A

الأمم المتحدة

Distr.
GENERAL

A/AC.105/593/Add.2*
6 February 1995
ARABIC
ORIGINAL: RUSSIAN

الجمعية العامة

لجنة استخدام الفضاء الخارجي
في الاغراض السلمية

الابحاث الوطنية المتعلقة بالحطام الفضائي

أمان السواتل التي تعمل بالقوى النووية

مشاكل اصطدام مصادر القوى النووية بالحطام الفضائي

مذكرة من الامانة

اضافة

١ - وجّه الامين العام مذكرة شفوية ، مؤرخة في ١٣ تموز/يوليه ١٩٩٤ ، الى جميع الدول الاعضاء يدعوها فيها الى ابلاغ المعلومات عن البحوث الوطنية المتعلقة بالحطام الفضائي ، وأمان السواتل التي تعمل بالقوى النووية ، ومشاكل اصطدام مصادر القوى النووية بالحطام الفضائي .

٢ - وتحتوي هذه الوثيقة على المعلومات الواردة في الردود المتلقاة من الدول الاعضاء بين ١٣ كانون الثاني/يناير و ٢ شباط/فبراير ١٩٩٥ .

المحتويات

الصفحة

الردود الواردة من الدول الاعضاء ٢

الاتحاد الروسي ٢

* هذه الوثيقة صادرة دون تنقيح رسمي .

الردود المتلقاة من الدول الاعضاء

الاتحاد الروسي

[الأصل : بالروسية]

ألف - تقرير عن مدى تطبيق مقتضيات المبادىء المتصلة باستخدام مصادر القوى النووية في الفضاء الخارجي

يتسم الوضع الحالي المتعلق بمشكلة كفالة أمان مصادر القوى النووية في المركبات الفضائية بما يلي :

١ - خبرة في مجال تطوير واستحداث نظم تكفل أمان مصادر القوى النووية ذات المفاعلات في المركبات الفضائية المنخفضة المدار على شكل نظم تنطوي على تشتيت ايروديناميي وتفجيري كسند اضافي للنظام الأساسي المتمثل في نقل مصدر القوى النووية الى مدار تخلص طويل الأجل ؛

٢ - خبرة في مجال تطوير واستحداث عناصر انشائية خاصة لمصادر القوى النووية ذات النظائر المشعة (تدريع ضد الحرارة ، عزل حراري ، آليات لمقاومة الارتطام) تكفل الأمان لأي مركبة فضائية في ظروف التشغيل العادية وفي حالات الحوادث المحتملة ؛

٣ - اعتماد مبادىء دولية بشأن استخدام مصادر القوى النووية في الفضاء تجسد الخبرة المكتسبة في معالجة المشاكل المتصلة بسلامة مصادر القوى النووية ذات المفاعلات وذات النظائر المشعة ، وتتضمن مجموعة من المقتضيات التقنية والأحكام المتعلقة بالمسؤولية القانونية ؛

٤ - فهم لمشاكل كفالة أمان مصادر القوى النووية مع مراعاة عواقب الاصطدامات المحتملة بالحطام الفضائي عند وجود تلك المصادر في مدارات تخلص طويلة الأجل (مدارات دفن) بعد سحبها من الخدمة في حالة المركبات الفضائية المنخفضة المدار ، أو بعد وقف تشغيلها في حالة المركبات الفضائية المرتفعة المدار ؛

٥ - وجود مشاريع أولية لنظم مرتقبة تكفل الأمان النووي والاشعاعي لمصادر القوى النووية ذات المفاعلات في حالات الحوادث .

٦ - تغيرات في هياكل السلطات الوطنية التي تتخذ القرارات بشأن اطلاق المركبات الفضائية التي تحمل مصادر قوى نووية ، وبشأن صياغة النصوص التي تنظم سلامة مصادر القوى النووية في الفضاء ؛

٧ - بدء التعاون الدولي وتوسيع صفوف الذين يعملون في تصميم مصادر القوى النووية ، وخاصة على أساس تجاري ، وبالتالي احتمال قصور الوثائق التقنية المتاحة كأساس لتعزيز أمان مصادر القوى النووية أثناء عملها وفي حالات الحوادث .

