الفصل التاسع

حوادث تسرب الإشعاع الذري

٩ ـ ١ حادث البرازيل

٩ ـ ١ ـ ١ تفاصيل الحادث

٩ ـ ١ ـ ٢ الدروس المستقاة من حادث البرازيل

٩ ـ ٢ حادث تشرنوبل

٩ ـ ٢ ـ ١ تفاصيل الحادث

٩ ـ ٢ ـ ٢ الدروس المستقاة من حادث تشرنوبل

٩ ـ ٣ الحوادث الإشعاعية أثناء النقل

٩ ـ ٣ ـ ١ الحماية من حوادث النقل

٩ ـ ٣ ـ ٢ مراحل التعامل مع حوادث النقل

٩ ـ ٣ ـ ٢ ـ ١ المرحلة الأولى

٩ ـ ٣ ـ ٢ ـ ٢ مرحلة السيطرة على الحادث

٩ ـ ٣ ـ ٢ ـ ٣ مرحلة ما بعد الطوارئ

٩ ـ ٣ ـ ٣ مثال حقيقي لحادث نقل والتعامل معه

الفصل التاسع

حوادث تسرب الإشعاع الذري

يمكن تقسيم حـوادث التسرب الإشعـاعي الكبيرة إلى قسمين هما : **حوادث المنشآت النووية**، مثل المفاعلات النووية ومراكز تصنيع ومعالجة الوقود النووي، و **حوادث المنشآت غير النـووية** مثل المصـادر المشعة المغلقة التـي تستخدم على نطـاق واسع في جميع بلـدان العـالم، وفي مجالات كثيرة كالمصـادر المستعملـة في علاج الأورام السرطانية، وتعقيم المعـدات الطبية، ومعالجة المواد الغذائية، وفي الفحوصـات الصناعية. هـذا بالإضافـة إلى الحوادث التي تقع خلال نقل المواد المشعة من أماكن صنعها إلى أماكن استخدامها.

ويعطي الجدول (٩ ـ ١) ملخصًا للحوادث الإشعاعية الخطيرة التي وقعت في العـالم وأعلن عنهـا في الفترة من عـام ١٩٤٥ م وحتى عـام ١٩٨٧ م، بينما يبين الجدول (٩ ـ ٢) الحوادث الإشعـاعية المعلنة التي أدت إلى وفيات مبـاشرة خلال نفس الفترة. ولا تعـد هـذه الحوادث كثيرة [٢٩] نظرا لسعـة تطبيقات التقنيـة النوويـة في مجالات الحياة المختلفة في معظم بلـدان العالم، فـالتقنية النوويـة تعد أكثـر أمانًـا من التقنيات الأخـرى، ومع هذا ينبغي العمل على تقليل مثل هـذه الحوادث ما أمكن.

إنَّ آخر وأهم حـالتي تسرب وقعتا حديثـا هما حادث مفاعل تشرنـوبل الذي وقع عام ١٩٨٦ م، وحادث المصـدر المشع الذي وقع في البرازيل عام ١٩٨٧ م وقـد اخترنـا الحديث عنهما للتعـرف على كيفيـة حـدوث التسرب الإشعـاعي وعـواقبه، ولاستقـاء الـدروس من هذين الحادثين. ونبـدأ بـاستعراض حـادث البرازيل؛ لأنه أقرب إلى واقع المملكـة العربية السعوديـة وواقع غيرها من الدول النامية الأخرى من حيث استخدامات الإشعاع.

جدول (٩ ـ ١) الحوادث الإشعاعية الخطيرة المعلنة الواقعة
ما بين عام ١٩٤٥ و١٩٨٧ م[٢٩]

نوع المنشأة	عدد الحوادث	عدد التعرض الزائد(١)	عدد الوفيات المباشرة
منشأة نووية	٢٧ (٣٤٪)	٢٧٢ (٦٤٪)	٣٧ (٥٩٪)
منشأة غير نووية : ـ			
صناعية	٤٢ (٥٢٪)	٨٤ (٢٠٪)	٢٠ (٣٤٪)
بحث	٧ (٩٪)	١٠ (٢٪)	ـ (—)
طب	٤ (٥٪)	٦٢ (١٤٪)	٤ (٧٪)
المجموع	٨٠ (١٠٠٪)	٤٢٨ (١٠٠٪)	٦١ (١٠٠٪)

* الجدول لا يتضمن تعرض المرضى للإشعاع وكذلك التعرضات من حادث تشرنوبل خارج موقع الحادث.

٩ ـ ١ حادث البرازيل[٢٩]:

٩ ـ ١ ـ ١ تفاصيل الحادث:

وقع هذا الحادث في سبتمبر عام ١٩٨٧ م في مدينة كَويانيا في البرازيل حيث سرق مصدر «للسيزيوم ــ ١٣٧» شدته الإشعاعية ٥١ × ١٢١٠ بيكريل من معهد مهجور للعلاج الإشعاعي، وكان المصدر يستخدم في علاج الأورام السرطانية، وهو محمي بالدروع الواقية (انظر شكل ٩ ـ ١)، وقد حمل السارقان ـ وهم لا يعرفان ماهية المسروق ـ المصدر المحمي بالدروع الواقية على عربة إلى بيت أحدهما، ويبدو أن أحدهما قد أدار محرك المصدر المشع إلى وضع التشعيع فأدى

---

١ التعرض الزائد:

* كل الجسم أو أنسجة تكوين الدم لـ ٢٥ ر. سيفرت.
* كل الجلد أو أنسجة تكوين الجلد لـ ٦ سيفرت.
* تعرضات خارجية ٧٥ ر. سيفرت.
* تلوث بنسبة ٥٠٪ أو أكثر من حدود التلوث الإشعاعي.

إلى ظهور الأعراض الأولية المباشرة للتعرضات الإشعاعية المرتفعة عليهما كالتقيؤ والإسهال، فراجع أحدهما الطبيب فكانت نتيجة التشخيص على أن هذه الأعراض هي نتيجة تناول طعام فاسد!.

جدول (٩ ـ ٢): الحوادث الإشعاعية المعلنة والتي أدت إلى حدوث وفيات خلال الفترة بين عام ١٩٤٥ و١٩٨٧ م[٢٩].

