ماهية المواد النووية
أمرٌ يلزم تحديده في القانون النووي والإشعاعي المصري
أسامة مصطفى عطعوط
هيئة المواد النووية - ص ب: ٥٣٠ المعادي

THE MEANING OF NUCLEAR MATERIALS SHOULD BE DEFINED IN THE EGYPTIAN OF NUCLEAR AND RADIOLOGICAL LAW

ABSTRACT

The announcement of the political leadership to revive Egypt's nuclear program for peaceful uses of nuclear energy have a significant impact in the minds of scholars of nuclear energy to restore the regional stature of Egypt in the nuclear field. Egypt has three nuclear institutions; Atomic Energy Authority, Nuclear materials Authority and Nuclear stations to generate electricity Authority, which constitute the infrastructure of a sophisticated nuclear program; and then proceeding to build this program.The entering to the age of nuclear technology requires issued legislation to regulate all legal matters relating to the construction, organization and management of these nuclear activities. Recently Egypt did that by issued the regulating of nuclear and radiological activities Law No. 7 of 2010.The attention of the legislator always is going to nuclear energy and its uses and the nuclear materials still need legislative action to protect them from tampering, misuse, or conversion, misrepresentation and conversion to illegal uses.The Egyptian legislature has given special type of criminal protection to nuclear materials in the regulating activities of nuclear and radiological Law, to develop a range of crimes targeted by stealing or mutilating, or trafficking of illegal use or threat of terrorist acts, which awaited a lot.The goal of protection not achieved at the launch; where the law did not include a precise description of the nuclear materials were protected, so explanation and interpretation about the meaning of these materials will wide open.In order to give protection to nuclear materials, we must determine what can be considered a nuclear substance or not, that will only happen to recognize the important, types and figure out the meaning.

الملخص

كان لإعلان القيادة السياسية إحياء مصر لبرنامجها النووي للاستخدامات السلمية للطاقة النووية أثراً كبيراً في نفوس علماء الطاقة النووية في استعادة مصر لمكانتها الإقليمية في المجال النووي، حيث تمتلك مصر ثلاثة مؤسسات نووية، هي: هيئة الطاقة الذرية وهيئة المواد النووية وهيئة المحطات النووية لتوليد الكهرباء، والتي تشكل البنية الأساسية لبرنامج نووي متطور؛ ومن ثم المضي قدماً في سبيل بناء هذا البرنامج.

ويتطلب دخول عصر التكنولوجيا النووية سن تشريعات قانونية لتنظيم كافة الأمور المتعلقة ببناء وتنظيم وإدارة تلك الأنشطة النووية، وهو ما فعلته مصر مؤخراً؛ حيث أصدرت قانون تنظيم الأنشطة النووية والإشعاعية رقم ٧ لسنة ٢٠١٠.ويدور اهتمام المشرع دوماً حول الطاقة النووية واستخداماتها، أما المادة النووية فلا زالت تحتاج إلى إجراءات تشريعية لحمايتها من العبث وسوء الاستخدام أو التحويل أو التحريف والتبديل إلى استخدامات غير شرعية.

وقد أضفى المشرع المصري بقانون تنظيم الأنشطة النووية والإشعاعية حماية جنائية من نوع خاص للمواد النووية، بوضع طائفة من الجرائم التي تستهدفها بالسرقة أو الإتلاف أو الإتجار غير المشروع أو التهديد باستخدامها في أعمال إرهابية، إلا أن الهدف من الحماية لم يتحقق على إطلاقه؛ حيث لم يتضمن القانون وصفاً دقيقاً لتلك للمواد النووية المشمولة بالحماية، ليفتح مجال التفسير والتأويل حول مدلول تلك المواد.

وحتى يتسنى إضفاء الحماية على المواد النووية، يتعين علينا تحديد ما يمكن اعتباره مادة نووية من عدمه، ولن يتأتى ذلك إلا بالتعرف على أهميتها وعلى أنواعها، ثم معرفة المقصود بها.

مقدمة

من المعلوم أن الطاقة النووية يمكن الحصول عليها بإحدى طريقتين: الانشطار FISSION أو الاندماج FUSION، فالانشطار يتم بتحطيم نواة ذرة ثقيلة لتنقسم إلى نواتين من عناصر أخف، وتسمى الطاقة الناشئة عن هذا الانشطار بالطاقة الانشطارية، أما الاندماج فيتم باتحاد أو دمج نواتين لعنصر واحد خفيف لتكوين نواة عنصر أثقل كما هو الحال في القنبلة الهيدروجينية، حيث يتم تكوين نواة هيليوم من اندماج أربعة أنوية من الهيدروجين، وتسمى الطاقة الناشئة عن هذا الاندماج بالطاقة الاندماجية.

ولما كانت الطاقة النووية الاندماجية لا زالت في مرحلة التجربة والتطوير ولا ينتظر استخدامها في المستقبل القريب، فإن العلماء حينما يطلقون مصطلح الطاقة النووية وحسب فهم يقصدون الطاقة النووية الانشطارية.

وتنطلق الطاقة النووية داخل المفاعلات النووية بواسطة حرق الوقود النووي الانشطاري، أو حرق مواد نووية بمعنى أدق، أو بمعنى أكثر دقة حرق اليورانيوم، وحرق الثوريوم بعد تحويله إلى اليورانيوم ٢٣٣، لكونهما المادتان الوحيدتان في الطبيعة والذي يمكن الحصول منهما على الطاقة النووية الانشطارية، بالإضافة إلى مواد نووية أخرى يتم إنتاجها أو معالجتها أثناء تشغيل المفاعل، مثل البلوتونيوم.

وقد أنشأت الدول الكبرى الوكالة الدولية للطاقة الذرية وألحقتها بالأمم المتحدة وجعلتها من أهم الوكالات المتخصصة التابعة لها، وأناطت بها مهمة الحماية المادية للمواد النووية، وجعلتها جزء من الضمانات الدولية للاستخدامات السلمية للطاقة النووية والموضوعة بمعرفة الوكالة في صورة اتفاقات دولية ملزمة، كوسيلة لبسط الحماية على تلك المواد الاستراتيجية.

كما أنشأت الوكالة أنظمة محكمة لنقل تلك المواد وتخزينها بمخازن تحت الأرض محاطة بأسوار ومزودة بأجهزة إنذار بالغة الحساسية ومراقبة بحراسة فائقة، كما أنشأت أنظمة دقيقة لتداول تلك المواد وإجراءات صارمة لاستعادتها حال سرقتها أو الاستيلاء عليها، وألزمت الدول الموقعة على تلك الاتفاقيات بضرورة تضمين تشريعاتها الوطنية نصوصاً تجرم الاعتداء أو الاستيلاء على تلك المواد الهامة مع ضرورة تشديد العقوبات على مرتكبيها، ومع هذا فقد حدثت عدة سرقات دولية لمواد نووية ووقفت الوكالة الدولية وأجهزتها المتقدمة عاجزة عن استعادتها.

