الفصل السادس عشر

الطوارئ الإشعاعية

obeikandl.com

obeikandl.com

الفصل السادس عشر

الطوارئ الإشعاعية

16ـ1 مقدمة:

يمكن تعريف الطارئ الإشعاعي بأنه أي حالة تؤدي إلى خطر إشعاعي غير اعتيادي أو غير متوقع، وهذا التعريف يغطي الأشياء من الإراقة الثانوية في مختبر لمحلول مشع يشتمل على عدة ميجا بيكريل وحتى حادث رئيس في مفاعل حيث قد تنطلق عدة آلاف من الميجابيكريل من نواتج الانشطار. والأسباب التي قد تؤدي إلى طارئ إشعاعي هي:

(1) **فقدان الحواجز الواقية**: حيث تؤدي إلى مستويات عالية من الإشعاع.

(2) **فقدان الحاوي**: حيث يؤدي إلى انطلاق المواد المشعة.

(3) **كتلة حرجة غير متحكم فيها**: مثل التولد السريع لمصدر مشع كبير، له مستويات عالية من الإشعاع.

وتحدث هذه الحالات عادة عن أسباب تقليدية، مثل خلل ميكانيكي أو حريق أو فيضان أو حادث نقل.

إن من المعتاد ـ لأغراض التخطيط والتحكم ـ التفريق بين المستويات المختلفة من الطوارئ التي يمكن حدوثها، فالإراقة الثانوية في مختبر المذكورة آنفاً تعدّ مصدر إزعاج أكثر من كونها تشكل خطراً، بل من الأنسب أن يشار إليها **بالحوادث الموضعية**. أما الحالات الخطرة التي تستوجب إخلاء بعض المناطق وليس لها أثر خارج الموقع أو المنشأة التي وقعت فيها فتسمى غالباً **بطارئ موقعي**. أما إذا كان أثر الحادث يمكن أن يشكل خطراً على عموم المواطنين خارج الموقع فيعرف **بطارئ عمومي**.

وأيًّا كانت الحالة فمن المفيد جدًّا أن يكون قد تم بحث احتمال حدوثها مسبقاً ووضعت إجراءات لمعالجتها. ومن الأمور المهمة اكتشاف أي حالة غير طبيعية في أقرب وقت ممكن، فإذا ما اكتشف حادث فقدان حواجز واقية مباشرة مثلاً واتخذت الخطوات التصحيحية حياله وأجري الإخلاء، فإن الجرعة المتعرض لها ستكون صغيرة جدًّا، وعلى النقيض من ذلك إذا كان عمال التشغيل وغيرهم ممن هم في جوار المحطة ليسوا على دراية بالحادث فقد يتعرضون لجرعات عالية جدًّا.

وسنناقش في هذا الفصل حالات عدة من الأنواع المذكورة آنفًا.

16ـ2 فقدان الحواجز الواقية:

16-2-1 في حالة مصدر صغير مغلق:

تستخدم المصادر الصغيرة المغلقة التي تطلق عادة أشعة جاما في كل من الصناعة والطب والتدريس بصورة واسعة، ومن غير المحتمل أن يؤدي المصدر الذي شدته أقل من 100 ميجابيكريل إلى جرعة زائدة لشخص ما (إلا إذا حمل في الجيب مثلاً)، ولهذا فإن فقدان حاجز هذه المصادر ربما يؤدي إلى حادث موضعي. وتتداول هذه المصادر عادة بالملقط، وتخزن في صناديق صغيرة مبطنة بالرصاص. والسبب الأكثر احتمالاً في فقدان الحاجز هو رفع المصدر من حاوية من قبل شخص ما، وعدم إعادته ثانية. والطريقة المثلى في الحماية من مثل هذه الحالات هو نصب أجهزة إنذار تعطي إشارات عندما لا يكون المصدر داخل الحاوي، وإن التفقد المنتظم للمصادر يقلل من احتمال عدم كشف الحالة مدة زمنية طويلة.

ويمكن أن يحدث فقدان الحواجز عن تلف ميكانيكي، فإذا سقط الحاوي مثلاً، لا ينبغي أن يكون هناك إشكالٌ في اكتشاف الحدث. ومن الأسباب الممكنة في حال الحريق الذي قد لا يؤدي إلى صهر الحواجز فحسب، بل يؤدي أيضاً إلى فقدان حاوي المصدر ذاته، وهذا ينبغي التحسب له.