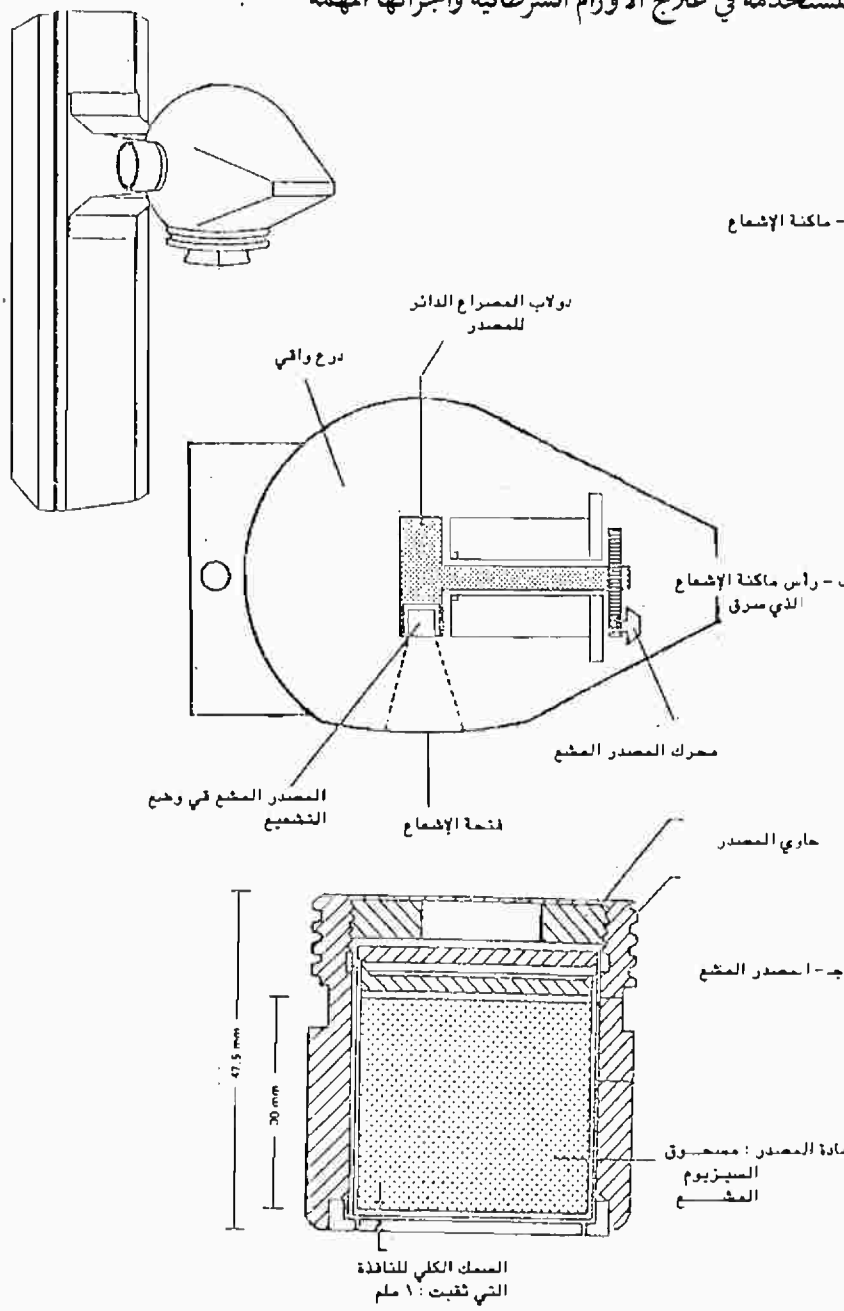
السنة	الموضع	مصدر الإشعاع	القتلى العاملين	عموم الناس
١٩٤٥	لوس ألاموس [أمريكا]	تركيب حرج*		١
١٩٤٦	لوس ألاموس [أمريكا]	تركيب حرج		١
١٩٥٨	لوس ألاموس [أمريكا]	تركيب حرج		١
١٩٥٨	يوغسلافيا	مفاعل تجريبي		١
١٩٦١	سويسرا	دهان محتو على التريتيوم**		١
١٩٦٢	المكسيك	فقدان مصدر تصوير إشعاعي		٤
١٩٦٣	الصين	مشع بذور		٢
١٩٦٤	ألمانيا الغربية	دهان محتو على التريتيوم		١
١٩٦٤	جزيرة رود [أمريكا]	محطة معالجة يورانيوم		١
١٩٧٥	إيطاليا	مشع أغذية		١
١٩٨٧	الجزائر	فقدان مصدر تصوير إشعاعي		١
١٩٨٢	النرويج	معقم أجهزة		١
١٩٨٣	الأرجنتين	مفاعل بحث		١
١٩٨٤	المغرب	فقدان مصدر تصوير إشعاعي		٨
١٩٨٦	تشرنوبل ـ [روسيا]	محطة طاقة نووية		٣١ ***
١٩٨٧	البرازيل	سرقة مصدر علاج إشعاعي		٤
المجموع ١٦ حادث و٦١ قتيل			٤٢	١٩

* التركيب الحرج هو الذي يحتوي على كتلة من المادة الانشطارية كافية لاستمرار تفاعل متسلسل.

** التريتيوم ^{3}H هو نظير مشع للهيدروجين.

*** العدد الأصلي في المصدر (٣٠) ص ١٠٢ هو ٢٩ قتيل، وقد صحح هذا العدد إلى ٣١ قتيل بناء على معلومات أحدث.

شكل (٩ ـ ١) : رسم تخطيطي لماكنة الإشعاع
المستخدمة في علاج الأورام السرطانية وأجزائها المهمة [٢٩].



وبعد ذلك أقدم أحد السارقين على فصل المصدر المشع مع محركه عن دروعه الواقية، ثم ثقب الحاوي للمصدر المشع، فتساقط بعض مسحوق ملح «كلوريد السيزيوم» فكانت بداية التلوث الإشعاعي. ولم يقتصر الأمر على ذلك بل بيعت الأجزاء فيما بعد إلى بائع خردة، ومنه وصلت إلى بائعي خردة آخرين مما أدى إلى انتشار التلوث الإشعاعي، بتلوث بائعي الخردة وعائلاتهم وزائريهم خلال تلك الفترة بالملح المشع. ولقد كان هذا التلوث على نوعين، تلوثًا خارجيًا وتلوثًا داخليًا (أي وصول التلوث الإشعاعي إلى الجوف مما أدى إلى ترسب المواد المشعة في داخل الجسم وتعريض أنسجته للإشعاع مباشرة وباستمرار)، كما بدأت تظهر على بعضهم أعراض التأثيرات الحادة للإشعاع خلال ساعات من التعرض لجرع إشعاعية عالية. وقد تردد عدد منهم على الأطباء وكانت التشخيصات تنحصر بالإصابة بالتسمم نتيجة تناول طعام فاسد، أو الاصابة بمرض استوائي! . وهذا التشخيص الخاطئ يقودنا إلى أهمية توعية الأطباء بالأعراض الناجمة عن التعرض للجرع الإشعاعية المرتفعة، حيث كانت أول مراجعة للطبيب بعد يوم واحد من سرقة المصدر المشع، في حين لم يكتشف التلوث إلا بعد حوالي ستة عشر يومًا من السرقة، عندما ربطت إحدى المتعرضات للإشعاع بين إصابتها و إصابة عائلتها وبين وجود المسحوق المتلألئ في منزلها، وأخذت بعضه إلى الطبيب قائلة إن هذا المسحوق كاد أن يقتلنا! . وظاهر القصة يظهر أنَّ الوميض الأزرق للملح المشع قد جذب الأنظار، فقد قام بعض من شاهدوه بمسح جلودهم به، وتناول بعضهم منه جهلا بماهيته.

وبمعرفة أسباب الأعراض المرضية تم إعلام هيئة الطاقة الذرية البرازيلية بالأمر، فطلبت المساعدة الدولية فوصلتهم المساعدة بالأفراد المختصين والمعدات من الكثير من الدول والهيئات الدولية المختصة وأرسِلَ أكثر من أربعين خبيرًا إلى المدينة قاموا بوضع خطة لتحديد المناطق الملوثة، والبحث عن حالات تلوث

أخرى . وقد أُرسِل أصحاب التلوث الشديد إلى مستشفى خاص في العاصمة، بينما عولجت حالات التلوث الإشعاعي الأقل في مستشفى بالمدينة، كما اكتشفت سبعة مناطق ملوثة أزيل التلوث منها بعد عزلها، وكانت نتيجة الحادث المباشرة وفاة ثلاثة أشخاص وتعرض حوالي أربعين شخصًا لجرع إشعاعية عالية .

الجدول (٩ ـ ٣) يعطي بيانًا مختصرًا بأهم المعلومات عن حادث البرازيل، تبين حجم الحادث ومضاعفاته، والشكل (٩ ـ ٢) يوضح طرق التلوث بالسيزيوم المشع .