مشكلة البحث

يتطلب دخول عصر التكنولوجيا النووية ليس فقط بناء عدد من المحطات النووية تغطي نسبة من احتياجات مصر من الطاقة، ولكن تبني حزمة من السياسات والأنشطة تضمن أن تصب نتائجها في صالح أمن مصر الوطني وتحديث أنشطتها الإنتاجية والصناعية، والتي تقتضي بدورها أن تكون مطابقة لكل المعايير الدولية في التشغيل والصيانة والأمان وفقاً للاتفاقيات الدولية التي وقعت عليها مصر، ويتعين أن تتطرق هذه السياسات وتلك الأنظمة إلى التشريعات القانونية التي تنظم جميع المؤسسات العاملة في الحقل النووي.

وقد فطن المشرع المصري مؤخراً إلى أهمية تقنين الأمور المتعلقة بالأنشطة النووية والإشعاعية في المجالات السلمية؛ فأصدر القانون رقم ٧ لسنة ٢٠١٠ لتنظيم الأنشطة النووية والإشعاعية، كما اختص المواد النووية بحماية جنائية من نوع خاص، إلا أنه اكتفى بتعريفها في المادة (٣) على أنها: عناصر اليورانيوم أو الثوريوم أو أي مركبات كيميائية لهذين العنصرين بأي تركيزات أو كميات بخلاف تلك العناصر ومركباتها الموجودة طبيعياً، وكذا البلوتونيوم بكافة مركباته، ليفتح مجال التفسير والتأويل على مصراعيه حول مدلول تلك المواد.

أهداف البحث

إذا كان الهدف من إضفاء حماية جنائية من نوع خاص على المواد النووية، وذلك بوضع قواعد قانونية لطائفة الجرائم التي تستهدف المواد النووية بالاختلاس أو السرقة أو التبديد أو التهديد باستخدامها؛ فقد كان يتعين تحديد مفهوم تلك المواد تحديداً دقيقاً حتى يتم تحديد تلك الحماية وفقاً للمدلول القانوني للمواد النووية، بحيث يتسع هذا المدلول ليشمل كافة المقومات الأساسية للمواد النووية.

فالهدف من وضع تلك القواعد لم يتحقق على إطلاقه بالقانون النووي والإشعاعي المصري، ذلك لأن المشرع أغفل وضع هذا التحديد الدقيق للمواد النووية؛ باعتبارها محل الحماية الجنائية المطلوبة، وهو أمر يتعين على المشرع تداركه في المستقبل.

ومن هنا جاء الهدف من وراء تلك الدراسة والذي يتمثل في وضع تعريفاً دقيقاً للمواد النووية.

١- أهمية المواد النووية

١-١ الأهمية الاقتصادية

لم تبرز الأهمية الاقتصادية للمواد النووية - بصفة عامة - ولليورانيوم - بصفة خاصة - إلا عام ١٩٤٢ حين تأكد إمكانية استخدامه كمادة انشطارية بسبب احتوائه على النظير ٢٣٥

والذي يمثل المادة الوحيدة في الطبيعة التي لديها القابلية للانشطار، وقد تحقق ذلك خلال الفترة من ١٩٤٢ إلى ١٩٤٨ حيث تحول اليورانيوم من مجرد مادة تستخدم في أعمال الصباغة والتلوين إلى مادة استراتيجية لا تقدر قيمتها بثمن.

إلا أنه وبعد اكتشاف كميات ضخمة من رواسب اليورانيوم في جنوب أفريقيا عام ١٩٥٢ وكندا عام ١٩٥٤، بالإضافة إلى زيادة كل من الولايات المتحدة وفرنسا لإنتاجهما تراجعت أسعار اليورانيوم لتصل إلى ٢٠ دولار/ كيلو جرام يورانيوم بعد أن كان ٦٢ دولار/ كيلو جرام يورانيوم.

واستمر تدني أسعار اليورانيوم حتى أوائل السبعينات التي شهدت أزمة كبيرة في الطاقة على مستوى العالم لاسيما مع اندلاع حرب أكتوبر ١٩٧٣ وما سببته من أزمة كبيرة في مصادر البترول، فترتب على ذلك زيادة كبيرة في أسعار اليورانيوم حيث وصل سعره إلى ٨٥ر١١٢ دولار / كيلو جرام يورانيوم في منتصف عام ١٩٧٨، واستمرت هذه الزيادة حتى أوائل الثمانينات حيث أخذت الأسعار في الهبوط تدريجياً مرة أخرى لتصل إلى ٤٠ر٢٥ دولار/ كيلو جرام يورانيوم عام ١٩٩٠، ثم هبط سعره مرة أخرى إلى ٦٧ر٢٠ دولار/ كيلو جرام يورانيوم عام ١٩٩٢، ثم واصل هبوطه بحلول عام ١٩٩٣ ليقل سعره عن العشرين دولار.

وقد أدت المتغيرات الدولية التي استجدت بتفكك الإتحاد السوفيتي إلى وفرة المتاح من اليورانيوم بالسوق العالمي نتيجة لتبني سياسة الوفاق الدولي ونبذ الحرب الباردة.

وبالرغم من كل ما سلف ذكره فإن الأهمية الاقتصادية للمواد النووية لا زالت تفوق غيرها من الخامات، فالتشغيل الاقتصادي لأي خام يتوقف في المقام الأول على الفرق بين إجمالي تكلفة إنتاجه خلال فترة استخراجه ومعالجته وإعداده في صورته النهائية لبيعه، وبين سعر بيعه، حيث يمثل هذا الفرق ربحية المنشأة، وهو ما أثبتت الدراسات الاقتصادية جدواه العالية مقارنة بالخامات الأخرى.

١-٢ الأهمية السياسية والاستراتيجية

لم تحظ أي من الخامات بمثل ما حظيت به المواد النووية (واليورانيوم خاصة) من اهتمام السياسيين، ذلك لأن هذه المواد وإن كانت مصدراً لأهم الطاقات على الإطلاق وهي الطاقة النووية التي لها من الاستخدامات ما يفوق أي طاقة أخرى، إلا أنها مصدراً لأهم سلاح على الإطلاق وهو السلاح النووي.

ومن هنا أصبحت قوة الحكومات ومدة وجودها في الحكم وتأثيرها على المستوى الدولي والمحلي يقاس بما تمتلكه من هذه المواد النووية.

والعصر النووي الذي جاء وربما يبقى لمدة طويلة لابد من التعامل معه ومن خلاله، فالدول تجد نفسها مدفوعة لدخول هذا العصر دون إبطاء، إن لم يكن من أجل الاستفادة من التكنولوجيا النووية الهائلة فهو من أجل الأمان السياسي الذي يسببه الأمان النووي.