16-2-2 مصادر كبيرة مغلقة:

توضع المصادر الكبيرة المغلقة ـ كتلك المستعملة في كل العمليات الصناعية والتصوير الإشعاعي وفي العلاج الطبي ـ في حاويات أنشئت خصيصاً لهذه الأغراض وتكون مزودة بوسائل ميكانيكية لإجراء التعرض الإشعاعي، وتصمم الحاويات لتتحمل الحوادث الميكانيكية المتوقعة كما أنها تقاوم الحريق، ويقلل من احتمال التعرض غير المقصود للمصدر الإشعاعي دقة تصميم الجهاز، ومع هذا فمن المستحسن وجود نظام للإنذار يكشف حالات الخطأ.

ومعظم الحوادث التي تشتمل على هذا النوع من المصادر تحدث في التصوير الإشعاعي الصناعي، فغالباً ما تجرى هذه العملية تحت ظروف صعبة في مواقع الإنشاءات، حيث لا يوجد أي نوع من أجهزة المراقبة، ولقد وقعت حوادث عدة انفصل فيها المصدر المشع عن آلات التشغيل، وعند إرجاع الآلات إلى موضع الخزن يبقى المصدر مكشوفاً دون حواجز، بل عثر في بعض الحالات على المصدر المشع عند شخص كان قد وضعه في جيبه دون أن تكون له دراية بصفاته الخطرة، وهذا يعرض الأشخاص لجرعات عالية جدًّا بل وقاتلة أحياناً. ومنع وقوع مثل هذه الحوادث لا يعتمد على الاستخدام الصحيح للمعدات المناسبة فحسب؛ بل يعتمد أيضاً على التدريب الجيد والالتزام الدقيق بإجراءات المراقبة المصممة مسبقاً من قبل المصور الإشعاعي. ويوجد حالياً كذلك أجهزة إنذار محمولة يمكن استخدامها في مواقع العمل.

16-2-3 حوادث تداول وقود المفاعل:

أشرنا في الفصل العاشر إلى المشكلات والأخطار المرتبطة بتداول الوقود الشديد الإشعاع من المفاعل النووي. أما في مجمع المفاعلات الكبيرة لتوليد الطاقة فتستخدم أجهزة التحكم عن بعد في رفع الوقود من المفاعل ونقله إلى حوض التبريد، ويمكن القول: إن من شبه المستحيل أن ينكشف الوقود ويصبح غير معزول إشعاعيًّا في هذه

المرحلة؛ نظراً لأجهزة الأمان المبنية فيه. أما في مفاعلات البحث العلمي فهناك ـ في العادة ـ مجال أوسع لوقوع حوادث إشعاعية عند تداول الوقود؛ لذا يكون الاعتماد الأكبر في هذه المفاعلات على استخدام إجراءات التشغيل المصرح بها. أما المجال الأكثر احتمالاً في وقوع حادث فقدان حاجز إشعاعي فهو أحواض التبريد، ربما عن طريق رفع الوقود غير المتعمد من الحوض أو بسبب فقدان ماء الحوض، ويمكن تخفيض احتمال وقوع مثل هذه الحوادث بالتصميم الجيد للمعدات والتشغيل والصيانة الحذرة. ومع هذا، فمن الضروري نصب نظام للإنذار عن الإشعاع بوصفه خطوة أخيرة للحماية.

16ـ3 فقدان الحاوي:

16- 3- 1 الإراقة الثانوية للمواد المشعة:

ربما تكون إراقة محلول مشع في مختبر بحدود عدة ميجا بيكريل هي الأكثر انتشاراً من بين الحوادث غير الطبيعية، ومما يقلل من احتمالات وقوع ذلك هو الممارسة المخبرية الجيدة كوضع حاويات المحاليل في طبق خاص يستطيع احتواء أي إراقة محتملة، وعلى أي حال فالإراقة يمكن أن تحدث في أحسن المختبرات تنظيماً، ولكن إذا ما عولجت مثل هذه الإراقة بصورة صحيحة، فإن التلوث الحاصل لن ينتشر خارج المختبر أو في المنطقة التي وقع فيها. والعمل الأكثر أهمية بعد إزالة أي تلوث شخصي متطلب هو مسح المواد المشعة المراقة باستخدام مواد ماصة قبل أن تجف فتنتشر جوًّا.