جدول (٩ ـ ٣) بيان مختصر بأهم المعلومات عن حادث البرازيل

المصدر المشع	التربة الملوثة	المساحة التي مسحت إشعاعيًا
سيزيوم ١٣٧ عمر نصفه ٣٠ سنة شدته ٥١ × ١٠^{١٢} بيكريل حجمه ٢٧ سم٣ يصدر إشعاع جاما طاقة ٦٦ ر. مليون إلكترون فولت وبيتا طاقة ٥ ر. مليون إلكترون فولت .	٣٥٠٠ متر مربع أزيلت بـ ٢٧٥ شاحنة وتحوي إشعاعية قدرها ٤٤ × ١٠^{١٢} بيكريل أو ٨٧٪ من إشعاعية المصدر	٦٧ كلم٢ مسح جوي من على ارتفاع ٤٠ م، وأمكن كشف تلوث نصف قطره ٨٠ م، والبيوت التي أخليت ٣٠، و٢٠٠٠ كم من طرق المدينة مسحت بسيارة .

عدد من تم فحصهم ١١٢٠٠٠ ، وعدد المصابين ٢٤٩ ، وعدد الوفيات ٣ .

٩ ـ ١ ـ ٢ الدروس المستقاة من حادث البرازيل:

لا يمكن تعداد جميع الدروس والعبر المستقاة من هذا الحادث [٢٩] فضلا عن شرحها، لذا نشير إلى أهمها فيما يلي :

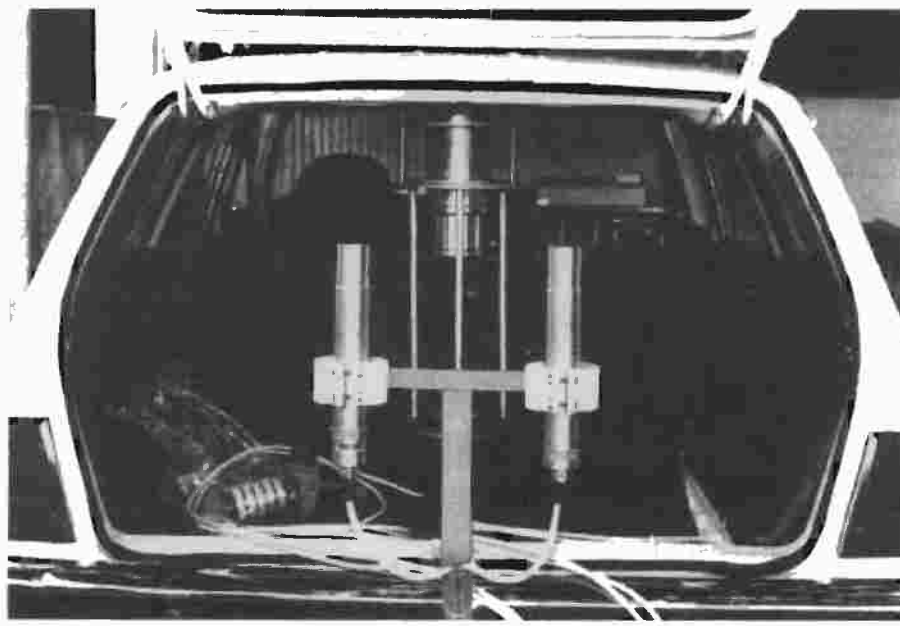
لوحة (٩ ـ ١) أحد العاملين وهو يـرتدي اللباس الواقي من التلوث الإشعاعي استعدادًا للمشاركة في هدم أحد البيوت الملوثة بالسيزيوم المشع في حادث البرازيل .

لوحة (٩ ـ ٢) عملية إزالة أنقاض أحد البيوت التي هدمت نتيجة تلوثها بالمادة المشعة .

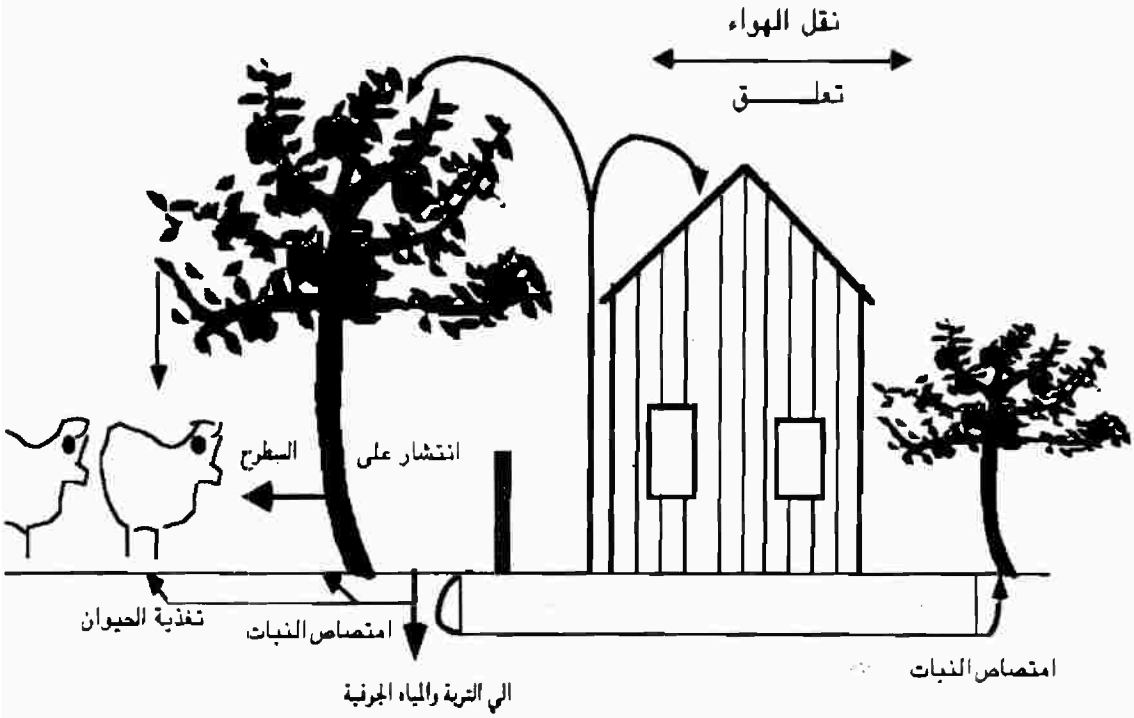
لوحة (٩ ـ ٣) تفريغ التربة الملوثة بالسيزيوم المشع في براميل استعدادًا لنقلها .

لوحة (٩ ـ ٤) براميل مملوءة بالتربة الملوثة في موقع الخزن المؤقت ، وقد أعدت للنقل إلى موقع الخزن الدائم .

لوحة (٩ ـ ٥) فحص إشعاعي لأحد العسكريين الذين اشتبه بتلوثهم بالسيزيوم المشع في حادث البرازيل .



لوحة (٩ ـ ٦) سيارة حاملة لكواشف مشعة ، استخدمت في فحص تلوث الطرق البرية بالسيزيوم المشع في حادث البرازيل .



شكل (٩ ـ ٢): طرق التلوث بالسيزيوم [٢٩].

(أ) إن التأخر في اكتشاف حادث تلوث يزيد من تعقيد الأمر.