وفي الاتحاد الروسي ، أفضت مشاكل كفالة أمان مصادر القوى النووية في الفضاء الى تصاميم تفي بمقتضيات الأمان ومقبولة من حيث امكانية التنفيذ هيكليا وتكنولوجيا ، وطبقتها عمليا مؤسسات متعاونة في مشاريع مشتركة لتطوير مصادر القوى النووية ، وتم الاعتراف بها دوليا .

وتتوخى المشاريع المقبلة لتطوير مصادر القوى النووية في الفضاء مجموعة أوسع من أنواع مصادر القوى النووية ، كما تتوخى في الوقت نفسه اختيارا حكيما للاتجاهات المثلى في حل مشاكل الأمان .

وكانت المبادىء المتصلة باستخدام مصادر القوى النووية في الفضاء الخارجي قد صيغت في دورات لجنة الأمم المتحدة لاستخدام الفضاء الخارجي في الأغراض السلمية وفي دورات لجنتيها الفرعيتين ، اللجنة الفرعية العلمية والتقنية واللجنة الفرعية القانونية ، خلال السنوات ١٩٧٩ - ١٩٩٢ .

وفي دورة لجنة الأمم المتحدة لاستخدام الفضاء الخارجي في الأغراض السلمية التي عقدت عام ١٩٩٢ ، اعتمدت مجموعة المبادىء بتوافق الآراء وأحيلت الى الجمعية العامة للأمم المتحدة للموافقة عليها .

وقد اعتمدت الجمعية العامة المبادىء المتصلة باستخدام مصادر القوى النووية في الفضاء الخارجي في قرارها ٦٨/٤٧ المؤرخ في ١٤ كانون الأول/ديسمبر ١٩٩٢ .

ومن بين مجموع المبادىء الأحد عشر التي تتضمنها المجموعة ، ثمة مبادىء ذات توجه تقني تام هي :

المبدأ ٣ - مبادىء توجيهية ومعايير للاستخدام المأمون ؛

المبدأ ٤ - تقدير الأمان ؛

المبدأ ٥ - الابلاغ بالعودة الى الأرض ؛

وبدرجة أقل :

الديباجة ؛

المبدأ ٢ - المصطلحات المستخدمة ؛

المبدأ ٦ - المشاورات ؛

المبدأ ٧ - تقديم المساعدة الى الدول .

ومن بين مجموع المبادىء المعتمدة ، تتناول الديباجة والمبادىء ٢ و ٣ و ٤ و ٥ و ٦ و ٧ الجوانب التقنية للأمان التي لها صلة بمشكلة أمان مصادر القوى النووية في الفضاء الخارجي .

فالديباجة تبين الملاءمة الموضوعية لاستخدام مصادر القوى النووية في الفضاء الخارجي ، وعدم انطباق المبادىء على المحركات الصاروخية النووية وعلى مصادر القوى النووية المخصصة لتوفير الطاقة للمحركات الصاروخية ذات الدفع الكهربائي ، وانطباق المبادىء على مصادر القوى النووية المماثلة لتلك المستخدمة في الوقت الحاضر .

والمبدأ ٣ - مبادىء توجيهية ومعايير للاستخدام المأمون - هو المبدأ الرئيسي ، ويتضمن الأهداف العامة المتعلقة بالحماية من الاشعاع والأمان النووي ، وكذلك المقتضيات المتعلقة بالمفاعلات النووية والمولدات التي تعمل بالنظائر المشعة .

وبذلك ، تنظم المبادىء المعتمدة مقتضيات الأمان في مصادر القوى النووية عند تشغيل هذه المصادر كجزء من مركبة فضائية ، كما تقرر كمية المعلومات التي ينبغي أن تنشر قبل الاطلاق ، ولا سيما في حالات الطوارىء على متن المركبات الفضائية التي تحمل مصادر قوى نووية .

وترتبط المشاكل المتعلقة بكفالة الأمان في استخدام مصادر القوى النووية في الفضاء الخارجي بالحد من أثرها الاشعاعي على السكان والبيئة (البند ١ من المبدأ ٣) عند تشغيلها اعتياديا أثناء مراحل التحضير على الأرض ، وعند اطلاقها كجزء من الصاروخ والمركبة الفضائية ، وعند قذف المركبة الفضائية الى المدار التشغيلي المحسوب ، وعند استنفاد عمر خدمتها كجزء من المركبة الفضائية الموجودة في المدار ، وعند انتهاء الوجود الفاعل للمركبة الفضائية التي تحمل مصدر قوى نووية في الفضاء ، وكذلك عند نشوء حالات حوادث يمكن التنبؤ بها في جميع مراحل تشغيل تلك المصادر .