ومن الاحتياطات المفيدة في المختبرات التي تتعامل مع مصادر غير مغلقة توفير **حزم عدة للإراقة**، وحزمة الإراقة هذه: عبارة عن كيس من البلاستيك يحتوي على زوج من القفازات، وزوج من الأحذية الواقية، ولفافة من مادة ماصة (فضلات قطن أو مناشف ورقية... إلخ)، فتلبس القفازات والأحذية الواقية وتمسح الإراقة باستعمال المادة الماصة التي تعاد في الكيس بعد ذلك للتخلص منها. وبعد تنظيف معظم المواد المشعة بسرعة يمكن فحص السطح وإجراء تنظيف ثانٍ إذا ما استدعى الأمر. أما إذا ما تلوث شخص

نتيجة الإراقة فإنه يجب عليه لبس القفازات النظيفة والأحذية الواقية، والذهاب إلى منطقة التغيير أو منطقة إزالة التلوث دون نشر التلوث.

إن أي إراقة تظل دون اكتشاف مدة من الزمن يرجح أنها ستنتشر في المنطقة، وقد تمتد إلى خارجها فتتسبب في إحداث أخطار كبيرة، ولهذا فمن المهم أن يعتاد العاملون في المناطق التي تستخدم المصادر غير المغلقة على الاغتسال والفحص في كل مرة يغادرون فيها المنطقة.

وفي بعض الحالات قد يكون سبب انطلاق المواد المشعة هو عطل في الخدمات مثل التهوية أو المصدر الكهربائي، ويمكن أن يشكل العطل في الصناديق ذات الكفوف مشكلة في هذا الخصوص، فهي تستخدم تحت ضغط أقل قليلاً من الضغط الجوي، وهذا يعني أن التسرب إذا ما حدث فسيكون من الخارج إلى الداخل وليس العكس، فإذا تسبب عطل ما في زيادة ضغط الصندوق فإن التسرب سيكون نحو الخارج، أو قد تنفجر كفوف الصندوق أو لوحته في الحوادث الأشد خطورة مؤدية بذلك إلى إطلاق رئيس للمواد المشعة. ولذلك ينبغي إعطاء اهتمام خاص في التصميم لمثل هذه الاحتمالات للتقليل من فرص وقوعها، وينبغي أن تكون هناك إجراءات مدروسة مسبقاً للتعامل معها.

16-3-2 إراقات رئيسة للمواد المشعة:

إن الإراقات الرئيسة هي التي تتضمن 100 ميجابيكريل أو حواليها من النشاط الإشعاعي، ويمكنها أن تؤدي إلى أخطار جدية حسب سمّية النويدات المراقة، وقد تتطلب هذه الحالات الإخلاء المباشر للعاملين، ووقف نظام التهوية، وغلق المنطقة من أجل منع انتشار المواد المشعة. وقد يكون من الضروري التحكم في دخول المنطقة التي يقوم فريق يرتدي ملابس واقية مناسبة وأجهزة للتنفس في تطهيرها من الإشعاع. ومثل هذه الأوضاع تظهر قيمة التصميم المناسب للمختبر، ومن السهل نسبيًّا إزالة التلوث في

المختبرات الجيدة التي حظيت بعناية خاصة عند طلاء سطوحها. أما المختبرات ضعيفة التصميم فقد يكون من الصعب أو حتى من المستحيل إزالة التلوث منها.

16- 3- 3 تحررات رئيسة من أجهزة نووية:

من أخطر الحوادث المحتملة في فقدان الحاوي ما يتضمن تحرر نواتج الانشطار من مفاعل، وكما مر بنا سابقاً فإن هذه النواتج محتواة في ثلاثة حدود منفصلة هي بطانة الوقود، وبحدود جهاز التبريد وبمبنى المفاعل. والسبب الأكثر احتمالاً في تحرر نواتج الانشطار في مفاعلات الطاقة هو عطل في دائرة الضغط (مثل شرخ في قناة التبريد) يؤدي إلى فقدان المبرد وارتفاع درجة حرارة القلب وذوبان الوقود، وقد تتحرر نواتج الانشطار بعد ذلك من الوقود الذائب، وتتسرب خلال الشرخ الحاصل في جهاز التبريد، فإذا ما تسرب 0.1 ٪ فقط من مخزون نواتج الانشطار في مفاعل كبير من جهاز التبريد فإن هذه النسبة قد تصل إلى ما يزيد على 10^{17} بيكريل، وإذا تسرب 1٪ من هذه الكمية من مبنى المفاعل أو الحاوي، فإن المقدار المتحرر إلى الجو سيكون 10^{15} بيكريل مؤدياً إلى مستويات عالية جدًّا من الإشعاع، وإلى تلوث في موقع المفاعل وسيشكل خطراً على المواطنين المحليين.