(ب) إن التعرف على الصفات الفيزيائية والكيميائية للمصدر المشع مهم في حادث التسرب، وذلك لتحديد أفضل السبل لمعالجة الحادث، ولذا فان هذه المعلومات ينبغي أن تتوافر مع المصدر نفسه، وأن تؤخذ في الاعتبار عند الترخيص لاستعمال مثل هذه المصادر تحسبا لوقوع حادث للمصدر أو سوء استخدام له.

(جـ) ينبغي توصيل قَدرٍ كافٍ من المعلومات إلى المواطنين تفاديا للذعر الذي قد يصيبهم، وعموما ينبغي توعية المواطنين بأهمية الإشعاع وبتطبيقاته ومخاطره، وبأساسيات الوقاية الإشعاعية.

(د) ضرورة توافر التدخل السريع المنقول جوا على الدوام.

(هـ) حيث إن أجهزة الفحص والقياس الإشعاعي تستخدم في مناطق التلوث خارج المختبرات لذا ينبغي أن تتحمل هذه الأجهزة الطقس الخارجي مثل الرطوبة ودرجة الحرارة العاليتين وتقلبات الطقس.

(و) ضرورة توافر سجل للمتخصصين في الإشعاع في البلد لدى الجهات المختصة للاستعانة بهم عند الحاجة في الحوادث الإشعاعية.

(ز) ضرورة توفير مكان مؤقت لوضع المخلفات المشعة يكون قريبًا من موقع الحادث، حيث إن التأخر في تحديد المكان يمكن أن يؤدي إلى زيادة انتشار المواد المشعة في البيئة.

(ح) ضرورة وجود برنامج للفحص الدوري لأجهزة ومصادر الإشعاع، على أن يرافقها نظام ملزم مثل وضع عقوبات قانونية أو مهنية في شروط ترخيص المصادر المشعة.

٩ ـ ٢ ـ حادث تشرنوبل:

٩ ـ ٢ ـ ١ تفاصيل الحادث:

في ٢٦ أبريل من عام ١٩٨٦ م وقع حادث في مفاعل الطاقة الرابع بمدينة تشرنوبل في أوكرانيا (بالاتحاد السوفيتي سابقًا)، مما أدى إلى تحطم المفاعل وقذف جزء من قلبه إلى المحيط الخارجي. وقد أدت المواد الحارة المنطلقة من قلب المفاعل إلى إحداث حرائق مما أدى إلى زيادة كميات المواد المشعة المرتفعة في الهواء. وقد استمر انطلاق المواد المشعة إلى المحيط الخارجي مدة أحد عشر يومًا

(شكل ٩ ـ ٣) رغم التدخل السريع لعدة أيام، وبعدها انخفض انطلاق المواد المشعة حتى نسبة ١٪، وهلك في هذا الحادث واحد وثلاثون من العاملين في المحطة النووية، ومن رجال الإطفاء، ويتوقع أن تكون الزيادة في معدل حدوث الأمراض السرطانية خلال السبعين سنة القادمة بين المتعرضين لجرع إشعاعية متوسطة هو ٦ , ٠ ٪، وفي بقية الجزء الأوروبي من روسيا يتوقع أن تكون الزيادة ١٥ , ٠ ٪[٣٠].

وقد حملت معظم المواد المشعة المنطلقة من المفاعل على شكل غازات أو ذرات غبار بواسطة حركة الهواء المعتادة، لهذا فقد انتشرت المواد المشعة على مساحة كبيرة كان معظمها في الاتحاد السوفيتي السابق، ولم يعلن الروس وقتئذ عن هذا الحادث، ولكن السحابة المشعة اكتشفت بعد يومين من وقوع الحادث [أي في ٢٨/ ٤/ ١٩٨٦ م] عند مرورها على محطة الطاقة النووية السويدية «فور سمالك» التي تبعد ١٠٠ كم إلى الشمال من تشرنوبل.

وقد كان انتشار المواد المشعة من مفاعل تشرنوبل على النحو التالي [٣٠]:

(أ) في موقع المفاعل ٣ , ٠ — ٥ , ٠ ٪ من الإشعاعية الكلية لقلب المفاعل.

(ب) على بعد ٠ ــ ٢٠ كم من الموقع ٥ , ١ — ٢٪ من الإشعاعية الكلية لقلب المفاعل.

(جـ) أكثر من ٢٠ كم من الموقع ١ ــ ٥ , ١٪ من الإشعاعية الكلية لقلب المفاعل.

المجموع ٨ , ٢٪ — ٤٪ من الإشعاعية الكلية لقلب المفاعل.

الجدول (٩ ــ ٤) يعطي بياناً مختصراً بأهم المعلومات عن حادث مفاعل تشرنوبل تبين حجم الحادث ومضاعفاته. وتقدر تكلفة نزوح السكان وإزالة التلوث ودفن المفاعل وغيرها من الإجراءات الضرورية لمعالجة حادث مفاعل تشرنوبل بحوالي ١٣ بليون ريال سعودي [٣١].

جدول (٩ ـ ٤) مختصر بأهم المعلومات عن حادث تشرنوبل [٣٠، ٣١]

مصادر الإشعاع	المساحة الملوثة بالإشعاع	كميات المواد المستخدمة في دفن المفاعل	عدد النازحين	عدد المصابين	عدد الوفيات
سيزيوم ـ ١٣٧ عمر نصفه ٣٠ سنة. يود ـ ١٣١ عمر نصفه ٨ أيام. كمية المواد المشعة المنطلقة ١ ـ ٢ × ١٠^{١٨}. بيكريل (٣ ـ ٤٪ من إشعاعية المفاعل).	١٠٠٠ كم^{٢} ومن ضمنها النباتات والمباني ومصادر المياه والهواء والتربة	الملقاة على قلب المفاعل لوقف التسرب الإشعاعي ولمنع حدوث الكتلة الحرجة ٥٤٠٠ طن، والمستخدمة في دفن المفاعل: ٦٠٠٠ طن حديد و٤٠٠,٠٠٠ طن خرسانة.	١٣٥٠٠٠	تعرض إشعاعي شديد* ٢٠٣ تعرض إشعاعي متوسط** ١٥٠,٠٠٠	٣١ وعدد الذين يتوقع إصابتهم بأمراض السرطان كبير.

