخص هذه العملية في أن كل من حمض النيتروجين وحمض الفورميك يتفاعلان معاً منتجين الماء ومنتجات غازية ملوثة من ثاني أكسيد الكربون وأحد أكاسيد النيبروجين ويؤدي هذا التفاعل بدوره إلى خفض تركيز حمض النيتروجين، دون تكون أية أملاح مترسبة.

المعالجة الأولية للنفايات المشعة الصلبة

تهدف المعالجات الأولية للنفايات المشعة الصلبة إلى إعداد هذه النفايات بصورة مناسبة، لتسهيل مراحل وخطوات معالجتها، والتخلص النهائي منها وتتضمن إجراءات المعالجة الأولية الآتي :

أ-اتخاذ الإجراءات الإدارية للمعالجة الأولية.

ب-فرز النفايات وفصلها في مجموعات متجانسة.

ج-خفض حجم النفايات للحد الأدنى.

د –إزالة تلوث حاويات النفايات.

هـ-تغليف النفايات تمهيداً لنقلها لمنطقة التخزين المؤقت، أو لمرفق إدارة النفايات أو للعمليات الأخرى المحددة من قبل الجهة المختصة.

و- التخزين لحين اضمحلال النشاط الإشعاعي.

الإجراءات الإدارية للمعالجة الأولية للنفايات الصلبة

أ- تتمثل الإجراءات الإدارية للمعالجة الأولية في وضع الخطوات الأساسية لإدارة النفايات في صورة مكتوبة بواسطة المرخص له الذي تتولد عن ممارساته نفايات مشعة، بما في ذلك خطوات التجميع والفرز والفصل في مجموعات، والتغليف والنقل للتخزين المؤقت أو الإعادة للمنتج، أو غيرها كما تتمثل في فتح السجلات الرسمية التي تتضمن كافة البيانات والمعلومات الدقيقة، والوصف الكامل للنفايات، والاحتفاظ بهذه السجلات للفترة التي تحددها الجهة المختصة.

ب-في الحالات التي قد لا تتوفر لها المعلومات الأكيدة، فإنه يجب أن يستخدم المرخص له وسائل قياس دقيقة، للحصول على المعلومات المؤكدة اللازمة ، ويجب أن يحتفظ المرخص له بسجلات وافية، تتضمن جميع المعلومات المرتبطة بالنفايات.

فرز النفايات الصلبة وفصلها فى المعالجة الأولية:

أ-تبدأ خطوات المعالجة الأولية بفرز النفايات المشعة وفصلها وتجميعها في مجموعات،وفقا لنوع المواد المشعة الموجودة بها وكمياتها ، وكذلك وفقاً لخواصها الفيزيوكيميائية.

ب-تتم عمليات الفرز والفصل والتجميع يدوياً أو آلياً وتتم عمليات الفرز والفصل في نفس المكان الذي تتولد فيه النفايات المشعة وفي حالات خاصة يجوز تنفيذ هذه العمليات في مرفق وطني خاص بالفرز.

ج-لتنفيذ عمليات الفرز، يجب أن تتوفر لدى المرخص له الخبرة البشرية الملمة بطرق المعالجة الأولية للنفايات المشعة المتولدة لديه بما في ذلك الآتي:-

(١) الخبرة في الكشف عن المواد الخطرة،كالمواد الآكلة والسامة والمتفجرة وغيرها،وإزالة هذه المواد من النفايات المشعة أثناء عمليات الفرز.

(٢) الخبرة في فرز النفايات المشعة وتصنيفها ضمن مجموعات تتفق مع عمليات المعالجة كالمواد القابلة أو غير القابلة للحرق والمواد القابلة أو غير القابلة للكيس ، وحاملات بواعث ألفا ، وحاملات بواعث بيتا وجاما ، والمصادر محكمة الإغلاق ، وغيرها.

(٣) توفير جميع المعلومات حول النفايات الخاضعة للفرز وتسجيلها في السجلات الخاصة بالنفايات أو تزويد إدارة سجلات النفايات بها.

د- يتم فصل النفايات الخاملة كيميائياً عن النفايات النشطة ، بحيث يكون حجم النفايات النشطة كيمائياً أقل ما يمكن .

هـ- يتم فصل النفايات قصيرة العمر النصفي عن النفايات متوسطة أو طويلة العمر النصفي.

و- تجمع نفايات النوع الواحد في وعاء خاص لاحتواء هذه النفايات . ويجب توفير عدد من الأوعية، يكفي لتجميع الأصناف المختلفة في منطقة العمل.

ز- يجب أن تطلى جميع أوعية النفايات المشعة بطلاء أصفر فاتح ، وأن تثبيت عليها علامة مادة مشعة بطريقة غير قابلة للإزالة.

ح-ويجب ألا توضع النفايات داخل الوعاء مباشرة، وإنما يجب أن توضع داخل كيس مصنوع من البولي إثيلين أو البلاستيك السميك، بحيث يمكن إحكام غلقه بعد امتلائه، وأخذه من داخل الوعاء ، دون تبديد لأية نفايات ويجب ألا يسمح الكيس بخروج البلل منه إن وجد، أو وصوله إلي قاع الوعاء أو جدرانه.