إن مثل هذه التقديرات هي التي أدت إلى بناء الجيل الأول من المفاعلات النووية في مواقع بعيدة عن مراكز السكان، في حين تبنى ـ حالياً ـ بعض محطات كبيرة ذات تصميم حديث في مواقع جديدة قريبة من المدن، والسبب في ذلك يعود إلى أن المحطات ـ مثل المفاعل المتقدم المبرد بالغاز ـ إما موضوعة في داخل وعاء للضغط من الخرسانة المسلحة المتماسكة لا يمكن تصور الخلل فيها عمليًّا، وإما أن يكون في المفاعلات الأخرى أنظمة خاصة ـ كما الحال في مفاعلات الماء الخفيف ـ من ضمنها حاوٍ لتقليل إمكانية تحرر المواد المشعة في حالة وقوع خلل في نظام التبريد.

كان أحد أوائل حوادث المفاعلات قد وقع في ونسكيل في كمبرلاند[1] عام 1957م وكان المفاعل من التصميمات الأولى، التي كانت تستخدم التبريد المباشر بالهواء الذي يمرر داخل قلب المفاعل لإزالة الحرارة، ثم يفرغ ثانية إلى الجو عن طريق مدخنة مرتفعة مزودة بمرشحات، وقد كانت تجري آنذاك عملية خاصة أدت إلى ارتفاع درجة حرارة قضبان الوقود واشتعال النار فيها، وكانت المادة المشعة الرئيسة التي تحررت هي اليود-131، وذلك لكونها بخاراً، ولم تترشح بصورة فعالة بواسطة المرشحات، وقد قدّرت الكمية المتحررة من اليود -131 بمقدار 7×10^{14} بيكريل. ومع أنه لم يكن من الضروري إخلاء أهالي المنطقة فقد أعلن أن اللبن المنتج في منطقة كبيرة باتجاه الريح غير صالح للاستهلاك، ويعود السبب في ذلك إلى مسار التعرض: اليود-131 ← مرعى ← تناوله الأبقار ← لبن ← استهلاك اللبن ← جرعة إلى الغدة الدرقية. هذا وقد تحررت نواتج انشطار أخرى مثل السترونشيوم والسيزيوم بكميات تقل كثيراً نتيجة عمل المرشحات.

والتبريد المباشر بالهواء لا يستخدم في الوقت الحاضر في مفاعلات الطاقة؛ لأنه لم يعد محتملاً وقوع حوادث أخرى من هذا النوع، وقد تعلمنا كثيرًا من حادث ونسكيل عن نوع التنظيم والمعدات والإجراءات الضرورية للتعامل مع مثل هذه الحوادث الرئيسة.

وعام 1979م وقع حادث في محطة تجارية كبيرة لمفاعل الماء المضغوط (BWR) في "ثري مايلز آيلند" (جزيرة الثلاثة الأميال) في بنسلفينيا من الولايات المتحدة الأمريكية، وكان سبب الحادث تسرب رئيس في جهاز الضغط، وعطل جهاز الأمان عن الاشتغال بسبب خطأ في أحد صماماته، وقد أدى فقدان المبرد إلى زيادة حرارة الوقود وتحرر مواد مشعة إلى الجو عن طريق نظام المخلفات الغازية. وكانت هذه المواد المشعة المتحررة

(1) كمبرلاند في إنجلترا.

مكونة أساساً من نواتج انشطار ذات أعمار أنصاف قصيرة نسبيًّا، وكان التعرض الإشعاعي للسكان القريبين من المحطة قليلاً نسبيًّا.

ولقد قاد هذا الحادث إلى زيادة الجهود لفهم العمليات التي يمكن أن تحدث خلال حادث مفاعل شديد. ويبدو أن تحرر نواتج الانشطار في معظم الحوادث التي يمكن أن تحدث في مفاعلات الماء الخفيف (LWRs) هي أقل مما كان متوقعاً، ويعود السبب في ذلك إلى عمليات عدة في الحاوي ولكون تركيب الحاوي نفسه له دور فعال في الحد من التحرر.