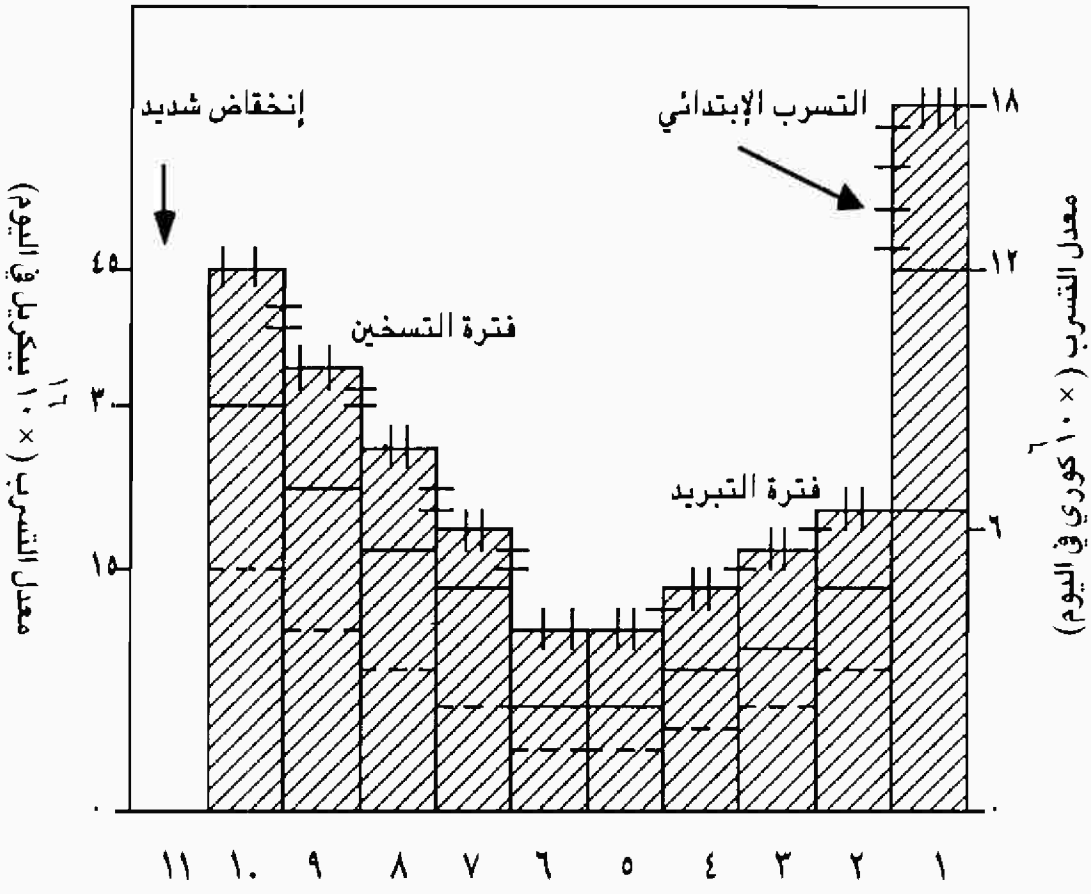
* تعرضوا إلى جرعة إشعاعية تتراوح بين ٢ و١٦ سيفرت تقريبًا.

** تعرض إلى جرع إشعاعية كلية قدرها ١,٦ × ١٠^{٤} سيفرت تقريبا، أي بمعدل ١٢,٠ سيفرت للشخص.

٩ ـ ٢ ـ ٢ الدروس المستقاة من حادث تشرنوبل [٣٠]:

أ ـ ظهور العيوب في مواصفات المفاعل السوفييتي مع الحاجة إلى تحسين الإجراءات الإدارية.

ب ـ لقد وقع الحادث نتيجة عدد كبير من الأخطاء الفردية، وتجاوز قواعدالتشغيل، بالإضافة إلى العيوب في مواصفات المفاعل، ويستنتج من ذلك أهمية وضع جميع المسؤوليات والصلاحيات في سلامة المحطة بأيدي أعضاء طاقم التشغيل من ذوي المستوى العالي من الكفاءة والخبرة، واتخاذ العقوبات الانضباطية في حق المخالفين.



شكل (٩ ـ ٣) : التسرب اليومي من المواد المشعة إلى الجو خلال حادث تشرنوبل [٣١]
(لا يتضمن الغازات الخاملة) [٢٨].

جـ ـ أعطى الحادث خبرات جديدة في العديد من المجالات لذا ينبغي الاستفادة منها، وذلك مثل : عمليات إخلاء الأعداد الكبيرة من السكان في فترة قصيرة وما يرافق ذلك من مشاكل فنية وطبية واجتماعية غير متوقعة، ومعالجة التلوث الكبير الذي حدث في منطقة الحادث وما حولها، والخبرة المستقاة من مكافحة الحريق في محطة نووية مع وجود مخاطر الإشعاع الكبيرة وذلك من

نـاحيـة الإجراءات المتبعـة والأجهـزة والملابس الـواقعيـة المستخدمـة في هـذا الحادث، والخبرة في علاج العـدد الكبير من المتعـرضين للجرع الإشعـاعية، وتعيين جهـاز مـركزي بسرعـة لـلإشراف على الحادث وعلى جميع الإجـراءات الضرورية لمعالجة الحادث.

د ـ أظهر الحادث ضرورة وجود هيئة مسؤولـة عن الوقاية من الإشعاع في كل بلد تقوم بـاتخاذ الإجراءات الـوقائية في حـالة وقـوع حادث إشعـاعي في البلد أو خارجـه، من مثل وضع الحدود المقبـولة للتلوث الإشعـاعي، وفحص المواد للتأكد من خلوها من التلـوث الإشعاعي والإشراف عليها إذا ثبت العكس، إضافـة إلى قيامها بالإشراف على الاستخـدمات السلمية للإشعـاع في البلد، ويكون ضمن مهامها سن القوانين المنظمة لهذه الاستخدامات والإشراف على تطبيقها، وتتـولى كذلك مسؤولية فحص أجهـزة توليد الأشعة بصـورة دورية للتأكد من صلاحيتها.

هـ ـ ضرورة تعريـف كل من المواطنين والمقيمين عموما بالاستخـدامات المفيدة للإشعاع وبمخاطره على حد سواء ليكونوا على وعي بذلك.

ومن الجدير بالـذكر أنه تمَّ تشكيل لجنة بـالمملكة العربية السعـودية بعد فترة قصيرة من وقـوع حادث تشرنـوبل تتولى مسـؤولية الإشراف على مـراقبة التلـوث الإشعاعي في المواد الغـذائية القادمة إلى المملكـة، وقد قامت جامعـات المملكة بهذا الـدور في بادئ الأمـر، ثم تـولته بعـد ذلك مختبرات الجودة النـوعية بـوزارة التجارة، ووزارة الصحة في المنـافذ الحدودية التي لا توجـد فيها مختبرات للجودة النوعية[1]. وقد قـام الجميع بجهد مشكـور في الكشف عن مئات الأطنـان من المواد الغذائية الملوثة إشعاعيا والتي منع دخولها إلى المملكة.

---

(١) المنـافذ الحدوديـة في المملكـة التي لا تـوجد فيهـا حـاليا مختبرات للجـودة النـوعية هي الـرقعي والخفجي وسلـوى وينبع.

ووصلت نسبة ضئيلة جدا من إشعاعية تشرنوبل عن طريق الجو إلى المملكة العربية السعودية، فقد قيست زيادة في إشعاعية «السيزيوم ـ ١٣٧» في جامعة الملك فهد للبترول والمعادن بعد حوالي أحد عشر يومًا من وقوع الحادث (٣٢).

٩ ـ ٣ الحوادث الإشعاعية اثناء النقل:

تستخدم المواد الخطرة بشكل واسع في عالم اليوم. ويزداد هذا الاستخدام في البلاد بازدياد إمكاناتها التقنية. ويتم في أغلب الأحيان نقل هذه المواد من أماكن صنعها إلى أماكن استخدامها.

إن حوادث النقل محتملة سواء كان ذلك للأشخاص أو الحيوانات أو البضائع. وقد ينتج عنها إصابات، أو وفيات للعاملين في وسائل النقل، أو المسافرين بواسطتها، أو آخرين ممن ليس لهم علاقة، ولهذا تعمد الدول إلى وضع الضوابط لتقليل عدد الحوادث ومعالجة آثارها.

وعلى الرغم من أن نقل المواد المشعة يعد جزءًا يسيرًا من حجم النقل الكلي، فإنه يقدر أن أكثر من ١٠ ملايين رزمة تنقل كل عام حول العالم، تحوي أغلبها كميات ضئيلة من المواد المشعة التي تستخدم في التطبيقات المختلفة للنظائر المشعة كما أسلفنا في الفصلين السادس والسابع.