المعالجة النهائية للنفايات المشعة الصلبة

تتضمن المعالجة النهائية للنفايات المشعة الصلبة عدداً من العمليات، التي تهدف إلي دمجها، وتقليص حجمها للحد الأدنى، الذي يتناسب مع مبدأ ألارا ، أو إلى احتواء هذا النفايات داخل هياكل صلبة ومتينة، غير قابلة للتفتيت أو التآكل وتتضمن المعالجة النهائية عدداً من العمليات، التي تهدف إلي تقليص حجم النفايات المشعة مثل الكبس والحرق كما تتضمن عدداً آخر من العمليات التي تهدف إلي احتواء النفايات المشعة، لعدم وصولها للبيئة البشرية مثل الاحتواء داخل القوالب الخرسانية (تصليد النفايات المشعة) والاحتواء بالبلمرة.

كبس النفايات الصلبة في المعالجة النهائية

يهدف كبس النفايات المشعة الصلبة، كأحد عمليات المعالجة النهائية، إلي زيادة كثافة هذه النفايات، بما يحقق أقل حجم ممكن منها وتطبق عمليات الكبس على النفايات الصلبة منخفضة مستوى الإشعاع ، متوسطة وطويلة العمر، وعلى النفايات المتضمنة لبواعث ألفا .

ويستخدم للكبس أنواع مختلفة من المكابس، تتراوح القوة المطبقة فيها بين ١٠٠ ١٥٠٠ طن ثقل، وتحقق ضغطاً يتراوح بين ٤٠ و ٨٠٠ كيلو جرام/ سم٢ وفضلا عن المكابس، تستخدم ضواغط لعمل

البالات، وللتخريم والتكييس والحشو ويعتمد معامل الكبس على نوع المواد، وعلى تقنيات المعالجات الأولية، ويتراوح عادة بين ٣ و ١٠ ومعامل الكبس هو نسبة الحجم قبل الكبس إلى نسبته بعد الكبس ولا تجرى عمليات الكبس النهائي للنفايات المشعة الصلبة، إلا بعد الانتهاء من عمليات المعالجة الأولية.

ويجب أن يوفر المرفق المعنى بالتخلص من النفايات الصلبة المكابس عالية الضغط، التي تزيد القوة التي تطبقها على ١٠٠ طن ثقل، لتنفيذ جميع عمليات الكبس اللازمة لتقليص الحجم، إلى الحجم النهائي، الذي سيتم تخزينه أو التخلص منه كنفايات مشعة .

التخزين المؤقت للنفايات المشعة الصلبة:

فضلاً عن أماكن التخزين للاضمحلال، يجب أن يوفر صاحب الترخيص الأماكن المناسبة للتخزين المؤقت للنفايات المشعة الصلبة لديه أو يقوم بحفظها بشكل مؤقت، لحين نقلها للمعالجة أو التخلص النهائي وتخضع جميع أماكن التخزين المؤقت، للنفايات ضعيفة أو متوسطة أو عالية المستوى لمعايير الحماية والأمان الواردة فى التعليمات العامة للحماية من الإشعاعات المؤينة كما يجب ألا تتجاوز مدة التخزين المؤقت للنفايات منخفضة أو متوسطة أو عالية المستوى مدة

عشرة أعوام، بحيث تتم المعالجة لهذه النفايات أو التخلص منها تخلصا نهائياً قبل انقضاء هذه المدة.

ويجب أن تستوفى أماكن التخزين المؤقت للنفايات المشعة المتطلبات الصادرة عن الجهة المختصة وأن تجهز بجميع الاحتياجات البشرية والفنية، اللازمة لتداول النفايات المشعة المخزنة بشكل آمن.

متطلبات عامة لأماكن التخزين :

أ-يجب أن تؤمن أماكن تخزين النفايات المشعة سواء مخازن الاضمحلال أو المخازن المؤقتة عدم تسرب أو انتشار الملوثات المشعة، إلى جميع عناصر البيئة (تربة - هواء - نبات - مياه سطحية وجوفية).

ب-يجب فصل النفايات المشعة داخل المخازن عن بعضها البعض، وفصل النفايات غير المعالجة عن النفايات المعالجة،المخزنة لحين التخلص النهائى منها كما يجب أن تتوفر الأماكن التي تستوعب كميات النفايات المنتجة.

ج-يحظر تخزين النفايات المشعة بالقرب من المواد الخطرة الأخرى، كالمواد القابلة للاشتعال أو الانفجار أو غيرها.

د -يجب أن يحقق التصميم المستخدم للمخازن سهولة الوصول لأماكن التخزين، وسهولة عمليات التخزين أو السحب،للعبوات المختلفة من النفايات.

هـ-يتم عمل الجدران والأرضيات،من مواد يسهل إزالة تلوثها حال حدوثه ويتم تغطية الأرضيات بغطاء مزود بحافة منثنية عند الجدران، لمنع تسرب المادة المشعة حال تسربها بين الأرضيات والجدران ويجب عمل ميول في الأرضيات لتجميع أية مواد مشعة داخل مكان محدد في المخزن وعدم خروجها خارجه.

و- يتم تحديد طرق الاقتراب من المخازن تحديداً دقيقاً، وتوضع عليها العلامات التخذيرية، والإشارات اللازمة، لتحديد هويتها وإمتداداتها.

ز-يجب أن تؤمن الميول خارج المخزن عدم وصول أية مياه أو سوائل أخرى لموقعه.

ح-يجب أن تزود أماكن التخزين بالآتي:

(١) تهوية مناسبة وعدم ارتفاع درجة الحرارة داخل المخزن إلى قيم غير مقبولة.