ووقع حادث أشد خطورة في تشيرنوبل بأوكرانيا عام 1986م شمل مفاعل الماء المغلي مبرداً بالجرافايت بطاقة 1000 ميجاواط كهرباء، وقد أدى الحادث إلى اشتعال حريق رئيس، وتحرر كمية كبيرة من المواد المشعة نحو ألف مرة ضعف التحرر الذي نتج عن حادث ونسكيل، ومليون مرة ضعف التحرر الذي حدث في جزيرة الأميال الثلاثة، وقد أدى حادث تشيرنوبل إلى معدلات عالية جدًّا من الجرع الإشعاعية في الموقع، وكان هناك تلوث إشعاعي شديد ليس فقط بحدود المنطقة ولكن تعداها إلى مناطق واسعة من أوروبا الغربية، ونتيجة لذلك تم إخلاء مدينة "بريبيت" التي تبعد 3-5 كم عن الموقع من سكانها البالغين 45000 نسمة في أقل من ثلاث ساعات في عصر اليوم الثاني للحادث، وذلك لأن معدل الجرع الإشعاعية فيها تتراوح بين 7-10 ملي سيفرت/ ساعة. وقد قدر أن معظم سكان بريبيت تعرضوا لجرع جاما لكل الجسم بلغت 15- 50 ملي جراي و100- 200 ملي جراي للجلد نتيجة جسيمات بيتا.

وبعد عقدين تقريباً من الزمان استمر حادث تشرنوبل يشغل تفكير العالم حول التأثيرات الإشعاعية لحوادث المفاعلات النووية، واستمرت الدراسات عن آثار تحرر المواد المشعة على السكان لتحديد أنظمة العلاج وخاصة بالنسبة إلى سرطانات الدرقية في الأطفال ولزيادة دقة معاملات الخطر. وقاد الحادث إلى إعادة تقويم طرق محاكاة التحرر والانتقال والأخذ للنظائر المشعة، وكذلك الاستعدادات والإجراءات المطلوبة للتعامل مع

هذه الأوضاع وإلى اتفاقية دولية عن الأمان النووي تهدف إلى تحسين مستوى الأمان في جميع المحطات النووية في العالم، واتفاقية بالإعلان المبكر عن الحوادث النووية للتأكد من أن جميع الدول التي هي عرضة للتأثر تخبر سريعاً بأي حادث يقع في المستقبل.

ومن المصادر المحتملة لوقوع حوادث رئيسة لتحرر المادة المشعة هي محطات معالجة الوقود النووي وتجهيزات خزن المخلفات التابعة لها. وكما هو مفصل في الفصل 10 أنه بعد معالجة الوقود كيميائيًّا يوجه دفق المخلفات ذات الإشعاعية المرتفعة التي تحوي تقريباً كل نواتج الانشطار والاكتينات الأعلى نحو خزانات حاوية خاصة، وهذه الخزانات قد تحوي إشعاعية عدة قلوب مفاعلات من المادة المشعة، وتتطلب التبريد لإزالة الحرارة المتولدة نتيجة الاضمحلال الإشعاعي ومنع تراكم غاز الهيدروجين الذي هو عرضة للانفجار، فأي انقطاع في التبريد ساعات عدة أو في حالة وقوع حادث شديد مثل هزة أرضية، أو اصطدام طائرة قد يؤدي إلى وهن الخزانات الحاوية وتحرر نسبة ملحوظة من المخزون، ومثل هذه الحوادث المحتملة ينبغي أن تشملها خطط الطوارئ لمحطات معالجة الوقود النووي.

16ـ4 كتلة حرجة غير متحكم فيها:

16-4-1 عموميات:

في الفصل العاشر شرحت عملية الانشطار والظروف التي يمكن أن يحدث عندها تفاعل متسلسل، ويمكن أن تحدث انحرافات حرجة[1] غير متحكم فيها (سائبة) في أي محطة أو مختبر يتعامل مع كميات كبيرة من مواد انشطارية وكذلك في المفاعلات. والسمة الرئيسة للكتلة الحرجة غير المتحكم فيها هي الفيض الكثيف من النيوترونات الفورية وأشعة جاما التي تنطلق في أثناء الانحراف، فإذا ما حدث هذا في منطقة ليس فيها حواجز أو فيها حواجز قليلة، فسوف يؤدي ذلك إلى أخطار إشعاعية كبيرة جدًّا، أما إذا

(1) (المقصود من الانحرافات الحرجة هو حصول الكتلة الحرجة للوقود النووي التي يمكن أن تنفجر مثل القنبلة النووية).

ما حدث في قلب المفاعل فإن الخطر سيقل كثيراً نتيجة للحاجز الإحيائي. وفي كلتا الحالتين إذا ما كانت الطاقة المتحررة كبيرة إلى حد كافٍ فيمكن أن تؤدي إلى تفاعل انفجاري وفقدان الحاوي وتحرر مادة مشعة.