ونظرًا لأهمية نقل المواد المشعة فقد باشرت الوكالة الدولية للطاقة الذرية بعد عامين من إنشائها عام ١٩٥٧ م بتطوير قوانين أمان واسعة لنقل المواد المشعة، تغطي كافة مراحل النقل من التعبئة والتخزين والشحن عبر الحدود الداخلية للدولة أو الخارجية. وكانت آخر مراجعة صدرت لهذه التعليمات عام ١٩٨٥ م.

٩ ـ ٣ ـ ١ الحماية من حوادث النقل [٣٣]:

تهدف تعليمات نقل المواد المشعة إلى حماية كل من عمال النقل والجمهور وممتلكاتهم من الأخطار المباشرة وغير المباشرة للإشعاع خلال النقل، ويمكن إجمال هذه الأهداف بالنقاط الثلاث التالية:

أ ـ الاحتراز من تشتت المادة المشعة، وتناولها من قبل الجمهور الموجود في المنطقة التي تنقل عبرها مادة مشعة، أو يقع فيها حادث لناقلات المواد المشعة.

ب ـ الأخطار الناشئة عن الإشعاع الصادر عن الرزم.

جـ ـ احتمالية حصول «الكتلة الحرجة» للمادة المحتواة في الرزم.

ويمكن الوصول إلى هذه الأهداف بما يلي:

أ ـ التأكد من أن حاوي المادة المشعة كافٍ لمنع تسرب المادة المشعة أو وصولها إلى الجمهور، آخذين في الحسبان تصميم وقوة الرزمة، وفعالية وطبيعة المحتويات.

ب ـ السيطرة على الإشعاع الخارجي، وتوفير التحذيرات المناسبة عن محتويات الرزمة مع الأخذ في الحسبان المستوى الأقصى للإشعاع عند سطح الرزمة، وتصنيفها وتوسيمها واشتراطات خزنها خلال النقل.

جـ ـ الحيلولة دون تحطم الرزمة بتأثير الحرارة القصوى للمحتويات، ويجب مراقبة ذلك واتباع التصاميم الملائمة والتعليمات الصحيحة في عملية التخزين والتبديد الآمن المقاوم لتغيرات درجة الحرارة.

د ـ منع حصول الكتلة الحرجة، وذلك بدراسة كل الاحتمالات المتوقعة للرزمة وما يمكن أن يحدث لمحتوياتها في ظروف الحوادث.

وعلى مرسل البضاعة أن يضمن ـ بقدر الإمكان ـ الأمان خلال النقل. وقد ورد في تعليمات الوكالة الدولية للطاقة الذرية أربعة أنماط من الرزم للمواد المشعة تبعا لشدتها الإشعاعية وطبيعتها الفيزيائية، كما أن الرزم تصنف حسب

مستويات الإشعاع على سطح الرزمة، وتوسم سطوح الرزم تبعًا لذلك، وينبغي أنْ تحتوي وثائق الشحن على المعلومات التفصيلية عن المادة المشعة.

إن الإجراءات اللازم اتخاذها عند حصول حادث نقل يشمل مواد مشعة هي[٣٤]:

١ ـ إنقاذ وتقديم الإسعاف الطبي الطارئ للضحايا.

٢ ـ السيطرة على النيران أو أية آثار عادية أخرى لحوادث النقل.

٣ ـ السيطرة على أية خطورة إشعاعية ومنع انتشار التلوث الإشعاعي.

٤ ـ إزالة التلوث من الطريق العام الذي وقع فيه الحادث، وإعادة المستوى الإشعاعي إلى الحد المأمون، وتبيان حدود المناطق الملوثة الأخرى.

٥ ـ إزالة تلوث الأشخاص.

٦ ـ إزالة تلوث المناطق القريبة، وإعادة المستوى الإشعاعي إلى الحد المأمون.

٩ ـ ٣ ـ ٢ مراحل التعامل مع حوادث النقل[٣٤]:

إن التعامل مع أي حادث يمكن تقسيمه إلى ثلاث مراحل هي **المرحلة الأولى، ومرحلة السيطرة على الحادث، ومرحلة ما بعد الطوارئ.** وفي بعض الحوادث قد يبدأ في إجراءات السيطرة على الحادث في المرحلة الأولى. وفيما يلي توضيح لهذه المراحل في حوادث النقل على الطرق، وهناك بعض الاعتبارات الخاصة بوسائل النقل الأخرى مثل السفن والقطارات والطائرات [راجع المصدر ٣٥].

٩ ـ ٣ ـ ٢ ـ ١ المرحلة الأولى:

تقع مسؤولية اتخاذ إجراءات الطوارئ الأولية المطلوبة على كاهل الناقل أو مرسل البضاعة، إذ يجب عليهم إبلاغ السلطات المختصة المحلية وذات العلاقة

الأخرى، بأسرع وقت ممكن، وحيث إن سائقي عربة النقل وأفراد الطاقم المسؤول عن عملية النقل قد يكونون عاجزين عن التصرف خلال الحادث، فإن الآخرين الذين يحتمل وجودهم في موقع الحادث يجب أن يبلغوا خدمات الطوارئ المدنية بالحادث، ويجب أن يكون موظفو خدمات الطوارئ المدنية المحلية في هذه الحالة على علم تام بحجم المسؤولية والاستجابة المناسبة عند وصولهم إلى منطقة الحادث، ومن الطبيعي أن تكون مقدرتهم على معالجة الحوادث الإشعاعية والنووية محدودة لضآلة معرفتهم، ولأن الأدوات المناسبة تكون عادة غير متوافرة خلال الفترة المبكرة التي تتبع الحادث، وعلاوة على ذلك، فإنه قد لا تتوافر في بعض الأحيان معلومات كافية تتعلق بطبيعة الشحنة بحيث يتمكن طاقم الطوارئ من تقدير حجم الخطر، لهذا السبب يجب أن تنهض السلطات المحلية التي تخطط للتعامل مع الحادث بأعباء توفير هذه المعلومات في الخطوات الأولى. وبشكل عام، فإن السلطات المحلية يجب أن تطلب المساعدة من الناقل والمزود معًا، ومن السلطات المحلية المختصة التي يتوافر لديها خبراء ومعدات، حيث يجب تحديد مثل هذه الترتيبات في خطط الطوارئ.

إن إجراءات الطوارئ المطلوبة خلال الدقائق الأولى بعد وقوع الحادث هي إنقاذ الأرواح، والعناية بالجرحى، ومقاومة النيران أو إطفاؤها، وتحديد حجم الأخطار والإجراءات اللازمة لإزالة أي تهديد لحياة الإنسان أو لممتلكاته أو للبيئة، وتكون الأهمية القصوى أساسًا لإنقاذ الأرواح ومقاومة النيران. إن المعلومات المتوافرة لأول طاقم يصل إلى الميدان ستكون هي تلك المعلومات المرئية فقط، لذا يجب تدريب كل من رجال الشرطة والدفاع المدني وغيرهم (ممن هم أول من يصل إلى موقع الحادث) لتقدير الوضع بوسائل وأساليب تحقيق معيارية للحوادث، والتي ستعطي القدرة لاتخاذ القرار المناسب حول الإجراءات

الضرورية، ويجب أن يبقى الجمهور بعيدًا عن موقع الحادث، كما يجب التأكد من توافر مسافة مناسبة خالية حول موقع الحادث. وقد تثبت التقديرات المتأخرة أن هذا الإجراء غير ضروري، ولكن حتى يتم تقدير الوضع بطريقة مناسبة فإن هذا الإجراء يعد إجراءً حكيماً.