وقد أثيرت المشاكل المتعلقة بكفالة الأمان في استخدام مصادر القوى النووية في الفضاء الخارجي على الصعيد الدولي ، وفسرت من حيث الجرعات الاشعاعية على أساس آخر توصيات اللجنة الدولية المعنية بالحماية من الاشعاع ، التي وضعت في الاعتبار

لدى تصميم واطلاق مصادر القوى النووية في بلدنا ، والتي تتجسد في الوثائق التنظيمية الوطنية .

وتخضع المقتضيات المتصلة بوسائل وسبل ضمان أمان مصادر القوى النووية المستعملة في الفضاء الخارجي لأحكام المبدأ ٣ ، ويرتأى تطبيقها على المركبات الفضائية ذات المدارات المرتفعة والمنخفضة التي تحمل على متنها مصادر قوى نووية ذات مفاعلات وكذلك على المركبات الفضائية التي تحمل مولدات تعمل بالنظائر المشعة (البندان ٢ و ٣ من المبدأ ٣) .

والمقتضيات الرئيسية لأي مصدر قوى نووية ذي مفاعل هي :

١ - استخدام يورانيوم ذي درجة اثراء عالية باليورانيوم ٢٣٥ (أكثر من ٩٠ في المائة) للحيلولة دون تراكم البلوتونيوم ٢٣٩ (البند ٢ (ج) من المبدأ ٣) .

٢ - وضع المفاعل في الحالة الحرجة بعد وصوله الى المدار التشغيلي المحسوب (البند ٢ (د) من المبدأ ٣) ، مع السماح بالتشغيل الفيزيائي للمفاعل قبل اطلاق المركبة الفضائية بغية فحص نظم التحكم في المفاعل (الجملة الأخيرة من البند ٣ من المبدأ ٢) ، وهذا يتحقق عمليا بحصر مقدار الكهرباء الناتجة ، مثلا ، في حدود ٢٠ واط/ساعة .

٣ - ضمان أن يظل المفاعل دون المستوى الحرج اذا ما سقط نتيجة حادث يقع للصاروخ والمركبة الفضائية فوق المنطقة التي قذف منها الى المدار التشغيلي المحسوب (البند ٢ (هـ) من المبدأ ٣) .

ويتم اختيار فترة الوجود السلبي وارتفاع مدار التخلص كدالة للمعامل التسياري (البالستي) عند التخلص من مصادر القوى النووية في حالة المركبات الفضائية المنخفضة المدار ، واختيار المدار التشغيلي في حالة المركبات الفضائية المرتفعة المدار استنادا الى درجة اضمحلال النشاط الاشعاعي المتراكم في المفاعل الى المستوى المسموح به مع مراعاة العواقب الاشعاعية لاصطدام المركبة الفضائية بالحطام الفضائي (البند ٢ (ب) من المبدأ ٣) . وفيما يتعلق بالمستوى المسموح به ، نستطيع أن نأخذ النشاط الاشعاعي الألفي لليورانيوم ٢٣٤ واليورانيوم ٢٣٥ واليورانيوم ٢٣٨ في المفاعل والنشاط الاشعاعي البائي لكمية صغيرة من نواتج انشطار نظائر اليورانيوم .

وفي حالة المركبات الفضائية المنخفضة المدار والمحتوية على مصادر قوى نووية ، يلزم وجوبا استخدام نظام للتخلص من مصدر القوى النووية (البند الفرعي '٣' من البند ٢ من المبدأ ٣) ذي درجة عالية من الموثوقية (البند ٢ (و) من المبدأ ٣) . واذا تعذر التخلص من مصادر القوى النووية المحتوية على مفاعل كان من المشروع

استخدام نظم لبعثرة المفاعلات ، على أن تكون عالية الموثوقية أيضا (الفرع ٢ (و) من المبدأ ٣) وضمان بقاء مستويات التلوث فوق منطقة السقط ضمن خدود جرعات التعرض المسموح بها (الفقرة الثانية من البند ١ (ج) من المبدأ ٣) .