وهناك ثلاثة تدابير لمنع حدوث كتلة حرجة عند وجود كميات كبيرة من المواد الانشطارية، وهي:

(1) توفير المواد **الآسرة للنيوترونات**.

(2) استخدام **أشكال آمنة**.

(3) تحديد الكميات (**الدفعات**).

والطريقة الأولى هي الأكثر أهمية في المفاعل، أما في محطات الوقود فتستخدم الطريقتان الثانية والثالثة بصورة منفردة أو مجتمعة.

16 ـ 4 ـ 2 المفاعلات:

يتم المحافظة على الحراجة في المفاعل بتغيير موضع قضبان التحكم، انظر مبحث [10- 3 - 2] ويمكن أن تقع الانحرافات الحرجة إذا لم تتمكن قضبان الوقود من دخول القلب عندما يتطلب ذلك أو عندما تخرج منه فجأة.

إن معظم الانحرافات الحرجة غير المتحكم فيها حدثت في مفاعلات تجريبية منخفضة الطاقة، وليست في مفاعلات الطاقة الكبيرة، وكان وقوع الحوادث في معظم الأحيان بسبب مجموعة من الملابسات مثل سوء التصميم، أو عطل ميكانيكي أو كهربائي، إضافة إلى خطأ في التشغيل.

ومن الحوادث التي درست بدقة ونشر تقريرها، ما وقع في مفاعل SL1 في مدينة إداهو فولز في الولايات المتحدة عام 1961م، فبعد إيقاف روتيني للمفاعل من أجل الصيانة، قام فريق من المشتغلين مكون من ثلاثة أشخاص بإعادة تركيب محرك قضيب

التحكم استعداداً لبدء التشغيل، وكان من تصميم آلية قضيب التحكم أن ترفع القضبان يدويًّا سنتمترات عدة عند توصيلها، وقد تبين أن قضيب التحكم المركزي كان مرفوعاً يدويًّا نحو نصف متر ما أدى بالمفاعل إلى الوصول إلى حالة حرجة، وأدت الطاقة المتحررة إلى انفجار شديد للبخار أدى إلى قتل الفريق المذكور، وتعرقلت عمليات الإصلاح بسبب مستويات الإشعاع التي وصلت إلى نحو 10 سيفرت/ ساعة في داخل مبنى المفاعل نتيجة تحرر نواتج الانشطار من قلب المفاعل، ولم يتسرب من المبنى إلا القليل من المواد المشعة على الرغم من أن المبنى لم يكن مصمماً بوصفه حاويًا. ووقع هذا الحادث بسبب خطأ خطير في التصميم، وبسبب الإشراف أو التدريب غير الكافيين للمشتغلين في المفاعل. إن التصاميم الحديثة لكل من المفاعلات التجريبية ومفاعلات الطاقة تحاول التأكد من جعل وقوع هذه الحوادث مستحيلاً.

16-4-3 محطات وقود المفاعل:

هناك ثلاثة أنواع لمحطات وقود المفاعل، وهي: محطات التخصيب، ومحطات التصنيع، ومحطات معاملة الوقود المشعع، وكل هذه المحطات تتعامل مع كميات كبيرة من المواد الانشطارية، وقد تكون هذه المواد في حالة صلبة أو سائلة، والنوع الأخير أكثر خطورة بسبب أن المحلول يوفر تهدئة للنيوترونات. وتتطلب طريقة "الأشكال الآمنة" جعل أواني جميع العمليات من الخزانات وأنابيب العمل بشكل يمنع أن تصبح محتوياتها في حالة حرجة، وأنسب الأشكال لذلك هو الصفائح الرقيقة والأسطوانات الطويلة؛ لأن الشكل الكروي هو أنسب الأشكال لتكون كتلة حرجة؛ لأن احتمال هروب النيوترونات منها دون إحداث انشطار آخر يكون على أقل نسبة ممكنة.

ويمكن تطبيق طريقة الأشكال الآمنة كذلك عند تداول المواد الانشطارية في حالتها الصلبة كأقراص وقود (قضبان أو ألواح)، ومثال ذلك طريقة الصفائح الرقيقة إذ إن سمتها الرئيسة أن جميع المادة الانشطارية تخزن وتعامل وتنقل ضمن مساحة معينة بحدود

عدد من الطبقات. فإذا كان السمك الآمن للمادة الانشطارية المتداولة هو 0.15م مثلاً، فإن كل المادة تخزن ليتعامل معها بارتفاع محدد، بين 1م و1.15م مثلاً فوق مستوى الطابق، وتكون جميع سطوح العمل على ارتفاع 1م، وترتب العربات والمكائن ورفوف الخزن بحيث تبقى المادة دائماً في طبقات رقيقة.