وبشكل عام فإن الجمهور يجب أن يخلى من المنطقة لمسافة تتراوح بين مائة إلى مائتي متر، إلا إذا تطلبت الحادثة والأخطار الأخرى مسافة أكبر. ولتقليل احتمالات انتشار التلوث فإنه يسمح فقط للأشخاص الذين يشاركون في الإنقاذ والحفاظ على الأرواح بدخول المناطق المخلاة، كما يجب تدوين أسماء وعناوين الأشخاص الموجودين بموقع الحادث أو المناطق القريبة جدًّا من قبل الشرطة أو مستخدمي الطوارئ، فإذا اكتشف وجود تلوث بعد أن غادر بعض الاشخاص الموقع فإنه يجب إعادة الاتصال بهم لمراقبتهم إشعاعيًّا.

يجب أن تتضمن إجراءات التحقيق الأولية التي يجريها موظفو الطوارئ تحقيقات تجيب على بعض الأسئلة مثل:

١ ـ هل هناك أية إصابات بين المستخدمين؟

٢ ـ هل هناك أية نيران بالقرب من رزم المواد المشعة؟

٣ ـ هل هناك أية كميات من المواد القابلة للالتهاب، سائلة أو غازية في المناطق الملاصقة لموقع الحادث؟

٤ ـ هل هناك مواد سامة أو قابلة للانفجار أو مؤكسدة في المناطق الملاصقة لموقع الحادث؟

٥ ـ ما نوع الأخطار الإشعاعية الموجودة ؟

٦ ـ ما حالة الجو (متضمنة اتجاه الرياح) ؟

٧ ـ هل جمعت أية معلومات ذات علاقة بالموضوع تتعلق بمواقع التجمعات السكانية، وخزانات المياه، وإمكانية الوصول إلى الموقع وبدائل الطرق.

وتمثل إجابات الأسئلة السابقة أساسًا لتقرير أولي لفريق الاستجابة للطوارئ.

إنَّ توافر سلسلة واضحة من الاتصالات تقام بين الشخص المسؤول في موقع الحادث والسلطات ذات العلاقة يعتبر أمرًا أساسيًّا. ومن الأفضل أن تكون الاتصالات عبر أجهزة الشرطة، كما يكون من الأفضل توافر اتصالات هاتفية.

يجب أن يتضمن التقدير الأولي لحادث النقل الذي يشمل مواد مشعة تقويم الوضع في مواقع الحادث بالنسبة للأمور الأساسية الآتية:

١ ـ إثبات وجود مواد مشعة.

٢ ـ التحقق (بالتجربة والاختبار) فيما إذا كانت سلامة محتويات الشحن والرزم قد انتهكت أم لا.

٣ ـ تقدير الأخطار الإشعاعية إذا كانت موجودة (وذلك باستخدام الأجهزة المناسبة).

٩ ـ ٣ ـ ٢ ـ ٢ مرحلة السيطرة على الحادث:

كجزء من عملية رسم خطة الطوارئ، يجب إجراء ترتيبات سابقة للاتصال بالأشخاص، أو بالفرق المجهزة وذات الخبرة أو الكفاءة المناسبة، سواء من السلطات الحكومية أو المؤسسات النووية، أو أية منظمات أخرى ذات علاقة بخدمات الوقاية الإشعاعية، ويجب أن يجري هؤلاء الأشخاص أو الفرق الاختبارات الإشعاعية الضرورية ويقدروا الأخطار الحقيقية، ويقدموا النصح.

إن الهدف الأساسي من الاختبارات الإشعاعية هو تقديم معلومات آنية، يتم على ضوئها اتخاذ الإجراءات الضرورية للبدء بعمليات الوقاية وإعادة الأمور إلى ما كانت عليه. وللوصول إلى هذه الأهداف، يجب إجراء ثلاثة مجموعات من القياسات:

١ـ قياس مستويات الإشعاع والتلوث في موقع الحادث .
٢ ـ قياس النشاط الإشعاعي في الجو، والتلوث الأرضي حول موقع الحادث .
٣ ـ تقدير الجرعات لكل من أفراد الجمهور وموظفي النقل ، ومستخدمي الطوارئ (بما في ذلك التلوث الداخلي إذا تطلب الأمر) .

وتستخدم أجهزة الكشف من قبل فريق الطوارئ ، كعدادات جايجر مولر، والعداد التناسبي ، وغرفة التأين ، والعداد الوميضي ، ومقاييس الجرع الحراضوئية والشارات الفلمية ، وغيرها . كما قد تكون هناك حاجة إلى مختبر إشعاعي متنقل ، وبناءً على نتائج القياسات يقوم شخص مؤهل كرئيس الفريق مثلاً ، بتقييم الأخطار الإشعاعية ، وتقديم النصح اللازم ، ويكون من الأفضل رسم موقع الحادث وتوثيق نتائج القياسات عليه .

وقد تتضمن الواجبات الأخرى لفريق الطوارئ إرشاد العاملين في معالجة حالة الطوارئ لضمان ظروف عمل آمنة إشعاعيًّا في منطقة الحادث بصورة دقيقة ، كما أن الفريق قد يقوم بعملية مراقبة وإزالة التلوث للأشخاص أو يقودها ، وقد يساعد الشخص المسؤول في اتصالاته مع السكان أو الأوساط المختلفة .

إن اتخاذ قرار بما سيتم عمله إزاء الرزم أو أية إجراءات علاجية أخرى ضروري جدًّا ، وذلك بناءً على تقييم وضع الحادث ، فإذا كان الحادث يتضمن مواد انشطارية . فإنه لا بد سيحتاج إلى اعتبارات خاصة للتأكد من عدم الوصول بالمادة المشعة إلى الحالة الحرجة .

إن وقوع تسرب للمادة المشعة خلال حادث النقل يستوجب قرارًا يتعلق بإخلاء الناس من مناطق معينة . وهذا القرار والإجراءات التي تعقبه يجب أن تتم من قبل سلطات محلية مسؤولة ذات صلاحيات واسعة ، ويكون قرارها مبنيًّا على نصيحة خبير. وتتخذ هذه السلطات نفسها في العادة قرارات مشابهة

تتعلق بالإخلاء بعد حوادث النقل التي تتضمن مواد خطرة أخرى .

إن إجراءات الوقاية التي قد تكـون ضرورية أثناء حوادث النقل عندما يحتمل وجود تلـوث إشعاعـي ، أو مجالات إشعاعيـة نتيجة تضرر الـرزم أو الحاويات ، تتضمن :

١ ـ السيطرة على مكان الحادث ومنع الاقتراب منه .

٢ ـ إجراءات وقائية ضمن المنطقة المفتوحة .

٣ ـ إجراءات حماية شخصية .

٤ ـ الإخلاء والإيواء .

٥ ـ إزالة تلوث الأشخاص .

٦ ـ السيطرة على مصادر الغذاء والماء .

٧ ـ وقاية أنظمة شبكات المياه المحلية .

ويلاحظ أن بعض هذه الإجراءات يمكـن أن يبدأ العمل به في المرحلة الأولى للحادث كما سبق ذكره .

٩ ـ ٣ ـ ٢ ـ ٣ مرحلة ما بعد الطوارئ [٢٥]:

إن هذا الطور يشمل : إنهاء **حالة الطوارئ ، و إزالة التلوث الإشعاعي وتجميل الموقع ، والتحكم في توزيع المواد الغذائية .**

فحالة الطـوارئ يمكن إنهاؤها في معظم الأحيان عنـد إتمام الإجراءات الستة الواردة في نهايـة مبحث (٩ ـ ٣ ـ ١) . وينبغـي على الجهة المسؤولـة الإعلان عن هذا الأمـر بوسائل الإعـلام المختلفة ، ولكن قبل الإعلان ينبغي التأكـد من عدم وجود مخاطـر أخرى في منطقة الحادث ، وأنـه قد تم اتخاذ جميع إجـراءات الحماية الضرورية أو هي تحت التنفيذ ، وذلك من أجل حمايـة الجمهور والبيئة من تلوث آخـر ، ولتقليل احتمالات التعـرض الإشعـاعي الـذي قـد يحدث نتيجـة الآثـار البعيدة للحادث .