ويمكن استخدام مصادر القوى النووية ذات النظائر المشعة أيضا في الرحلات بين الكواكب وفي المدارات الأرضية (البند ٣ (أ) من المبدأ ٣) . وينبغي أن تشتمل مصادر القوى النووية ذات النظائر المشعة على نظم للتدريع ضد الحرارة وللعزل الحراري بما يكفل سلامة الأمبولات المحتوية على النظير المشع عند هبوطها عبر الغلاف الجوي بعد دخوله بالسرعتين الكونيتين الأولى والثانية (البند ٣ (ب) من المبدأ ٣) . وعند الارتطام بسطح الأرض ، يجب التأكد بالقدر اللازم من الموثوقية ، من عدم تناثر النظير المشع في البيئة المحيطة ومن اتخاذ تدابير للعثور على مصادر القوى النووية واسترجاعها وازالة آثار الحادث (الفرع ٣ (ب) من المبدأ ٣) .

وتتطابق هذه المقتضيات في الواقع تطابقا كليا مع مقتضيات اللوائح الوطنية ، التي روعيت لدى تصميم مصادر القوى النووية ذات النظائر المشعة ، ومصادر القوى النووية ذات المفاعلات التي تعمل بالنيوترونات السريعة والحرارية ، وتشغيلها في الفضاء الخارجي والتي يجري على أساسها تصميم مصادر القوى النووية المستقبلية .

ومن شأن اجراء تحليل لاحتمالات التعرض لمخاطر إشعاعية شديدة (الفقرة الرابعة من ديباجة مجموعة المبادىء) في وحدة معينة لتوليد الطاقة ، من حيث ارتباطها بأغراض المركبة الفضائية وبرنامج تحليقها ، وذلك باستخدام توليفة من السبل والوسائل المختلفة لضمان أمان مصدر القوى النووية ، أن يمكّن من تأكيد وتسويغ الحد الأدنى من المخاطر المترتبة على اطلاق مصادر القوى النووية . كما أن من شأن هذا التحليل لاحتمالات التعرض للمخاطر أن يمكّن المؤسسات المركزية للأمم المتحدة من اعداد ونشر تقرير نهائي عن أمان مصادر القوى النووية ، وفقا للمبدأ ٤ .

وينبغي أن يشتمل التقرير المنشور عن تقدير أمان مصادر القوى النووية معلومات عن اطلاق المركبات الفضائية التي تحمل على متنها مثل هذه المصادر ، وعلى وصف لها ، وعلى تأكيد لتطبيق أحكام المبادىء المعتمدة المتصلة باستخدام مصادر القوى النووية في الفضاء الخارجي ، ولا سيما مقتضيات المبدأ ٣ .

وينبغي ألا تكشف تقديرات الأمان أي بيانات تتعلق بضمان من البلد أو تتصل بالملكية .

وينبغي أن يشمل تقدير الأمان ما يلي :

- معلومات عن اطلاق المركبة الفضائية التي تحمل مصادر قوى نووية ؛

- وصفا لمصادر القوى النووية ؛
- توافق أحكام المبادىء مع مقتضيات اللوائح التنظيمية الوطنية المعتمدة لدى تصميم مصادر القوى النووية وانشائها ؛
- بيانات عن العناصر الانشائية عن النظم التي تكفل أمان مصادر القوى النووية أثناء تشغيلها العادي وفي حالات الحوادث في جميع مراحل التشغيل ؛
- تحليلا لحالات الحوادث المحتملة ولبارامترات تأثير حالات الطوارىء على مصادر القوى النووية ؛
- حالة العناصر الانشائية المعرضة للاجهاد في مصادر القوى النووية وحالة النظم المسؤولة عن ضمان أمانها في حالات الحوادث ؛
- بيانات عن الظروف الاشعاعية وجرعات التعرض المحتملة أثناء التشغيل العادي للمركبة الفضائية التي تحمل مصادر قوى نووية وبعد تأثرها بظروف الحوادث ؛
- بيان المرتكزات الحسابية - النظرية والتجريبية لفعالية نظم الأمان والعناصر الانشائية لمصادر القوى النووية في حالات الحوادث ؛
- تأكيد موثوقية نظم الأمان والعناصر الانشائية لمصادر القوى النووية عند اختبار النماذج المصغرة لتلك المصادر ؛
- مخاطر تعرض البيئة للتلوث الاشعاعي والكيميائي عند وقوع الحوادث ، مع مراعاة احتمالات نشوء حالات الحوادث ، واحتمالات تحقق بارامترات تأثير الحوادث ، ومدى موثوقية نظم الأمان والعناصر الانشائية لمصادر القوى النووية ؛
- مجموعة من التدابير التنظيمية - التقنية لازالة آثار الحوادث ، بما في ذلك التنبؤ بمنطقة السقوط ، والبحث عن مصدر القوى النووية وأجزائه واكتشافها واسترجاعها من مكان السقوط ، والقيام عند الضرورة بعمليات ازالة التلوث الاشعاعي .