(٢) وسائل الكشف عن الحرائق واللهب، ووسائل كافية لمكافحة النيران والحرائق.

(٣) وسائل مناسبة للإنذار بارتفاع المستوى الإشعاعي داخل المخزن أو حوله.

(٤) أبواب مقاومة للنيران يسهل إحكام غلقها.

طـ يجب تأمين مخازن النفايات المشعة ضد العبث أو السرقة، وعمل كافة وسائل الحماية المادية، لمنع وصول البشر أو الحيوانات إلى المخزن.

ي-يجب الاحتفاظ بنسخة من سجل المخزن، تتضمن كافة المواد والنظائر المخزنة فيه ، وتواريخ تخزينها، ومواقع التخزين، والأرقام المسلسلة لعبوات التخزين ومواقعها،بالقرب من مدخل المخزن وأن تسجل جميع البيانات الخاصة بالنفايات المخزنة في هذا السجل أولاً بأول.

تغليف النفايات المشعة الصلبة

التغليف هو أحد حلقات تجهيز النفايات المشعة للنقل أو التخزين المؤقت أو الدائم،أو التخلص النهائى ويستخدم الغلاف كوعاء حاو محكم للنفايات المشعة أو لتصليد هذه النفايات، ويمثل درعاً إضافياً.

ب-يجب أن يؤمن الغلاف (الوعاء) مقاومة كبيرة لتآكل المادة الموجودة داخله،وأن يخفض مخاطر التلوث بهذه المادة، وأن يوفر متانة ميكانيكية كبيرة، وييسر من عمليات تداول ونقل التغليف.

ج-يجب أن يستوفى التغليف جميع متطلبات النقل الآمن للمواد المشعة، بما في ذلك المتطلبات الوطنية والدولية عن النقل الدولي.

د-عند التخلص من التغليف في مياه المحيطات، فإنه يجب عند عمل التغليفات، الاسترشاد بالتوصيات المحلية والدولية الصادرة.

هـ-إن أفضل التغليفات والحاويات، التي يفضل استخدامها مع النفايات الصلبة هي البراميل ذات السعات المختلفة (من ١٠٠ حتى ٤٠٠ لتر).

و-يجب أن يطلى التغليف (البرميل)من الخارج بمادة مقاومة للتآكل، وأن تدون عليه، من الخارج، جميع البيانات الخاصة بالنفايات المحفوظة داخله، وأسماء النويدات المشعة وعدد المصادر، والنشاط الإشعاعي لكل منها.

ز-يجب ألا يتجاوز معدل الجرعة الفعالة على السطح الخارجي للبرميل المملوء بالنفايات المشعة، ٢ مللي سيفرت/ ساعة.

<u>حرق النفايات الصلبة في المعالجة النهائية:</u>

أ-يهدف حرق النفايات المشعة الصلبة في المعالجة النهائية إلى خفض حجمها وتقليص دور المخاطر الكيميائية المرتبطة بها.

ب-تتضمن عمليات الحرق كل من الحرق المحكوم والانحلال الحراري والهضم بالأحماض، والحرق بالأملاح المنصهرة وغيرها وتعرف هذه العمليات كالآتي:

(١) يقصد بالحرق المحكوم حرق المواد القابلة للحرق في وسط محكوم غنى بالأكسجين والوسط المحكوم هو الوسط المغلق، حتى لا تتسرب نواتج الاحتراق إلى البيئة، إلا من خلال المنفذ المخصص لذلك، وبالكميات المسموح بها.

(٢) يقصد بالانحلال الحراري حرق المواد في الهواء، أو في جو شحيح الأكسجين، تحت تأثير درجة حرارة عالية، مما يؤدي إلى تحويل جزء من مادة النفايات إلى غاز ٠

(٣) يقصد بالهضم بالأحماض أكسدة مواد النفايات بحمض النيتريك في وسط من حمض الكبريتيك المركز وفي هذه العملية يستخدم حمض الكبريتيك المركز لكربنة المواد العضوية الصلبة، ثم يقوم حمض النيتريك بأكسدة الكربون.

(٤) يقصد بالحرق بالملح المنصهر أكسدة مواد النفايات في وسط مكون من ملح منصهر وفي هذه الطريقة، يتم حرق النفايات مع الهواء الجوي في وسط مكون من كربونات أو كبريتات الصوديوم المنصهرة ، حيث

تحتجز نواتج الاحتراق والرماد، والمواد غير القابلة للاحتراق في ملح مصهور وتستخدم هذه الطريقة في كثير من الأحيان مع المواد البلاستيكية، والمرشحات والأنابيب الفلزية وغيرها.

لحرق النفايات تجمع في أربعة مجموعات هي:

(١) مواد السليولوز كالورق والكرتون والخشب والجرافيت.

(٢) مواد البلاستيك والمطاط (طبيعي وصناعي).

(٣) حيوانات التجارب.

(٤) راتنجات التبادل الأيوني.

عند تنفيذ عمليات حرق النفايات المشعة، يجب أن تجهز المحرقة اللازمة لحرق النفايات المولدة ، أو التي تجمعه ، بحيث تؤمن اكتمال عمليات الحرق ، كما تؤمن سريان الغازات المتصاعدة بيسر، بعيداً عن العاملين أو عامة البشر كذلك يجب أن تستوفى مكونات المحرقة المتطلبات الخاصة بمقاومة التآكل وأهم الجوانب التي ينبغي أخذها في الحسبان ما يلي:

(١)تآكل أنابيب وقنوات سريان الغازات نتيجة تولد غازات آكلة مثل كلوريد الهيدروجين أو فلوريد الهيدروجين أو غيرها، وإرتفاع درجة الحرارة.