ودخول العصر النووي وامتلاك المواد النووية، لم ولن يكن المقصود به امتلاك الأسلحة النووية، ولكن المقصود به أن تكون الدولة والسياسيين لديهم القدرة على التعامل مع أي حدث نووي ومع أي تهديد نووي، فاليابان لا تمتلك أية أسلحة نووية رغم امتلاكها لتكنولوجيا نووية متقدمة جداً.

وتتأثر الأوضاع السياسية على المستوى الدولي والوطني كثيراً بما تتأثر به المواد النووية من استخدامات غير قانونية أو اعتداءات، فالتهريب غير القانوني للمواد النووية، والإشعاع

النووي العابر للحدود، ومشاكل التلوث البيئي الناتجة عن استخدام الطاقة النووية ودفن النفايات النووية؛ كل ذلك من الظواهر التي تؤثر تأثيراً كبيراً على سياسات الدول الداخلية، وكذا على العلاقات السياسية الدولية.

كما أن امتلاك الأسلحة النووية كان يمثل في الماضي ـ وقبل انهيار الاتحاد السوفيتي ـ جزءاً من التوازن العسكري بين المعسكرين الشرقي والغربي، وجزءاً من استراتيجية الردع التي كان لها الغلبة السياسية، مما كان له عظيم الأثر في إحداث نوع من التوازن السياسي بين الدول، وهو الأمر الذي أصبح مفتقداً اليوم بسبب هيمنة الغول الأمريكي على النصيب الأكبر من الأسلحة النووية، وبالتالي هيمنته على السياسة الدولية.

ويؤثر امتلاك المواد النووية تأثيراً كبيراً في استقرار الأنظمة السياسية، وفي قوتها وأمنها، لما تمثله تلك المواد من عصب صناعي وزراعي واقتصادي وطبي وتعليمي، بل واجتماعي لتلك الأنظمة؛ فلقد غزت التكنولوجيا النووية كل مناحي الحياة وأثرت فيها أكثر مما تأثرت بها.

ولقد صنفت الدول تصنيفات عديدة تبعاً لامتلاكها أو عدم امتلاكها لأسلحة نووية، فهناك الدول النووية، والدول غير النووية، وهناك دولاً مارقة.

أما عن الدول النووية فهي الدول التي امتلكت وفجرت أسلحة نووية، وتمتلك أيضاً المواد الانشطارية ولها حق إنتاجها وتصنيعها وهي الدول الخمس الكبرى أصحاب المقاعد الخمس الدائمة بمجلس الأمن، وأصحاب حق الفيتو Vito أو الاعتراض باللغة العربية، وأصحاب الهيمنة السياسية والاقتصادية والحربية على المستوى الدولي، حيث منحتها اتفاقية حظر الأسلحة النووية ـ وحدها ـ حق امتلاك الأسلحة النووية دون غيرها.

أما الدول غير النووية فهي الدول التي لا تمتلك تلك الأسلحة النووية، بل المحرم عليها امتلاكها، وبالرغم من ذلك فهي دولاً تخضع لأنظمة الضمانات الدولي بما تتضمن من رصد وتحقيق وتفتيش دوري وغير دوري (استثنائي)، وقد وقعت هذه الدول راغبة أو غير راغبة على معاهدة عدم انتشار الأسلحة النووية وعلى اتفاقيات الضمانات الشاملة وعلى برتوكولاتها.

أما الدول المارقة؛ فهي الدول التي فطنت مبكراً إلى أهمية المواد النووية فيما يسمى بالردع النووي، وأن لهذا الردع أهمية تفوق بكثير أهمية امتلاك التكنولوجيا النووية لتحلية مياه البحر أو توليد الطاقة الكهربائية، فوجهت تلك الدول علمائها وإمكانياتها نحو تحقيق هدف واحد هو استخدام التكنولوجيا النووية في تحقيق أمنها وأمانها وفقاً لنظرية الردع النووي، ومن هذه الدول من وقع فعلاً على معاهدة عدم الانتشار النووي مثل : كوريا والتي أعلنت انسحابها من المعاهدة، ومنها من لم يوقع عليها مثل : إسرائيل وباكستان والهند.

٢ـ أنوع المواد النووية

٢ـ١ مواد الوقود النووي Nuclear fuel materials

هي المواد التي تستخدم في إنتاج الطاقة النووية عن طريق الانشطار النووي المتسلسل، وسواء تم استخدامها مباشرة ـ أي ـ دون تحويلات نووية (إثراء) أو تم إثراؤها.

٢ـ١ـ١ مواد الاستخدام المباشر Direct-use material:

وهي المواد النووية التي يمكن استخدامها لتصنيع الأجهزة المتفجرة النووية دون الحاجة إلى تحويلات نووية أو إثراء.

مثل: البلوتونيوم المحتوي على أقل من ٨٠% بلوتونيوم - ٢٣٨ واليورانيوم عالي الإثراء واليورانيوم -٢٣٣.

وتدخل ضمن هذه المواد المركبات الكيماوية أو أي خليط من مواد الاستخدام المباشر، مثل خليط أكاسيد اليورانيوم والبلوتونيوم الموجود في الوقود النووي المستهلك MOX.

٢-١-٢ مواد الاستخدام غير المباشر Indirect-use materials:

وهي المواد النووية التي تحتاج إلى تحويلات نووية أو إثراء لإمكان استخدامها لتصنيع الأجهزة المتفجرة نووياً.

مثل: اليورانيوم الطبيعي أو اليورانيوم منخفض الإثراء واللذان يحتاجان إلى عمليات إثراء لتحويلهما إلى يورانيوم عالي الإثراء أو يجب إدخالهما إلى المفاعل لإنتاج البلوتونيوم - ٢٣٩ والذي يمكن فصله بعدئذ في وحدات إعادة المعالجة، ومثل اليورانيوم المنضب، ومثل: الثوريوم الذي يمكن تحويله إلى يورانيوم - ٢٣٣.

وتسمى هذه المواد أحياناً بالمواد الخصبة Fertile materials.

٢-٢ مواد مكملة للوقود النووي

هي المواد غير الانشطارية التي تستخدم في معالجة أو استخدام أو إنتاج المواد الانشطارية الخاصة، أو في مجال الصناعة والإنشاءات النووية وأهمها:

٢-٢-١ فلز البريليوم.

ويستخدم أساساً كمصدر للنيوترونات في بطاريات اليورانيوم، بالإضافة إلى أهميته كمادة إنشائية في بعض الصناعات النووية.

٢-٢-٢ مجموعة فلزات الجاليوم والآنديوم والبزموث.