ولدى وصف مصادر القوى النووية ، يستصوب اعطاء أتم التفاصيل عن قوتها وعمر خدمتها وبنيانها ، ومحتواها من المواد المشعة والسامة ، مما يحول دون صدور بيانات تعوزها الكفاءة في هذا الشأن وييسر اجراء تقييمات موضوعية من جانب خبراء مستقلين .

ومن خلال المشاركة في دورات اللجنة الفرعية العلمية والتقنية واللجنة الفرعية القانونية التابعتين للجنة الامم المتحدة لاستخدام الفضاء الخارجي في الاغراض السلمية لدى مناقشة المبادىء التي تنظم استخدام مصادر القوى النووية في الفضاء الخارجي ، قامت الوكالة الدولية للطاقة الذرية خلال السنوات ١٩٩٢ - ١٩٩٤ باعداد وثيقة خاصة عنوانها "التخطيط والاستعداد للطوارىء في حالة عودة ساتل يحمل جهازا نوويا الى الارض" وتشتمل على معلومات وتوصيات . ومن شأن وثيقة الوكالة الدولية للطاقة الذرية والتدابير التي يمكن للوكالة أن تتخذها في حالة وقوع حادث لمركبة فضائية تحمل مصدر قوى نووية ، بالتنسيق مع الدولة المطلقة والبلدان التي لديها القدرات التكنولوجية الملائمة ، أن تساعد على تكوين معلومات دقيقة عن الحادث وعلى اعداد تدابير منسقة مشتركة للتكهن بتطور الحالة وللانذار بالآثار المحتملة وازالتها .

باء - اصطدامات مصادر القوى النووية بالحطام الفضائي

مراعاة لرأي اللجنة الفرعية بشأن الحاجة الى بحوث مفصلة عن مشكلة اصطدامات مصادر القوى النووية بالحطام الفضائي ونشر نتائج تلك البحوث ، يواصل الاتحاد الروسي كل سنة تقديم ورقة عمل تتضمن نتائج الحسابات التي أجريت بشأن هذه المشكلة في اطار البرنامج العام للبحوث المتعلقة بأمان مصادر القوى النووية في الفضاء .

وتتضمن ورقة العمل هذه نتائج البحوث الحسابية التي أجريت عام ١٩٩٤ باستخدام برامج حاسوبية من أجل النمذجة الثنائية البعد لعملية التحطم التي تحدث لدى اصطدام الحطام الفضائي بمصادر القوى النووية ذات المفاعلات التي أطلقت الى الفضاء بين عامي ١٩٧٠ و ١٩٨٨ والموجودة في مدارات يتراوح ارتفاعها بين ٧٠٠ و ٠٠٠ ١ كيلومتر .

وتتناول الورقة الاصطدامات التي تقع بين الحطام الفضائي ومصدر قوى نووية ذي مفاعل تبلغ كتلته ٢٥٠ ١ كيلوغراما وقطره ٣ر١ مترا وطوله ٧ر٥ مترا ، بما في ذلك المفاعل ، ودرع امتصاص الاشعاع ، ودارة تبريد ذات محيط فلزي سائل ، ومولد كهرحراري ونظام تخلص ، ووحدات أخرى . ويتناول التحليل الاصطدامات بالحطام الفضائي الذي له من الأبعاد والكتلة ما يجعله ، عند اصطدامه بمصدر قوى نووية ذي مفاعل ، قادرا على توليد دفعة معوّقة تؤدي الى تغيير جوهري في بارامترات مسار تحليق مصدر القوى النووية وخروجه السابق لأوانه من المدار الأولي الذي كان يسير فيه قبل الاصطدام .

ويتناول التحليل سرعات الاصطدام وزوايا الارتطام وأبعاد (كتلة) الحطام الفضائي التي يستوفى بها أحد شرطين :

- تفتت ١٠ في المائة من كتلة مصدر القوى النووية ذي المفاعل الى شظايا صغيرة ؛

- تقصير مدة وجود مصدر القوى النووية في المدار ، بفعل الدفعة المعوقة ، الى ما بين ٣٠ و ٥٠ سنة (مدة الاضمحلال الكامل تقريبا للنشاط المدخل في تصميم المفاعل) .