(٢) معالجة الرماد المتكون عن الحرق بحرص شديد حتى لا يتناثر إلى البيئة ويلوثها.

(٣) خفض جرعات الإشعاع للعاملين الناتجة عن خفض نواتج الحرق كالرماد أو الغازات والأبخرة الأخرى، أو بسبب مخاطر أخرى غير إشعاعية.

هـ-يجوز استخدام عمليات الحرق لمعالجة النفايات المشعة، منخفضة ومتوسطة المستوى ، وعند استخدام الحرق لمعالجة النفايات متوسطة المستوى، يجب تدريع المحرقة المستخدمة لحرق هذه النفايات، بدروع إشعاعية كافية، تؤمن عدم تعرض العاملين والبشر لجرعات إشعاع تتجاوز الحدود المطبقة.

و-بالنسبة للنفايات التي تتضمن ملوثات مشعة، لبواعث ألفا، أو راتنجات تبادل أيوني، فإنه يفضل أى حرقها باستخدام طريقة الهضم بالأحماض،نظراً لأن الهواء المنبعث عن هذه الطريقة، والمحمل بالنواتج المشعة يكون محدودا للغاية، بالمقارنة بطريقة الحرق العادية.

متطلبات حرق النفايات المشعة الصلبة

يجب انشاء المحرقة أو المحارق، التي تتلاءم مع أنواع النفايات الخاضعة للحرق وعموما يحظر حرق نفايات مشعة في محرقة غير مخصصة لذلك النوع من النفايات.

خطوات وإجراءات حرق النفايات المشعة الصلبة:

يجب أن تتم عمليات الحرق وفقا لخطوات محددة وهي:

فرز النفايات قبل الحرق: فضلاً عن قواعد الفرز السابقة، يجب فرز النفايات المشعة قبل الحرق ، لاستبعاد أية مواد متفجرة ، واستبعاد أو خفض نسبة أية مواد تؤدي إلى تصاعد أبخرة أكالة مثل الكلوريدات أو الفلوريدات وأن يكون مكان الفرز بعيداً عن مكان الحرق، لتفادي امتداد النيران للنفايات قبل فرزها وبعد الفرز تعبأ النفايات في أكياس أو كراتين مصنوعة من مادة غير هالوجينية، ويمكن أن تتم عملية الفرز يدوياً أو آلياً.

تغذية فرن الحرق : يجب أن يتم تغذية الفرن بالمواد الخاضعة للحرق من منطقة جيدة التهوية ويجب أن يؤمن الضغط في هذه المنطقة سريان الهواء من المنطقة إلى الفرن، وليس في الاتجاه المعاكس، و أن يكون باب الفرن من النوع المقاوم للحرارة ، ويفضل أن يصنع من طبقتين

يفصلهما عازل مبرد بالماء الساري، لمنع وصول الحرارة للنفايات الخارجية وتسخينها كما يجب اختيار معدل تغذية الفرن بالنفايات، سواء على دفعات أو بصورة مستمرة وإن كانت التغذية المستمرة تكفل التشغيل المتجانس .

مراقبة الحرق:

(١) يجب اختيار نوع الوقود المستخدم للفرن (بروبان أو فحم أو غاز أو نقط)، حيث يعتمد الاختيار على الوقود المتوفر وينبغي الإشارة إلى أنه على الرغم من أن الأفران التي تعمل بالنفط، تنتج كمية أقل من المياه أثناء عملية الحرق،إلا أنها تنتج كميات كبيرة من أكاسيد الكبريت، التي يمكن أن يتكون عنها حمض الكبريتيك في وجود الماء، مما يؤدي إلى تآكل سريع في الأنابيب والمعدات لذلك، يفضل في هذه الحالات استخدام أفران كهربائية للحرق، بدلاً من أفران الغاز أو النفط.

(٢) يجب التحكم في درجة حرارة الفرن، بحيث لا تقل على ٧٠٠ ^{0} م، ولا تزيد على ١٢٠٠ ^{O} م، تبعاً لنوع المواد الخاضعة للحرق ويفضل الحرق عند درجة حرارة تبلغ حوالي ١٠٠٠ درجة مئوية، لخفض كمية المواد غير المحروقة والسياج في الغازات المنطلقة من ناحية ، وللمحافظة على المرفق من التلف من ناحية أخرى.

(٣) بالنسبة لتقنيات الحرق قد تلزم قيم أعلى لدرجات الحرارة في بعض الأفران ذات درجات الحرارة الأعلى من ١٢٠٠ ^{O}م في هذه الحالة فإنه يجب توجيه العناية الخاصة للحرق وللمحارق وللإمداد بالأكسجين.

تجميع الرماد المتخلف:

(١) يجب تنظيف الفرن من الرماد المتخلف عن عمليات الحرق بعد كل عملية وأن تصنع حفر تجميع الرماد في الفرن من مادة مقاومة للانصهار أو التآكل ويجوز تجميع الرماد بطريقة مباشرة في براميل خاصة متصلة بمخرج الحفرة ، أو بواسطة وسائل يدوية أو آلية خاصة.

(٢) يتم إجراء عملية التنظيف بكسح الرماد خارج الحفرة، بتيار مائي عبر شبكة كسح كاملة ومن مزايا هذه الطريقة أنها تخفض التلوث الإشعاعي.