وتستخدم كمواد وسيطة لعمليات الانتقال الحراري في المفاعلات النووية.

٢-٢-٣ مجموعة عناصر الزيركونيوم (الخالي من الهافنيوم) والنيوبيوم والفاناديوم.

وتستخدم كمواد إنشائية تتميز بدرجة عالية في مقاومة التآكل، كما تتميز في نفس الوقت بانخفاض درجة الامتصاص النيوتروني، ولذلك فإنها تستخدم أساساً في تغليف اسطوانات الوقود النووي لحمايتها من التآكل بواسطة المواد المبردة والمهدئة كالهواء والماء وثاني أكسيد الكربون والجرافيت والصوديوم المنصهر ..... إلخ.

٢-٢-٤ مجموعة عناصر الجادولينيوم والهافنيوم والكادميوم والبورن.

وتستخدم كقضبان تتحكم في معدلات التفاعلات في المفاعلات النووية، وبالتالي تتحكم في معدلات الطاقة الحرارية المتولدة عنها وذلك من خلال إدخال تلك القضبان بين وحدات الوقود النووي، ويرجع ذلك إلى ارتفاع درجة امتصاص هذه العناصر للنيوترونات الحرارية.

٢-٢-٥ مجموعة عناصر الأرضيات النادرة Rare Earth Elements.

وتستخدم كقضبان للتحكم في سرعة التفاعلات النووية لتميزها بكونها ذات درجة امتصاص نيوتروني عالية، كما تتميز بصلادتها ومقاومتها للتآكل.

٢-٣ مواد التسليح النووي Nuclear weapon materials

٢-٣-١ المقصود بالأسلحة النووية.

السلاح النووي هو كل جهاز قادر على إطلاق طاقة نووية لا يمكن السيطرة عليها، والذي يتميز بمجموعة من الخصائص التي تلائم استخدامه في الأغراض العسكرية، ولا يتضمن هذا التعريف أي أداة تستخدم في نقل أو دفع الجهاز إذا كانت قابلة للانفصال عن الجهاز وليست جزءاً لا يتجزأ منه.

ويتم تصنيع الأسلحة النووية أو الأجهزة التفجيرية النووية من المواد النووية الانشطارية الخاصة بالإضافة إلى المواد النووية عامة، وتختلف الكمية اللازمة للتصنيع باختلاف المادة المستخدمة، وتسمى الكمية اللازمة لتصنيعه بالكمية المعنوية أو مقدار العتبة.

٢-٣-٢ المقصود بالكمية المعنوية أو العتبة.

هي كمية المواد النووية التي تستخدم في إنتاج أو اختبار أو استخدام الرؤوس النووية أو بمعنى أدق: هو المقدار التقريبي (العتبة) Threshold amount أو بمعنى آخر (الكمية المعنوية) من المواد النووية الانشطارية الخاصة أو من المواد النووية عامة التي تستخدم في إنتاج أو اختبار أو استخدام الرؤوس النووية (أو جهاز تفجيري نووي واحد). Significant quantity (SQ):"The approximate amount of nuclear material for which the possibility of manufacturing explosive device cannot be excluded"

وانطلاقاً من تقدير إمكانيات تصنيع الأسلحة النووية أو الأجهزة التفجيرية النووية الأخرى وضعت الوكالة مفهوم " العتبة " تعبيراً عن المقادير والكميات التي تشير إلى أن الدول الطرف في اتفاقية الضمانات أصبح لديها من المواد النووية الكمية التي تؤهلها لتصنيع أسلحة أو أجهزة نووية تفجيري.

٢-٣-٣ الزمن اللازم لتحريف المواد النووية.

قررت الوكالة الدولية للطاقة الذرية ضرورة وضع إجراءات وتدابير فعالة للتحقق من عدم تحريف المواد النووية إلى أغراض غير سلمية من خلال الرقابة الصارمة للمواد النووية بأنواعها المختلفة بحيث يتم الاكتشاف المبكر وفي الوقت المناسب لمحاولات التحريف وقبل أن يصل مخزون المواد النووية المحرفة إلى مستوى الكمية المعنوية المشار لها سلفاً.

ومن بين هذه الإجراءات، وضعت الوكالة جدولاً زمنياً لعمليات التفتيش بحيث تكون الفترة الزمنية Timeliness period المرتبطة بين كل عملية تفتيش وأخرى أقل من الفترة التوقيتية بزمن الاكتشاف، وتعرف الوكالة زمن الاكتشاف بأنه: "الحد الأقصى للزمن المار بين التحريف واكتشافه بواسطة الوكالة، والذي ينص عليه في الترتيبات الفرعية الخاصة بالمرفق المعين والملحقة باتفاق الضمانات مع الدولة انطلاقاً من نوع وخبرات المرفق والأجهزة والمعدات والقوة البشرية المتوفرة بالمرفق على أن يؤخذ في الاعتبار زمن تشغيل وسائل الاحتواء والمراقبة (أي تقييم المعلومات المسجلة على شرائط أفلام المراقبة، والتحقق من الأختام ....)".

Detection time: the maximum time that may elapse between diversion of a given amount of nuclear material and detection of that diversion by

IAEA safeguards activities. Where there is no additional protocol in force or where the IAEA has not drawn a conclusion of the absence of undeclared nuclear material and activities in a state, it is assumed: (a) that all facilities needed to clandestinely convert the diverted material into components of a nuclear explosive device exist in a state; (b) that processes have been tested (e.g. by manufacturing dummy components using appropriate materials); and (c) that non-nuclear components of the device have been manufactured, assembled and tested. Under these circumstances"

وتكون لزمن الاكتشاف قيمة أقل من زمن التحريف، ويقصد بزمن التحريف: "الزمن اللازم لتحريف الأشكال المختلفة من المواد النووية إلى مركبات معدنية من الأجهزة المتفجرة النووية"، Conversion time: "The time required to convert different forms of nuclear to the metallic components of a nuclear explosive device" ويراعى ضرورة عدم حساب الفترات الزمنية اللازمة لنقل المادة المحرفة إلى مرفق التحريف أو اللازمة لتركيب الجهاز المتفجر ضمن زمن التحريف.

٣- المقصود بالمواد النووية

٣-١ المدلول اللغوي أو الدارج Language Term

يطلق لفظ المواد النووية على "المواد التي يمكن من خلالها الحصول على طاقة هائلة تسمى الطاقة النووية من خلال التفاعلات النووية التي تمس نواة الذرة".

و"الطاقة" لغوياً هي المجهود؛ أي المجهود الذي يبذل لإنجاز عمل معين.

و"النواة" لغوياً هي جزء الذرة الجوهري الذي تتجمع فيه البروتونات والنيوترونات وتدور حوله الإلكترونات، وجمعها " نويات"، و " نوى"، وهو أصغر جزء يحتفظ بكل خواص المادة.