أما بالنسبة **لإزالة التلوث الإشعاعي وتجميل المكان** فهو يتطلب أشخاصًا مؤهلين في مجال الحماية الإشعاعية، وهناك عدة طرق يمكن استخدامها لإزالة التلوث والتجميل. والحوادث الإشعاعية الشديدة قد تتطلب خبراء آخرين ومعدات مناسبة وهذا الأمر ينبغي توضيحه في خطة الطوارئ.

وينبغي لكل من الجهات المحلية والوطنية المختصة المشاركة للتأكد من إتمام إزالة التلوث والتجميل بشكل آمن ومناسب، وأنَّ المباني والعربات والمعدات لا تشغل أو تستخدم إلا بعد فحصها **إشعاعيًّا**، وبعد الإعلام أنها آمنة للاستخدام.

وبالنسبة **للتحكم في توزيع المواد الغذائية والماء** فمن غير المحتمل أن تتطلب حوادث النقل اتخاذ إجراءات وقائية كبيرة، إلا إذا أدت إلى تلوث بعض المنتجات الزراعية، الذي سيكون محدودًا. وفي هذه الحالات ينبغي مصادرة المواد الزراعية الملوثة إشعاعيًّا والتخلص منها بالطرق المناسبة. وإذا تلوث ماء الشرب بالمواد المشعة المنتشرة نتيجة الحادث فينبغي فحصه وربما التحكم في التوزيع من المصدر إذا اقتضى الأمر ذلك. وعند وقوع الحادث قريبًا من ممر مائي أو جسر فيصبح التحكم بالماء من الأمور ذات الأهمية الرئيسية.

٩ ـ ٣ ـ ٣ مثال لحادث نقل حقيقي والتعامل معه [١٩]:

وسنتناول فيما يلي حادث نقل حقيقي وقع وشمل مواد صيدلانية مشعة موضحين الخطوط العريضة لإجراءات نموذجية في التفاعل مع هذا الطارئ.

وصف الحادث:

في الثالث من كانون أول/ ديسمبر عام ١٩٨٧ م وقع حادث في منطقة المسيسيبي بالولايات المتحدة الأمريكية لعربة كبيرة مجرورة بشاحنة تحمل كمية

من الصيدلانيات المشعة، وكانت الشاحنة التي أصيبت في الحادث تحمل ٨٢ رزمة من النمط «أ» ومن الرزم المستثناة، مجمعة من خمسة مصادر تزويد مختلفة ومرسلة إلى مجموعة من المؤسسات الطبية.

حاولت الشاحنة في وقت الحادث تجاوز سيارة ركاب فارتطمت بجانبها الخلفي الأيسر، ونتيجة للتصادم انفصلت العربة المجرورة عن الشاحنة، وتحطمت بالقرب من سيارة الركاب، وعلى بعد سبعين مترًا من الشاحنة قذفت الحمولة من العربة، وانتشرت على جانبي الطريق على مدى مسافة مائتي متر.

تضررت ثلاثون رزمة نتيجة لتحطم ترزيمها الخارجي؛ اثنتان من تلك الثلاثين تحتويان «جاليوم ـ ٦٧» بشدة إشعاعية ٢٠٠ ميجابيكرل، «ويود ـ ١٣١» بشدة إشعاعية ٤٠ ميغابيكرل، قذفت زجاجاتها التي تحوي المواد المشعة نحو الخارج وتكسرت.

ـ المرحلة الأولى:

بعد الحادث بزمن قصير قام مسؤول النجدة ـ حسب إجراءات الطوارئ ـ بالاتصال بالشرطة المحلية وبإدارة وكالة الطوارئ في المسيسيبي، وخلال خمس عشرة دقيقة حضرت وحدات عديدة من الشرطة إلى موقع الحادث تبعتها وحدات دوائر إطفاء الحريق المحلية، حيث ارتدى رجال الإطفاء الملابس الواقية من التلوث الإشعاعي وأجهزة التنفس الخاصة، كما وصلت وحدة من الدفاع المدني مزودة بمرقاب للإشعاع، وقامت بإجراء مسح سطحي دل على وجود إشعاع غير عادي في منطقة الحادث، فضربت الشرطة نطاقًا على منطقة الحادث وانتظرت مساعدة المختصين.

ـ مرحلة السيطرة:

حسب الإجراءات المتبعة قامت إدارة الطوارئ بالولاية فورًا بإبلاغ قسم الصحة الإشعاعية بتفاصيل الحادث، وأنه يشمل مواد مشعة، فقام القسم بتجهيز أربعة مختصين غادروا المركز خلال ٤٥ دقيقة ووصلوا إلى موقع الحادث بعد ساعتين من وقوعه.

وخلال الزمن الذي استغرقه فريق الصحة الإشعاعية في الوصول إلى منطقة الحادث، كانت المنطقة قد أغلقت تمامًا من قبل وحدة الدوريات الخارجية، وقام فريق الصحة الإشعاعية بفحص موقع الحادث وإجراء مسح المصادر الموجودة ضمن الشحنة من فاتورة الشحن المعدة من قبل مرسلي البضاعة (المزودين)، كما تم إجراء مسح شامل للمنطقة بأجهزة الإشعاع المناسبة، وتم أيضًا مسح عربات الطوارئ الموجودة في المنطقة، حيث تبين عدم وجود أية خطورة على صحة السكان، كما تم اتخاذ قرار من قبل رئيس الفريق يلزم الناقل والمزودين بإرسال أشخاص لإجراء عملية التنظيف بأسرع ما يمكن.

ـ مرحلة ما بعد الحادث:

وصل إلى مكان الحادث مندوبون عن كل من الناقل ومرسلي البضاعة بعد ما يتراوح بين ثمان وعشر ساعات من وقوعه، وذلك لتنظيف الحطام، تحت إشراف فريق الصحة الإشعاعية. وعبئت قطع صغيرة من الحطام ومواد الترزيم في حقائب بلاستيكية، ثم في صناديق من الورق المقوى، وكذلك عبئت الرزم المحطمة وغير المحطمة في صناديق من الورق المقوى ووضعت الصناديق المجمعة كلها على جانب الطريق، وتمت إزالة حوالي ٠٫٨ و٠ متر مكعب من التربة السطحية في المنطقة التي تحطمت فيها عبوات «اليود ـ ١٣١»، وعبئت في أربعة صناديق وضعت أيضًا على جانب الطريق، كما قام متعهد محلي بسحب

بقـايـا الشـاحنـة والعـربـات التي أصيبت في الحادث مـن الموقع، ثم حملت الصنـاديق التـي تحوي حطـام الحادث والتراب في شـاحنـة، وتـم إجـراء مسح إشعـاعي منظم وشـامـل للمنطقـة، حتى تبين أن مستـوى الإشعـاع وصل إلى المستـوى الطبيعي لها في حدود: ٨ ــ ١٢ مايكـرو رونتجن/ ساعـة، ولم يسمح للجمهور باستخدام الطريق إلا بعد مرور ١٦ ساعة على وقوع الحادث.