نظم الأمان ومراقبة المحرقة:

(١) يجب توفير جميع نظم الأمان والمراقبة للمحرقة، بما في ذلك وسائل التحكم المناسبة في الأجهزة الميكانيكية والكهربائية المستخدمة في المحرقة، كالمراوح والمضخات والحارقات، والأجهزة المختلفة اللازمة لقياس درجات الحرارة، والضغط داخل غرفة الحرق، ودرجات الحرارة عند نقاط مختلفة في دائرة التنظيف ، وفروق الضغط في المناطق

المختلفة لمراقبة انسداد المرشحات،وأجهزة قياس الأس الهيدروجين لمياه الغسيل.

(٢) يجب اتخاذ كافة الإجراءات لمنع هروب الغازات المشعة من أقران وغرف الحرق ، ووصولها إلى أماكن العمل أو مساكن البشر، خاصة عند زيادة الضغط في غرف الحرق ومن أهم هذه الإجراءات تزويد الأفران بمداخن تصريف مزودة بصمامات أمان ويجب أن تزود مداخل الهواء للأفران بصمامات، تعمل في اتجاه واحد، حتى لا تسمح بعودة الهواء من الأفران إلى مواقع العمل.

معالجة الغازات المتصاعدة من المحارق:

عند وجود أية مخاطر من الغازات المتصاعدة من المحارق، يجب توفير الطريقة والتجهيزات المناسبة لعلاج هذه الغازات، قبل إطلاقها للبيئة وتتمثل طرق معالجة الغازات المتصاعدة في الآتي :

(١) طرق المعالجة الرطبة:ولا تستخدم هذه الطريقة إلا بعد تبريد الغازات على عمود غسيل دوامي، أو عمود غسيل محشو بكرات صغيرة من السيراميك وتتطلب هذه الأجهزة وجود تجهيزات إضافية لترشيح وتجهيز مياه الغسيل، قبل إعادة التدوير وتتكون هذه التجهيزات من مرشح أولى يتبعه طبقة من الرمل أو مرشح دقيق ، وعازل حراري

لخفض درجة حرارة المياه بعد التنقية إلى مادون ٥٠ ^{O}م ، ووسيلة للتحكم في الأس الهيدروجينى، بحيث يكون عند حوالي ٥، ٧ ٠

(٢)طرق المعالجة الساخنة الجافة:هناك أنواع من المرشحات المصممة للعمل عند درجات الحرارة العالية ، تدفع إليها الغازات مباشرة من غرفة الحرق، وتحجز هذه المرشحات الجسيمات غير المحترقة، التي تحملها غازات المدخنة وتحرقها، فتحولها إلى رماد والمرشحات المستخدمة لهذا الغرض هي مرشحات الشمعة الفخارية، أو المرشحات الفلزية الملبدة،وأهم مشاكل هذه المرشحات حدوث شروح فيها نتيجة للإجهاد الحراري،أو انسداد مسامها، بحيث لا يمكن تنظيفها بضخ الهواء في الاتجاه المعاكس لذلك يجب تغطية هذه المرشحات بمادة خاملة لزيادة كفاءتها.

(٣) طرق المعالجة الباردة الجافة: وتستخدم مرشحات على شكل أكياس وتتطلب تبريد الغازات المتصاعدة بواسطة مبادل حراري أو بالهواء وتعتمد درجة الحرارة القصوى للغاز على نوع المرشح المستخدم إلا أن هذه الدرجة تقترب من ٢٥٠ ^{O} م ، بالنسبة للكثير من المرشحات ويتم تنظيف أكياس الترشيح بالهز الشديد أو بالنفخ وأحياناً تستخدم المرشحات الكهروستاتية بدلاً من أكياس المرشحات.

(٤)إزالة بعض مكونات الغازات المتصاعدة : ويمكن استخدام مرشحات خاصة للمركبات المطلوب إزالتها معروفة باسم مرشحات الفرشاة الحبيبية .

(٥) الترشيح المطلق للغازات : وتستخدم عند الحاجة لإزالة الغبار من الغازات بواسطة مرشحات من النوع المطلق.

خفض حجم النفايات المشعة الصلبة

أ- يهدف خفض حجم النفايات المشعة إلي تيسير تغليفها وإعدادها للتخلص أو للنقل إلى المرفق الوطني للتخلص من النفايات، أو إلي تجهيزها لعمليات المعالجة اللاحقة.

ب-يتم خفض حجم النفايات المشعة بعدة طرق تبعا لنوع النفايات مثل التفكيك والتمزيق والتفتيت والكبس، وإزالة التلوث والحرق وغيرها .

ج-يستخدم التمزيق أو التفتيت لبعض النفايات الصلبة الأخرى، التي لا تخضع للتفكيك أو النشر وتطبق، عادة، عمليات التمزيق أو التفتيت على النفايات قبل حرقها أو كبسها، بغرض تسهيل عمليات الحرق أو الكبس .

د-يتضمن التفكيك جميع العمليات المستخدمة لهدم أو تكسير هيكل النفايات الصلبة مثل النشر أو القطع أو الطحن أو الجرش أو غيرها، مع

ضرورة التقيد بالسيطرة على انتشار الملوثات المشعة المتولدة عن هذه العمليات.