و"الذرة" لغوياً هي أصغر جزء في عنصر ما يحتفظ بخواص ذلك العنصر و يصح أن يدخل في التفاعلات الكيميائية.

وقد أطلق العلماء العرب الأوائل على هذا الجزء الذي لا يتجزأ مصطلح "الجوهر الفرد"، وأثبتوا أن أية مادة تتكون من تجمع أعداد هائلة من الجوهر الفرد الخاص بها.

ومنذ ٢٤٠٠ سنة قال ديموقريطس المفكر الإغريقي أن كل شيء مكون من دقائق غاية في الصغر، تتجمع بعدة طرق لتكوين المواد المختلفة حيث أطلق عليها اسم Atom وهي مشتقة من Atomus الإغريقية ومعناها "غير القابل للانقسام".

٣-٢ المدلول العلمي أو الاصطلاحي Scientific Term

يقصد بالمواد النووية من الناحية الاصطلاحية أو العلمية "المواد التي يستخدمها الإنسان في إحداث التفاعلات التي تتم في نواة الذرة و تقوم بها الجسيمات النووية وتتولد عنها الطاقة النووية في المفاعلات النووية أو المتفجرات النووية".

وهناك أنواع عديدة للتفاعلات النووية منها التفاعل الانشطاري Fission Reaction ويحدث بانشطار نواة ذرة يورانيوم لكي تعطي نواتين مجموع كتلتيهما أقل من كتلة نواة الذرة

المنشطرة، ويتحول الفرق بين كتلة المادة المنشطرة وكتلة نواتج الانشطار إلى طاقة حرارية وطاقة إشعاعية، وهذا النوع من التفاعلات نادر الحدوث في الطبيعة، وإذا حدث فلن يكون مجدياً إلا بتهيئة الظروف لكي يبدأ التفاعل ويستمر متسلسلاً ويسمى التفاعل المتسلسل " Chain Reaction" وهو التفاعل الذي يحدث في المفاعل النووي، ويستمر من تلقاء نفسه بصورة يمكن التحكم فيها، وهذا ما يحدث في المفاعلات النووية، أما في القنبلة النووية فتهيئ الظروف لإحداث تفاعل فوري لكل كمية الوقود في المتفجر فتنطلق الطاقة دفعة واحدة في جزء من الثانية.

والمفاعل النووي Nuclear Reactor عبارة عن منشأة يتم تجهيزها بأسلوب علمي بحيث يوضع بداخلها الوقود النووي بنسب معينة ومعه المنشط أو مصدر النيوترونات التي تنطلق لتصطدم بأنوية مادة الوقود محدثة الانشطار النووي والذي يؤدي بدوره إلى انطلاق مزيد من النيوترونات لتحدث انشطارات أخرى، وهكذا يصبح التفاعل تفاعلاً متسلسلاً.

وتتم التفاعلات النووية باستخدام النيوترونات لقذف أنوية العناصر المختلفة، وفي التفاعل الانشطاري تنشطر نواة العنصر إلى شطرين يحتويان على نيوترونات زائدة عن حاجة الشطرين يفرض بعضها نفسه على الشطرين إلى الحد الذي يشبعهما تماماً، وتظل بعد ذلك نيوترونات محررة لا تجد مكاناً لها فيتم قذفها للأنوية مرة ثانية لإحداث إنشطاراً جديداً وهكذا.

وينتج عن التفاعلات النووية للوقود النووي الطاقة النووية Nuclear Energy التي تتميز باحتوائها على قدر من الطاقة يعادل ملايين المرات الطاقة المنطلقة من نفس الوزن من الوقود التقليدي، حيث تقدر الطاقة النووية المنطلقة من كيلو جرام واحد من اليورانيوم ما يعادل الطاقة المنطلقة من حرق ألف وستمائة طن من البترول أو ألفان ومائتان طن من الفحم.

وتختلف التفاعلات النووية عن غيرها من التفاعلات الكيميائية؛ فهي لا تخضع لقانون بقاء المادة والطاقة الذي تخضع له التفاعلات الكيميائية، فمن خلال التفاعلات النووية يمكن تحويل المادة إلى طاقة، كما أن التفاعلات النووية لا تستنفذ الوقود المحترق كله؛ إذ يتبقى جزء من الوقود يسمى بالوقود المستهلك Spent Fuel والذي يتم إعادة معالجته Reprocessing بأسلوب علمي للحصول على البلوتونيوم الذي يمكن استخدامه كوقود في المفاعلات.

٣-٣ تعريف الوكالة الدولية للطاقة الذرية IAEA

ورد تعريف المواد النووية بالمادة (٢٠) من النظام الأساسي للوكالة الدولية للطاقة الذرية والذي تمت الموافقة عليه بمقر الأمم المتحدة بنيويورك بتاريخ ١٩٥٦/١٠/٢٣ وأصبح نافذاً في ١٩٥٧/٧/٢٩ كالآتي:

١- يقصد باصطلاح "المواد الانشطارية الخاصة" البلوتونيوم - ٢٣٩، واليورانيوم - ٢٣٣، واليورانيوم الغني بالنظير ٢٣٥ أو٢٣٣ وأية مواد تحتوي على مادة أو أكثر من المواد السابقة، وأية مواد انشطارية خاصة يعينها مجلس المحافظين من وقت إلى آخر . إلا أن اصطلاح "المواد الانشطارية الخاصة" لا يشمل المادة المصدرية.

٢- يقصد باصطلاح "اليورانيوم المثري بالنظير٢٣٥ أو ٢٣٣" اليورانيوم الذي يحتوي أياً من النظيرين ٢٣٥ أو ٢٣٣ أو كليهما بكمية تكون فيها نسبة مجموع هذين النظيرين إلى النظير ٢٣٨ أكبر من نسبة النظير ٢٣٥ إلى النظير ٢٣٨ كما يوجد في الطبيعة.

٣- يقصد ب "المادة المصدرية" اليورانيوم الذي يحتوي على مزيج النظائر الموجود في الطبيعة واليورانيوم المستنفد في النظير ٢٣٥، والثوريوم، وأية مادة من المواد السابقة تكون في صورة معدن أو سبيكة أو مركب كيميائي أو ركاز، أو أي مادة أخرى تحتوي على واحد أو أكثر من المواد السابقة بدرجة من التركيز يقوم مجلس المحافظين من وقت إلى آخر بتحديدها، وأية مواد أخرى يقوم مجلس المحافظين أيضاً من وقت إلى آخر بتحديدها.

٣-٤ تعريف المعاهدات الدولية

٣-٤-١ تعريف اتفاقية الحماية المادية للمواد النووية.