وقد دلت الحسابات على أن أرجح سرعة ارتطام نسبية في الأحوال المفترضة تبلغ ١١ر٧ كيلومترا/ثانية . وأرجح سمت اصطدام في المستوى الأفقي المحلي هو 8° و 84° . أما البعد الحدي للحطام الفضائي فيزيد على ٣ ـ ٨ر٥ سنتيمترات للألومنيوم وعلى ٢ ـ ٦ سنتيمترات للفولاذ ، تبعا لموضع الارتطام في هيكل مصدر القوى النووية ذي المفاعل .

ودلت الحسابات الأولية للآثار الاشعاعية لاصطدام مصادر القوى النووية ذات المفاعلات بالحطام الفضائي ذي الأبعاد المبينة أعلاه على أنه يحدث تفكك ايروديناميي لوقود المفاعل (يورانيوم ٢٣٥) على ارتفاعات تتراوح بين ٦٠ و ٤٠ كيلومترا وأن من الممكن أن يحدث تساقط للعناصر الانشائية الفولاذية المحطمة جزئيا من جسم المفاعل والعاكس المصنوع من البريليوم .

وبغية تقدير احتمال اصطدام مصادر القوى النووية ذات المفاعلات بالحطام الفضائي ، أجري تحليل لتوزع الحطام الفضائي المسجل ارتفاعا وعرضا واختيرت منهجية لحساب توزع الحطام الفضائي غير المسجل الذي تتراوح أبعاده بين ٥ر٠ و ١٥ سنتيمترا . وباستخدام تكهن حسابي بمدى تزايد احتمال نظري الحطام الفضائي في المستقبل على أساس قيمتين لمعامل السياسة التكنولوجية في الفضاء هما ١ر٠ و ٤ر٠ (يفترض أن معامل السياسة التكنولوجية يساوي ١ للسنوات ١٩٦٠ ـ ١٩٩٣) ، جرى تقدير احتمالات الاصطدام بمصدر قوى نووية ذي مفاعل موجود في مدار دائري على ارتفاع ٩٥٠ كيلومترا وبزاوية ميل 65° . ويبلغ احتمال الاصطدام بالحطام الفضائي الذي تزيد أبعاده على ٥ر٠ سنتيمتر مرة كل ٧٥ سنة تقريبا ، على أساس معامل سياسة تكنولوجية مقداره ١ر٠ ، ومرة كل ٥٥ سنة تقريبا على أساس معامل سياسة تكنولوجية مقداره ٤ر٠ .

وكان احتمال الاصطدام النوعي في مدار على ارتفاع ٩٥٠ كيلومترا وبزاوية ميل 65° في عام ١٩٩٣ يبلغ $3{,}4 \times 10^{-4}$ م$^{-2}$ في السنة للحطام الفضائي الذي تزيد أبعاده على ٥ر٠ سنتيمتر و $1{,}3 \times 10^{-6}$ م$^{-2}$ في السنة للحطام الفضائي الذي تزيد أبعاده على ١٥ سنتيمترا . وهذا يدل على امكانية التنبؤ بانخفاض كبير في احتمال اصطدام مصادر القوى النووية بالحطام الفضائي ذي الأبعاد الكبيرة (أكبر من الأبعاد الحدية المشار اليها) وحدوث دفعة معوقة كافية لتقصير مدة وجود مصادر القوى النووية ذات المفاعلات في الفضاء .

واجراء بحوث حول تفاعل الحطام الفضائي مع مصادر القوى النووية عند الاصطدام (الاحتمالات ، السرعات ، زوايا الارتطام ، تحطم مصادر القوى النووية عند الاصطدام) وبآثار هذا التفاعل (مدة وجود شظايا مصادر القوى النووية بعد الارتطام أو مصادر القوى النووية التالفة الى حين دخولها الغلاف الجوي ، الاحتراق في الغلاف الجوي ، سقوط جسيمات من مواد مصادر القوى النووية أو من مكونات مصادر القوى النووية المحطمة جزئيا) يتطلب عمليات حسابية ضخمة الحجم ، وتراعى في تلك البحوث البنية الخاصة لمصدر القوى النووية والبارامترات الفعلية لمسار تحليقه .

- - - - -