هـ-تستخدم تقنية الكبس لتقليص حجم النفايات الصلبة القابلة للكبس، كمرحلة من مراحل المعالجات الأولية،التي تسبق نقل هذه النفايات للمعالجات النهائية وتستخدم لهذا الغرض مكابس منخفضة الضغط لا تتجاوز القوة المطبقة فيها طن ثقلي .

أوعية احتواء النفايات المشعة الصلبة

أ-يجب أن تكون أوعية احتواء النفايات المشعة الصلبة، متوسطة وطويلة العمر النصفي مصنوعة من مواد محددة ومناسبة للغرض المطلوب، وطبقا لمعايير مناسبة ، بحيث تكفل بقاء هذه الأوعية سليمة، وتحافظ على متانتها، لفترات تصل الى حوالي ٥٠٠ سنة، ويمثل هذا المطلب أهمية خاصة عند دفن النفايات في مقابر ضحلة.

ب-إن المواد المقبولة، للجهة المختصة، لعمل الأوعية الحاوية للنفايات المشعة، هي الفولاذ المكربن، والحديد الزهر ، والفولاذ غير القابل للصدأ ، والرصاص ، والنحاس ، والتيتانيوم، والخرسانة المسلحة ، وبعض أنواع المواد البلاستيكية المعمرة.

ج-يستخدم الفولاذ المكربن في عمل بعض حاويات النفايات المشعة كالبراميل سعة ٢٠٠ لتر و ٤٠٠ لتر، وبعض الحاويات المكعبة التي تستوعب حتى ١٠م^{3} من النفايات٠ وتستخدم هذه المادة في صورة رقائق ملحومة أو مطوية ، تبلغ في البراميل التقليدية حوالي ١٢ رقيقة من الفولاذ قليل الكربون، المسحوب على الساخن٠ ولزيادة متانة البرميل تثبت عادة بين الرقائق عدد من الحلقات الفلزية٠ ونظرا لإمكانية تآكل هذه الرقائق مع مرور الوقت يمكن أن يفقد البرميل خصائصه اللازمة للتخزين أو للدفن خلال مدة محدودة من الزمن٠ لهذا السبب يجب أن تطلى البراميل، من الداخل والخارج (أو من الخارج فقط حسب مكونات المواد في الداخل) بطلاء مقاوم للتآكل مثل الراتنجات الإيبوكسية ، أو الخارصين الفلزي، أو كرومات الخارصين ، أو راتنجات السليكون، أو غيرها٠ وفي بعض الأحيان، فإنه لعزل البرميل عن الهواء الجوى، يجب وضعه داخل كيس من البلاستيك المتين، محكم الإغلاق٠ وعند الحاجة لزيادة متانة البرميل أو خصائصه التدريعية، تستخدم براميل الفولاذ المكربن، المبطنة من الداخل بطبقة من الخرسانة المسلحة.

د- يجوز استخدام الحديد الزهر في عمل بعض أنواع البراميل ، وتبطن بعض براميل الحديد الزهر بالرصاص، ويتميز هذا النوع من البراميل بمقاومته للتآكل فضلا عن خصائصه التدريعية، وسمكه الكبير.

وتستخدم هذه البراميل عادة في حفظ النفايات المشعة التى تتضمن نظائر ذات أعمار نصفية متوسطة، كالكوبلت ٦٠ وغيرها.

هـ- يجوز استخدام الفولاذ غير القابل للصدأ في صناعة بعض البراميل ، حيث تتميز هذه المادة بمقاومتها الكبيرة للتآكل، خاصة عند استخدام الفولاذ الاوستنتي المقاوم للصدأ ويتميز هذه الأخير بمقاومته للتآكل، حتى في أماكن اللحامات، فضلا عن متانته الكبيرة إلا أن مقاومة هذه البراميل للتآكل تقل نسبياً في وجود أيونات الكلوريدات أو الكبريتات لذلك ينبغي توجيه العناية الخاصة لهذا الأمر، عند الحاجة لاحتواء النفايات لعدد كبيرمن مئات السنين في براميل مصنوعة من هذه المادة.

و-يفضل استخدام البراميل المصنوعة من الرصاص أو النحاس أو التيتانيوم لاحتواء النفايات المشعة عالية المستوى وطويلة العمر ، نظراً لشدة مقاومتها للتآكل، حيث تمتد فترة أدائها إلى حوالي ألف سنة، وتصل حتى مليون سنة.

ز-يجوز استخدام الحاويات المصنوعة من الخرسانة المسلحة، لاحتواء بعض أنواع النفايات المشعة، نظراً لمقاومتها للتلف الإشعاعي وللتآكل إلا أن أهم مساوئ هذه الحاويات هي قابليتها لإنفاذ المياه الجوفية ، والسوائل الأخرى التي قد تصل إليها، كالمواد عالية القلوية والأكتينيدات ، فضلا عن قابليتها للتلف الميكانيكي. لذلك يجب تدعيمها دائما بوعاء

فلزي ونظرا لإمكانية تآكل الوعاء الفلزي، فإنه في بعض الحالات التي تستوجب الاحتواء لفترات زمنية طويلة، يستبدل الوعاء الفلزي بوعاء من الألياف الفلزية غير المتبلورة، وغير القابلة للتآكل . ويفضل استخدام الحاويات الخرسانية المسلحة المحتواة داخل وعاء من البوليمرات ذات المقاومة الميكانيكية العالية.