نصت المادة الأولى من مواد الاتفاقية على الآتي : "فيما يتعلق بأغراض هذه الاتفاقية:

(أ) المواد النووية تعني: "البلوتونيوم" باستثناء البلوتونيوم ذو التركيز النظائري بنسبة تتجاوز ٨٠% في البلوتونيوم ٢٣٨، واليورانيوم ٢٣٣، واليورانيوم المثري في نظائر ٢٣٥ أو ٢٣٣، واليورانيوم الذي يحتوي على خليط من النظائر مثلما يحدث في لطبيعة بخلاف ما يكون على شكل خام أو ترسيبات خام، أو أي مادة تحتوي على واحد أو أكثر مما سبق.

(ب) اليورانيوم المثري في أحد النظائر ٢٣٥ أو ٢٣٣ يعني اليورانيوم المحتوي على النظائر ٢٣٥ أو ٢٣٣ أو كلاهما بكمية كبيرة إلى حد أن نسبة الوفرة في مجموع هذه النظائر إلى النظير ٢٣٨ تكون أكبر من نسبة النظير ٢٣٥ إلى النظير ٢٣٨ في تكويناتها الطبيعية.

٣-٤-٢ تعريف اتفاقية أفريقيا خالية من أسلحة الدمار الشامل (بليندابا).

نصت الفقرة (و) من المادة الأولى من مواد الاتفاقية على الآتي:

"المواد النووية" أي مادة مصدرية أو أي مادة انشطارية خاصة طبقاً للتعريف الوارد بالمادة (٢٠) من النظام الأساسي للوكالة الدولية للطاقة الذرية والتي يتم تنقيحها بمعرفة الوكالة من وقت لآخر".

٣-٤-٣ تعريف اتفاقية فيينا الخاصة بالمسئولية المدنية عن أضرار الطاقة الذرية.

نصت الفقرة (ح) من المادة الأولى من الاتفاقية على أن: "المواد النووية" تعني:

١- الوقود النووي، وهو أي مادة غير اليورانيوم الطبيعي واليورانيوم المستهلك يمكن أن تنتج الطاقة عن طريق الانشطار النووي التلقائي المتسلسل خارج التفاعل سواء أكان ذلك بمفردها أو بعد خلطها بمادة أخرى.

٢- النواتج والفضلات المشعة.

٣-٤-٤ تعريف اتفاق البروتوكول النموذجي الإضافي للاتفاق (للاتفاقات) المعقود (المعقودة) بين الدولة (الدول) والوكالة الدولية للطاقة الذرية من أجل تطبيق الضمانات:

نصت الفقرة (ح) من المادة الثامنة عشر من البروتوكول النموذجي الذي أعدته الوكالة لتنفيذ اتفاقية الضمانات على أن: "المواد النووية تعني أي مادة مصدرية أو أي مادة انشطارية خاصة طبقاً للتعريف الوارد بالمادة (٢٠) من النظام الأساسي للوكالة الدولية للطاقة الذرية. ولا يفسر مصطلح المادة المصدرية على أنه ينطبق على الخام أو بقايا الخام. وأية مواد يقرر مجلس المحافظين بالوكالة إضافتها للمادة (٢٠) من النظام الأساسي باعتبارها مادة مصدرية أو انشطارية بعد سريان هذا البروتوكول ستكون سارية ونافذة فقط عند موافقة الدولة ".

٤- لمدلول القانوني للمواد النووية

٤-١ خواص المواد النووية

رغم أن المواد النووية وإن كانت تعد من عناصر الطبيعة أو من المواد المعدنية، إلا أنها تنفرد عن غيرها في كثير من الخواص والاستخدامات والتواجد:

٤-١-١ خاصية التواجد.

فهي وإن كانت تتواجد في الطبيعة في أي صورة من الصور كغيرها من المواد، إلا أنها تتميز بأنها تنتج أيضاً نتيجة للتفاعلات النووية أو الانشطارية - بمعنى أدق - وهي خاصية لا تتوافر لغيرها من المواد المعدنية؛ فالبلوتونيوم ينتج من التفاعل الذي يحدث داخل المفاعل النووي.

٤-١-٢ خاصية الانشطار.

كما أنها تتميز في أن نواتها قابلة للانشطار - كما هو الحال في اليورانيوم - لتنطلق الطاقة الكامنة بداخلها والتي تعادل ملايين المرات الطاقة المنطلقة من الفحم والبترول.

٤-١-٣ خاصية الاندماج.

حيث تتميز تلك المواد بأن أنويتها قابلة للاندماج مع بعضها لينطلق من هذا الاندماج طاقة هائلة أيضاً.

٤-١-٤ خاصية الاستخدام.

كما أن أهميتها الاقتصادية والسياسية والاستراتيجية تفوق الكثير من المعادن الأخرى مجتمعة، فاستخداماتها الصناعية والزراعية والطبية والعسكرية المختلفة لا تتوافر لغيرها من المعادن.

٤-٢ التعريف القانوني للمواد النووية

مواد الوقود النووي كالمواد الانشطارية الأصلية (أو المصدرية) الموجودة في الطبيعة والمواد الانشطارية الخاصة التي تنتج من انشطار المواد الأصلية داخل المفاعلات النووية، وكذا

المواد المخصصة أو المعدة خصيصاً لاستخدامها داخل المفاعلات النووية والتي تستخدم في تصنيع الوقود أو في تغليفه أو لتصنيع قضبان التحكم أو لتصنيع قضبان الأمان في المفاعلات أو لتجهيز مصادر النيوترونات والعاكسات النيوترونية التي تحيط بالمفاعل أو لتصنيع الدروع الواقية من الإشعاع.

٤-٣ العناصر والأركان القانونية التي استند إليها التعريف

٤-٣-١ العناصر والأركان المادية.

ويقصد بها الأسس والقواعد المؤثرة من الناحية الموضوعية في تحديد المقصود والمفهوم القانوني للمواد النووية، وتتمثل تلك الأسس في ندرة تلك المواد وصعوبة استكشافها واستخراجها وتصنيعها وتجهيزها وتخزينها وتداولها بصفة عامة، وكذا الأغراض التي تستخدم فيها تلك المواد، والأهداف والغايات التي تتحقق من جراء احتياز تلك المواد.

٤-٣-١-١ ندرة وصعوبة تعدين المواد النووية.

تتواجد خامات المواد النووية في الطبيعة بكميات قليلة جداً، سواء تلك المطلوبة كوقود نووي والتي تتمثل أساساً في عنصري اليورانيوم والثوريوم، ناهيك عن البلوتونيوم الذي لا يوجد في الطبيعة وإنما يتولد في المفاعلات النووية ويستخدم أساساً كوقود نووي، أو تلك المطلوبة في مجال الصناعة والإنشاءات النووية الأخرى كالبليريوم والجاليوم والآنديوم والبزموث والزركونيوم والنيوبيوم وغيرها، ومن هنا درج العلماء على تسمية تلك العناصر بالعناصر النادرة.