إن عمل الدفعات يعني أن تعامل المواد الانشطارية داخل المحطة بكميات أصغر من أن تصبح حرجة حتى في أسوأ الأحوال. ومن أجل توفير فرصة إضافية للأمان تصغر الدفعات عادة إلى حد تظل فيه أمينة حتى لو تضاعفت بسبب عطل ميكانيكي أو إداري. والنقطة المهمة الأخرى هي أن الأوعية والدفعات يجب أن توضع متباعدة بصورة كافية لمنع حدوث تفاعل بينهما.

ومهما كانت طريقة التحكم المستخدمة ينبغي عمل الاحتياطات وخاصة تقدير احتمال حدوث فيضان بسبب ما يوفره الماء من تهدئة وعكس للنيوترونات. أما خطط إطفاء الحريق فهي غالباً ما تكون معقدة بسبب الحاجة لاستثناء الماء من المنطقة.

وتمثل حادثة لوس آلاموس التي وقعت في نيومكسيكو بالولايات المتحدة الأمريكية عام 1958م واحدة من حوادث محطات الوقود عندما كان المسؤولون في المحطة يجرون جرداً لبقايا بلوتونيوم، حيث تم تفريغ مواد خزانين في خزان ثالث، وقد كان كل خزان يحوي كمية ذات كتلة آمنة من البلوتونيوم، ولكن عندما أضيفت الكميتان إلى بعضهما بعضاً تجمعت كمية ذات كتلة غير آمنة، إذ كانت بقية البلوتونيوم ثقيلة إلى حد ما، فترسبت في قاع الخزان الثالث بشكل يقترب من الحرج، وعندما خلطت محتويات الخزان كهربائيًّا اختلطت البقية مع المذيب الذي عمل مهدئاً للنيوترونات فصار النظام حرجاً، مما أدى إلى تعرض عامل التشغيل إلى جرعة قاتلة تقدر بـ 120 جراي.

16-5 التخطيط المسبق للطوارئ:

كان من النتائج المهمة لحادث جزيرة الأميال الثلاثة المذكور في المبحث (16-3-3) أن جميع الدول راجعت خططها المسبقة للطوارئ النووية، ففي الولايات المتحدة الأمريكية أدى ذلك - ضمن أمور أخرى - إلى زيادة المسافة بين المحطة والمناطق الآهلة بالسكان، وتطلب ذلك تخطيطاً مسبقاً، أما في المملكة المتحدة فقد رأى فريق المراجعة عدم ضرورة زيادة المسافة بين المحطة والمناطق الآهلة بالسكان ولكن دعت إلى عدد من الإجراءات لتحسين تنسيق خدمات الطوارئ وتسيير عملية اتخاذ القرار في حالات الطوارئ. أما حادث تشرنوبل فقد أدى إلى زيادة تقويم ترتيبات الطوارئ.

بعد عقدين من وقوع حادث تشرنوبل تبنت المنظمات الدولية مثل الاتحاد الأوروبي، والحكومات الوطنية، والسلطات المنظمة، توجيهات منهجية في ازدياد مطرد للتخطيط والطوارئ وتوفير المعلومات للمواطنين.

وازداد الطلب على مشغلي المنشآت حيث يجرى العمل بالإشعاع لإجراء تقويمات منهجية للأضرار والأخطار وذلك للأغراض الآتية:

- تحديد ماهية الإجراءات التطبيقية المعقولة التي يمكن اتخاذها، لمنع وقوع الحوادث التي يمكن التنبؤ بها، ومعالجة آثارها إذا وقع أي منها.
- توفير قاعدة هيكلية للتخطيط للطوارئ، وتوفير المعلومات للمواطنين.
- إعطاء معلومات إلى السلطات المحلية للتمكن من إعداد خطة خارج المنشأة.

لقد تبنت المملكة المتحدة أنظمة الإشعاع (الاستعداد للطوارئ وإعلام المواطنين) عام 2001 م لتطبيق بند عام 1996 في التوجيهات القياسية الأساسية للسلامة الذي تناول التدخل في حالات الطوارئ الإشعاعية. وأنظمة الإشعاع هذه طبقت أيضاً ما يخصها في توجيه معلومات المواطنين عام 1989م عن أخبار عامة الناس حول إجراءات الحماية الإشعاعية التي ينبغي تطبيقها والخطوات التي ينبغي اتخاذها في حالة الطوارئ.