ح-يجوز استخدام أنواع من الحاويات المصنوعة من البولي إيثلين عالي الكثافة، لاحتواء النفايات المشعة الصلبة منخفضة المستوى، قصيرة العمر، نظراً لمقاومتها الشديدة للتآكل وللجرعات الإشعاعية، حيث تتحمل هذه المادة جرعات إشعاعية تصل إلى حوالي مليون غراي دون تلف.

نقل النفايات المشعة الصلبة

يخضع نقل النفايات المشعة الصلبة بصفة عامة، لقواعد النقل الآمن للمواد المشعة، الصادرة عن الجهات المختصة، ولا يجوز نقل أي طرود أو حاويات تتضمن نفايات مشعة، إلا وفقاً لهذه القواعد، وبعد استيفاء متطلباتها.

مقابر النفايات المشعة الصلبة

أ-إن الخيارات المتاحة للتخلص من النفايات المشعة الصلبة، منخفضة أو متوسطة أو عالية المستوى هي دفن هذه النفايات، بعد معالجتها

وتصليدها ودفنها في مقابر أرضية ضحلة العمق، أو في مقابر أو كهوف عميقة تحت سطح الأرض، تبعاً لنوع النفايات الخاضعة للتخلص.

ب-يجب أن تستوفى المقابر الضحلة أو العميقة، المستخدمة لدفن النفايات المشعة الصلبة عدداً من المتطلبات،التي تهدف إلى تأمين حماية البيئة والإنسان من أخطار انتشار الملوثات المشعة من هذه النفايات ، وهي المتطلبات التي تحددها الجهة المختصة بشأن هذه المقابر.

ج-النفايات المشعة الصلبة، ضعيفة أو متوسطة المستوى، ذات العمر النصفي القصير، يجوز التخلص منها بالدفن في مقابر ضحلة العمق تحت سطح الأرض، بشرط أن تستوفى هذه المقابر متطلبات الحماية والأمان، الصادرة عن الجهة المختصة.

د-النفايات المشعة الصلبة، منخفضة المستوى، ذات العمر النصفي المتوسط أو الطويل يجوز التخلص منها في مقابر ضحلة العمق تحت سطح الأرض، بشرط استيفاء متطلبات الحماية والأمان الصادرة عن الجهة المختصة.

هـ-النفايات المشعة الصلبة، عالية المستوى الإشعاعي، قصيرة أو متوسطة أو طويلة العمر لا تدفن إلا في مقابر أو كهوف عميقة تحت

سطح الأرض،ويجب أن تستوفى هذه المقابر أو الكهوف متطلبات محددة للحماية والأمان تصدرها الجهة المختصة.

و-النفايات المشعة الصلبة، متوسطة المستوى الإشعاعي، متوسطة أو طويلة العمر، لا تدفن إلا في مقابر أو كهوف عميقة تحت سطح الأرض.

ز-يجوز التخلص من النفايات المشعة، منخفضة المستوى الإشعاعي، والمتضمنة نويدات مشعة طبيعية،مثل خامات مناجم اليورانيوم والثوريوم، ومخلفات طحن صخورهما ومرشحات تنقية المياه الجوفية، وماشابهها، دون معالجة أو تصليد، في مناجم تحت سطح الأرض، أوفي خنادق تحفر خصيصاً لهذه النفايات.

ح-تخضع جميع مقابر النفايات المشعة الضحلة والعميقة، لمراقبة الجهة المختصة بالحماية من الإشعاع، بهدف حماية البيئة والأجيال القادمة.

ط-المقابر الضحلة هي مجموعة من الحفر المكعبة أو إسطوانية الشكل ،المنفصلة عن بعضها والمحفورة في التكوينات الجيولوجية الراسخة، بعمق لايقل عن أربعة أمتار، وبحيث لايقل سمك الفاصل بين أي حفرتين متجاورتين عن مترين وتدفن النفايات في الحفرة، في طبقة لا يزيد ارتفاعها على مترين، ثم تغطى بطبقة غير ملوثة من نفس التربة لا يقل سمكها عن مترين وتستخدم هذه المقابر لدفن النفايات المشعة الصلبة،

منخفضة المستوى قصيرة العمر النصفي ويجوز تغطية هذه المقابر بطبقة من الأسفلت أو ببلاطة من الخرسانة المسلحة بسمك ٢٠ سم، تعمل كطبقة علوية واقية من وصول المياه السطحية للنفايات.

ي-بالنسبة للمقابر الضحلة المستخدمة لدفن أنواع أخرى من النفايات المشعة فإنها يجب أن تبطن من القاع ومن الجوانب، وأن تغطى من أعلى بطبقة من الخرسانة المسلحة، لمنع انتشار المادة المشعة إلى طبقات التربة المجاورة.

ك-بالنسبة للمقابر العميقة تحت سطح الأرض فأنه يجب تبطين قاع المقبرة وجميع جوانبها وسقفها، بالخرسانة المسلحة.

ل-يجب عمل الأسوار اللازمة حول جميع أنواع مقابر النفايات المشعة، لمنع وصول البشر أو الحيوانات إلى موقع المقبرة.

متطلبات الترخيص لمقابر النفايات المشعة الصلبة

أ-قبل تحديد موقع المقبرة، يجب عمل الدراسات اللازمة لاختيار الموقع الأنسب للمقبرة. وتتضمن هذه الدراسات أمور عديدة منها:

(١)البيئة الطبيعية للموقع، ومدى تأثرها بالمقبرة أو تأثيرها عليها ويجب مراعاة جميع احتمالات وإمكانيات وصول الأنشطة البشرية لمنطقة الموقع، سواء أنشطة زراعية أو صناعية أو رعوية أو سكنية أو

غيرها ويحظر اختيار أي موقع يمكن أن تصله هذه الأنشطة في المستقبل القريب.