والعناصر النادرة في مجال المواد النووية تشتمل على حوالي اثني عشر عنصراً، تتواجد في الطبيعة بنسب ضئيلة جداً، حيث تبلغ نسبة تواجد الزيركونيوم بالقشرة الأرضية حوالي ٢٢٠ جزء بالمليون، بينما تبلغ نسبة الفاناديوم حوالي ١٥٠ جزء بالمليون، ونسبة النيوبيوم حوالي ٢٤ جزء بالمليون، وتبلغ نسبة الجاليوم حوالي ١٥ جزء بالمليون، وتبلغ نسبة البريليوم حوالي ٦ جزء بالمليون، وتبلغ نسبة الكادميوم حوالي ٠،١٥ جزء بالمليون، وتبلغ نسبة الإنديوم حوالي ٠،١ جزء بالمليون (ممدوح عبد الغفور، مملكة المعادن، القاهرة، ١٩٩٧).

أما عنصري الوقود النووي وهما اليورانيوم والثوريوم فتبلغ نسبة تواجدهما بالقشرة الأرضية حوالي ٤ جزء بالمليون لليورانيوم وحوالي ١٢ جزء بالمليون للثوريوم.

هذا من ناحية، ومن ناحية أخرى فإن استكشاف واستخراج ومعالجة خامات تلك العناصر بهدف تحضير الركازات المناسبة للعمليات الفلزية من العمليات شديدة التعقيد والتي تحتاج إلى تكنولوجيا عالية ونفقات باهظة، كما أن عمليات التصنيع الكيميائية للعناصر النادرة المستخدمة في المجال النووي تخضع لمواصفات صارمة حتى يمكن الوصول إلى ما يسمى بدرجة النقاوة النووية اللازمة.

ومن ناحية ثالثة فإن تداول تلك المواد يخضع لعمليات وإجراءات تختلف كل الاختلاف عن العمليات والإجراءات التي تخضع لها غيرها من المواد المعدنية أثناء تداولها، من حيث أساليب التخزين، وأساليب التعبئة، وأساليب النقل، والأساليب الإجرائية والأمنية للنقل والتداول، كل ذلك بهدف الحيلولة دون المساس بهذه المواد الخطرة من جانب والاستراتيجية من جانب آخر.

٤-٣-١-٢ استخدامات المواد النووية.

تتنوع وتتباين استخدامات المواد النووية تنوعاً وتبايناً كبيراً سواء في الأغراض السلمية أو في الأغراض العسكرية، فمفاعلات الطاقة النووية لتوليد الكهرباء تستخدم اليورانيوم -٢٣٥ أو البلوتونيوم -٢٣٩ في تشغيلها وذلك لإنتاج الطاقة الحرارية من خلال التفاعل الانشطاري المتسلسل لأي من هاتين المادتين.

كما تستخدم المواد النووية في العديد من الأغراض العسكرية، فاليورانيوم عالي الإغناء أو الإثراء والبلوتونيوم هما المادتان الأساسيتان في تصنيع الأسلحة النووية، وقد تم إنتاجهما في الأربعينيات في كل من الولايات المتحدة الأمريكية والاتحاد السوفيتي (سابقاً) عندما بدأت الدولتان برنامجيهما في التسليح النووي، ومنذ ذلك الحين تم إنتاج كميات كبيرة من هذه الأسلحة في بلاد كثيرة، ولقد استحوذت دول السلاح النووي على مخزون هائل من اليورانيوم عالي الإثراء لصناعة الرؤوس النووية، ولتشغيل مفاعلات الغواصات النووية، كما استخدم اليورانيوم عالي الإثراء على نطاق واسع ولكن بكميات قليلة في مفاعلات البحوث المدنية، الأمر الذي أدى إلى زيادة إنتاج البلوتونيوم نتيجة لتشعيع وقود اليورانيوم بتلك المفاعلات.

٤-٣-٢ العناصر والأركان المعنوية.

ويقصد بها الأسس المعنوية والاعتبارية التي يتعين أن تؤخذ في الاعتبار عند تحديد المفهوم القانوني للمواد النووية، فالخواص الكيميائية لتلك المواد لها اعتبارات كبيرة، كما أن مدى خطورة تلك المواد من الأمور الهامة بل والهامة جداً في تحديد هذا المفهوم.

٤-٣-٢-١ الخواص الكيميائية للمواد النووية.

تتميز المواد النووية وتختص دون غيرها بالعديد من الصفات والمزايا، فمن المعروف كيميائياً أن اليورانيوم هو أثقل العناصر من ناحية الوزن الذري، أي أن ذراته هي أثقل الذرات المعروفة حتى عهد قريب، وإن كان قد تم تصنيع عناصر أخرى في المفاعلات النووية أثقل من اليورانيوم، ولكنها عناصر صناعية بالطبع لا تتواجد في الطبيعة، وإن كانت تتشابه مع اليورانيوم في أن ذراتها غير مستقرة.

ويتميز اليورانيوم بميزة فريدة أخرى بين العناصر الطبيعية في أن نواته قابلة للانشطار وإطلاق الطاقة الكامنة بها، وهي طاقة هائلة تعادل ملايين المرات الطاقة المنطلقة من احتراق الفحم والبترول، ولذلك فإن اليورانيوم يعتبر وقوداً نووياً.

هذا عن اليورانيوم، أما الثوريوم فإنه مشع أيضاً مثل اليورانيوم ولكن نواته غير قابلة للانشطار مثل نواة اليورانيوم، إلا أنه من الممكن تحويله بالتفاعلات النووية في المفاعلات النووية إلى أحد نوعيات اليورانيوم القابلة للانشطار، ولذلك فإنه يعتبر أيضاً وقوداً نووياً مستقبلياً يمكن استخدامه بعد نفاد الاحتياطي العالمي لليورانيوم.

٤-٣-٢-٢ مدى خطورة المواد النووية.

يمثل الانبعاث الإشعاعي من مصادر مختلفة أحد المخاطر الإشعاعية التي تلوث البيئة إشعاعياً، ولا تنتج هذه الإشعاعات من المواد النووية فحسب - حسبما يعتقد البعض -؛ فالمستشفيات والجامعات ومراكز الأبحاث بل والمصانع تنتج مواد إشعاعية من خلال الاستخدامات الطبية والمعملية.

وليست كل المواد النووية مواد إشعاعية، فالمحطات النووية تنطلق منها كميات صغيرة من تشكيلة عريضة من المواد المشعة عند كل مرحلة من مراحل دورة الوقود النووي، وتزداد هذه الكميات عن إعادة معالجة الوقود النووي وتتفاوت هذه الجرعات من محطة نووية لأخرى.