يبدأ التخطيط المسبق للتعامل مع حالات الطوارئ في مرحلة التصميم لأي محطة أو عملية أو تجربة. إن التحليل التفصيلي في هذه المرحلة لا يظهر فقط الأخطار الرئيسة، بل يمكّن من إدخال طرق لخفض هذه الأخطار في التصميم ذاته. ومهما كانت جودة التصميم أو عدد الإجراءات الوقائية المتوافرة يبقى الاحتمال دائماً في وقوع حادث من نوع ما، ومن أجل التعامل مع هذا الاحتمال ينبغي وجود **جهاز للطوارئ**.

ويعتمد حجم هذا الجهاز كثيراً على نوع المحطة، وعلى الحجم المحتمل للطارئ، ففي المحطات الكبيرة مثل مفاعل الطاقة يكون الجهاز كبيراً إلى حد ما، ويشتمل على ممثلين من أقسام مختلفة، مثل:

قسم الإدارة: يمكن أن يساعد في أمور مثل النقل والاتصال بالجهات المسؤولة في الخارج والخدمات... إلخ.

قسم الهندسة: مسؤول عن توفير فرق الإنقاذ والتحكم في الخلل، وخدمات إزالة التلوث وصيانة معدات الطوارئ.

القسم الطبي: يتولى العناية بالإصابات الإشعاعية أو غيرها، ويكون واسطة الاتصال بالمستشفيات والهيئات الطبية.

قسم الفيزياء الصحية: يوفر أجهزة المراقبة وخدماتها، كما يعطي الإرشادات في كل ما يتعلق بالوقاية الإشعاعية.

والأعمال المطلوبة ومسؤوليات المجاميع المختلفة في التنظيم مفصلة في **إجراءات الطوارئ**، وتشتمل هذه الوثيقة على تعليمات الإخلاء والمراقبة والاتصال والرجوع واستخدام معدات الطوارئ.

وتشمل معدات الطوارئ معدات للإنقاذ، ومعدات طبية، وملابس واقية، وأدوات تنفس، وأجهزة مراقبة. ويجب أن يكون واضحاً ومعلوماً أنه يمكن أن تحدث مستويات

عالية جدًّا من الإشعاع ومن التلوث، ولهذا ينبغي أن تكون أجهزة المراقبة ذات مدى قياس عالٍ، ففي حادثة SL1 المذكورة آنفًا كانت مستويات الإشعاع التي واجهها فريق الإنقاذ تزيد على أعلى مدى قياس في أجهزتهم وهو 5 جراي/ ساعة، وتتوافر الآن أجهزة يمتد قياسها إلى نحو 50 جراي/ ساعة للاستخدام عند الطوارئ.

وأخيراً لا بد من التأكيد على أهمية تدريب جهاز الطوارئ، فمهما يكن حجم الموقف المحتمل، فإن التدريب المنتظم يذكر الموظفين بالأعمال والمسؤوليات الملقاة على عاتقهم، كما يتم خلال التدريب فحص معدات الطوارئ وإظهار نقاط الضعف في الإجراءات.

obeikandl.com

خلاصة الفصل:

الطوارئ الإشعاعية: أخطار غير عادية أو غير متوقعة.

مستويات الشدة المختلفة: طارئ موضعي، أو طارئ موقعي، أو طارئ عمومي.

الأسباب المحتملة للطوارئ الإشعاعية: فقدان حاجز إشعاعي، فقدان حاوٍ، أو كتلة حرجة نتيجة عطل اعتيادي.

اكتشاف الحالة: من الأمور الحيوية اكتشاف الحادث مباشرة، وتثبيت أجهزة إنذار.

تخطيط مسبق: يبدأ في مرحلة التصميم، ويتطلب تحليلاً تفصيليًّا للأمان.

جهاز الطوارئ: إجراءات طوارئ ومعدات، تدريبات على الطوارئ.

أسئلة للمراجعة:

(1) ما الطوارئ الإشعاعية؟ كيف يمكن أن تحدث مثل هذه الحالات؟

(2) ناقش أهمية الكشف السريع للطارئ الإشعاعي، شارحاً كيفية تحقيق ذلك عمليًّا.

(3) اشرح الطرق التي يمكن عن طريقها التحكم في أخطار الكتلة الحرجة في محطات وقود المفاعلات بشكل خاص.

(4) اكتب تعليمات طوارئ مختصرة تطبق في حالة حدوث إراقة في مختبر صغير يتعامل مع 100 مليون بيكريل من النويدات المنخفضة السمية.