(٢) الخصائص الطبوغرافية للموقع، ومدى تأثرها بالظواهر الطبيعية والمناخية كالأمطار والسيول والرياح وغيرها.

(٣) الخصائص الجيولوجية للموقع، ومدى صلاحيته وخلوه من العيوب الجيولوجية والصدوع.

(٤) الخصائص الهيدرولوجية للموقع ومدى توفر المياه السطحية أو الجوفية في منطقة الموقع ومدى قرب هذه المياه الجوفية من سطح الأرض في هذه المنطقة ويحظر اختيار أى موقع لمقبرة نفايات مشعة صلبة إذا تضمن هذا الموقع أي تأثيرات محسوسة على المياه السطحية أو الجوفية.

(٥) الخصائص الزلزالية والجيوفيزيائية للموقع، ويحظر اختيار مقبرة في مناطق النشاط الزلزالي الذي يتجاوز ٧ درجات بمقياس رختر، لمنع انتشار أي ملوثات مشعة بفعل هذه الزلازل.

(٦) الخصائص الأخرى الهامة،كالخصائص التاريخية أو الأثرية أو غيرها،مما قد يتأثر بهذه النفايات المشعة، وخاصة إمكانية استخدام

الموقع مستقبلا كمصدر من مصادر الخامات الطبيعية التي يحتاجها الإنسان.

(٧) الخصائص الإشعاعية، التي قد تؤدي إلى تعرض البشر أثناء الظروف غير الطبيعية لجرعات إشعاعية تفوق الحدود المطبقة.

ب-بالنسبة للمقابر العميقة تحت سطح الأرض، المخصصة للنفايات المشعة عالية المستوى يجب أن يؤخذ في الحسبان فضلا عن الاعتبارات السابقة، تأثيرات الطاقة الحرارية المتولدة عن هذه النفايات ونظم تصريفها للبيئة.

ج-بعد اختيار موقع المقبرة يجب اعتماد صلاحيته كخطوة أساسية من خطوات الترخيص بالمقبرة، وفقا لمعايير محددة تضعها الجهة المختصة ولهذا الغرض يتقدم صاحب الترخيص بطلب للجهة المختصة، للترخيص بمقبرة للنفايات المشعة،على أن يرفق بطلبه جميع الدراسات التي أجريت لاختيار الموقع وبعد دراسة الطلب المقدم والتأكد من صلاحيته تصدر الجهة المختصة الترخيص بالموقع والبدء في الإنشاء.

د-بعد الحصول على الترخيص بإنشاء المقبرة، يبدأ العمل في إنشائها وفقاً للتصميمات التي أجازتها الجهة المختصة، وأثناء عمليات الإنشاء يجب الاستمرار في عمل بعض الدراسات الجيولوجية والهيدرولوجية،

كما يجب أن تخضع جميع هذه العمليات لمراقبة الجهة المختصة وتصدر الجهة المختصة تصريحها،بالبدء في العمل المعين تلو الآخر، وبعد انتهاء مرحلة الإنشاء، تصدر الجهة المختصة ترخيصاً بتشغيل المقبرة واستخدامها بعد تقويم الآتي:

(١) تقرير الأمان الذي يقدمه صاحب الترخيص مع الدراسات والقياسات التي نفذها مثل قياسات الخلفية الإشعاعية الأساسية للموقع وحوله.

(٢) تقارير التفتيش على الموقع من واقع التفتيش الفعلي، للتأكد من تنفيذ كافة الإنشاءات وفقاً للتصاميم المعتمدة.

(٣) تقويم التقارير الدورية الجيولوجية والجيوفيزيائية والهيدرولوجية.

(٤) نتائج اختبارات بدء التشغيل وتوكيد الجودة.

هـ-بعد الترخيص بتشغيل المقبرة يبدأ تشغيلها لدفن النفايات المشعة الصلبة فيها، ويستمر التشغيل إلى أن يتم إغلاقها.

و- يجب أن يتم التشغيل وفقاً للخطة المعتمدة من الجهة المختصة.

ز-يجب عمل برنامج المراقبات اللازمة لتشغيل المقبرة، قبل بدء التشغيل،والتقارير التشغيلية اللازمة ويجب أن تتضمن التقارير التشغيلية الدورية، التي يقدمها صاحب المقبرة بانتظام للجهة المختصة،

جميع البيانات عن النفايات التي استلمت وخضعت للدفن، وأماكن دفنها، بالدقة اللازمة لإمكانية استعادتها بيسر وسهولة كذلك يجب أن يتضمن برنامج المراقبات جميع التعرضات البشرية والتأثيرات البيئية، وأية تغيرات تظهر على المقبرة أو البيئة المحيطة بها أثناء التشغيل أو بعده.

ح-بعد امتلاء المقبرة بالحد الأقصى المسموح به من النفايات المشعة الصلبة يتم إغلاقها،ويجوز الإغلاق بعد مرور فترة زمنية بعد آخر عملية دفن، لإتاحة الفرصة لتنفيذ بعض المراقبات الواجبة، للتأكد من استيفاء متطلبات الجهة المختصة وعدم حدوث انطلاقات غير متوقعة إلى البيئة.