والصناعات غير النووية التي تتضمن معالجة الخامات المحتوية على مواد مشعة تنتج شحنات إشعاعية هي الأخرى.

وبعيداً عن التلوث الناتج من العمليات العادية للتشغيل في الصناعات النووية، فقد ينتشر النشاط الإشعاعي بصورة مفاجئة وعلى نطاق واسع نتيجة لحادث نووي، مثلما وقع في محطة تشرنوبيل النووية في أوكرانيا، حيث تسبب انفجار هائل بالمحطة في انطلاق كميات كبيرة من الإشعاع على مدى عدة أيام.

ومن المواد النووية ما ينتج عنه إشعاعات حتى قبل دخوله في أي صناعة نووية أو غير نووية، فمادة الثوريوم مثلاً ينتج عنها أشعة جاما التي تحدث تأيناً لخلايا الأنسجة الحية حال التعرض لها، ومادة البريليوم أيضاً تسبب سرطان الرئة عند تعرض الإنسان لها وتسبب سرطان العظام عند تعرض الحيوان لها.

وينتج عن الصناعات النووية كذلك مواد لها فوائد مباشرة في الأغراض العسكرية، أو مواد أخرى لها فوائد في إنتاج مواد نووية يمكن استخدامها في الأغراض العسكرية، فاليورانيوم - ٢٣٥عالي الإثراء والبلوتونيوم -٢٤٢ درجة السلاح (weapon-grade Pu) من المواد التي تدخل مباشرة في إنتاج الأسلحة النووية، أما اليورانيوم -٢٣٨ فيستخدم في إنتاج مادة يمكن استخدامها في الأغراض العسكرية وهي البلوتونيوم.

الخلاصة

نخلص من البحث إلى النتائج الآتية:

أولاً: أن للمواد النووية أهمية اقتصادية تفوق غيرها من الخامات، حيث أثبتت الدراسات الاقتصادية جدواها العالية مقارنة بالخامات الأخرى.

ثانياً: أن للمواد النووية أهمية كبيرة من الناحيتين السياسية والاستراتيجية، حيث أصبحت قوة الحكومات ومدة وجودها في الحكم وتأثيرها على المستوى الدولي والمحلي يقاس بما تمتلكه من هذه المواد.

ثالثاً: أنه يتعين إجراء تعديلاً تشريعياً لقانون تنظيم الأنشطة النووية والإشعاعية رقم ٧ لسنة ٢٠١٠ بوضع تعريفاً دقيقاً للمواد النووية.

رابعاً: أنه يتعين أن يكون التعريف من الاتساع بحيث يمتد ليشمل كافة الأسس الموضوعية من ندرة لتلك المواد ومن صعوبة استكشافها واستخراجها وتصنيعها وتجهيزها وتخزينها وتداولها بصفة عامة، وكذا الأغراض التي تستخدم فيها تلك المواد، والأهداف والغايات التي تتحقق من جراء احتياز تلك المواد، كما يتعين أن يمتد التعريف ليشمل ـ أيضاً ـ كافة الأسس المعنوية والاعتبارية؛ مثل الخواص الكيميائية لتلك المواد ومدى خطورتها.

خامساً: أنه يمكن الاسترشاد بما انتهينا إليه ببحثنا من تعريف للمواد النووية، والذي حاولنا من خلاله الإلمام بكافة الأسس الموضوعية والاعتبارية ومعظم الخواص المميزة لتلك المواد.

المراجع

(١) المعجم الوجيز، مجمع اللغة العربية، ٢٠٠٤.

(٢) حسن سمير عساف، طرق التنقيب عن خامات اليورانيوم والثوريوم، البرنامج التدريبي حول دورة الوقود النووي من الخام حتى الركاز الأصفر، الهيئة العربية للطاقة الذرية بالتعاون مع هيئة المواد النووية، القاهرة، ديسمبر ١٩٩٥.

(٣) طه أحمد صياح، معادن اليورانيوم والثوريوم، البرنامج التدريبي حول دورة الوقود النووي من الخام حتى الركاز الأصفر، الهيئة العربية للطاقة الذرية بالاشتراك مع هيئة المواد النووية، القاهرة، ديسمبر ١٩٩٥.

(٤) عائشة العوضي، المفاعلات النووية آلات حرب تنتج طاقة، www.islamonline.net، أبريل ٢٠٠٣.

(٥) محمد عزت عبد العزيز، تكنولوجيا الإشعاع للاستخدامات الطبية والصناعية والبيئية، إلكترومتري، ١٩٩٨.

(٦) محمود ماهر محمد ماهر، نظام الضمانات الدولية للاستخدامات السلمية للطاقة النووية، رسالة دكتوراه، كلية الحقوق جامعة عين شمس، ١٩٨٠،

(٧) مصطفى علوي، المناطق الخالية من أسلحة الدمار الشامل، البرنامج العلمي حول نظام الضمانات النووية الدولي "الآفاق والآليات والمشاكل"، الهيئة العربية للطاقة الذرية بالتعاون مع الأمانة العامة لجامعة الدول العربية وهيئة الطاقة الذرية المصرية والوكالة الدولية للطاقة الذرية، القاهرة يناير ٢٠٠٠.

(٨) ممدوح عبد الغفور حسن، الثقافة النووية للقرن ٢١، دار الفكر العربي، ٢٠٠٠.

(٩) ممدوح عبد الغفور حسن، مملكة المعادن، الشركة العربية للنشر والتوزيع، القاهرة، ١٩٩٧.

(١٠) نبيل طه الحاذق، العناصر النادرة في مجال المواد النووية، هيئة المواد النووية، مايو ١٩٩١.

(11) يوسف أمين: تاريخ النظرية الذرية، دار أبعاد للطباعة والنشر والتوزيع ببيروت، طبعة ١٩٨٣.

(12) David fisher, history of the International Atomic Energy Agency, the First Forty Years, Vienna, 1997.

(13) IAEA, Safeguards Glossary, International Nuclear Verification Series No: 3, 2001 Edition

(14) International Training Course on Implementation of Systems of Accounting for and Control of Nuclear Materials, Santa Fe and Los Alamos, New Mexico, and Austin, Texas, USA, April, 2001.

(15) Kathleen Walsh, Nuclear Technology & the Developing World, IAEA Bulletin 46/2, March 2005.

(16) Matthew Bunn, Securing Nuclear Weapons and Materials, Seven Steps Immediate Action, Project on Managing the Atom, Harvard University, May 2002.

(17) Model Protocol Additional To The Agreement (s) Between State (s) And The International Atomic Energy Agency For Application Of Safeguards.

(18) Radiological Conditions in Areas of Kuwait with Residues of Depleted Uranium, Report by an international group of experts, IAEA, VIENNA, 2003.