الباب الثانى

خطر النفايات النووية

أخطار الإشعاع

عندما يتعرض الإنسان للإشعاع سواء الصادر عن العناصر المشعة المستخدمة في المفاعلات النووية، أو الصادر عن نفايات تلك المفاعلات فإنه يتعرض لجملة من المخاطر، أيسرها الإصابة بالأنيميا فقر الدم نتيجة كبح نشاط نخاع العظام لإنتاج خلايا دم ومن المخاطر الأخرى، كبح نشاط جهاز المناعة في الجسم، وبالتالى التعرض المتكرر للإصابة بأمراض متعددة لا يصاب بها الإنسان حال نشاط جهاز المناعة.

أما أخطر آثار التعرض للإشعاع فهو الإصابة بالسرطان، خصوصًا سرطان الجلد وعلى المدى البعيد يمكن أن يؤدي الإشعاع إلى الإصابة

بالعقم، وإلى إحداث تحورات في الجينات تؤدي في حال انتقالها إلى الذرية إلى تشوهات خلقية وبينما يحدث فقر الدم في غضون أيام أو أسابيع قليلة من التعرض للإشعاع، فإن الإصابة بالسرطان تحدث بعد زمن أطول عدة شهور أو سنوات تبعًا لمقدار الإشعاع ومادام الحال كذلك، فلا عجب أن يكون التخلص من العادم النووي مشكلة مؤرقة، سيما وأن أعدادًا أكبر من الناس يحتمل أن تتعرض للإشعاع الصادر عنه، على خلاف المفاعلات النووية التي يقتصر عنصر الخطر فيها على العاملين فحسب وهؤلاء أمكن تأمين سلامتهم بملابس واقية ووسائل وقائية أخرى ٠

مخاطر النفايات النووية

تعد النفايات بصفة عامة من ملوثات البيئة، إلا إذا أمكن التخلص منها بطريقة لا تترك آثاراً ضارة، وقد عمدت بعض الدول الصناعية للتخلص من نفاياتها بطرق عديدة، دون ترك آثار ضارة على بيئتها، ومن هذه الطرق تصدير النفايات الصناعية إلى بلدان العالم الثالث.

وكانت الطريقة المألوفة في التخلص من النفايات،خصوصًا الصناعية ، هي تصريفها في مياه البحار والمجاري المائية أو دفنها في مدافن تحفر تحديداً لهذه العملية، وتشير بعض التقديرات إلى أن عدد المدافن

التي تم دفن النفايات الخطرة بها في الولايات المتحدة وحدها، حوالي ٥٠ ألف موقع.

تستخدم المفاعلات النووية في بقاع شتى من المعمورة كمصدر رئيسي للحصول على الطاقة ومع اطراد النمو الصناعي في كثير من بلاد العالم، يتزايد الإقبال على المفاعلات النووية لتوفير الطاقة اللازمة لإدارة عجلة الصناعة وخلافاً لمشكلة تسرب المواد المشعة من المفاعلات النووية، هناك مشكلة أشد خطورة وأكثر حدة، هى التخلص من العادم النووي فالمواد المشعة التي تستخدم كوقود في المفاعلات النووية لإنتاج طاقة، يتخلف عنها عادم أو نفايات وفي منتصف القرن الماضي، بدأ استخدام الطاقة النووية يتوسع سواء في الأغراض السلمية أو الترسانة العسكرية، ومن أهم المشكلات التي صاحبت هذا التوسع مشكلة التخلص من النفايات النووية،نظراً لأن النفايات النووية لها طبيعة خاصة تتمثل في عدم اختفاء آثارها السلبية على البيئة وصحة الإنسان، حتى مع دفنها في مسافات عميقة تحت سطح الأرض ومع تزايد النشاط الصناعي في أوروبا وأمريكا، تزايدت كميات النفايات الضارة المتخلفة من الصناعات المختلفة، وتزايدت بالتالي مشكلات التخلص منها في أراضي الدول التي تنتجها.

ومن المعروف أن مخاطر المفاعلات النووية عالية جداً، وكثير من دراسات الأمان أظهرت أنه حتى فى أحدث أنواع المفاعلات النووية يمكن أن تحدث حوادث ضخمة سواء من تقصير بشرى أو أعطال فنية أو هجمات أو كوارث طبيعية، ومن الممكن أن تكون نتائج هذه الحوادث كارثية بصورة أكبر مما حدث فى كارثة مفاعل تشرنوبيل النووي فى ابريل ١٩٨٦ حيث كانت الإشعاعات النووية أكثر ٥٠٠ مرة من القنبلة الذرية الأمريكية التى ألقيت على هيروشيما باليابان عام ١٩٤٥، و حتى يومنا هذا مازالت الأعداد الدقيقة لأرقام ضحايا تشرنوبيل غير واضحة، وترجح بعض التقارير أنه نتج عن هذه الكارثة ١٠٠ ألف قتيل و عشرات الآلاف من المصابين بالإشعاعات النووية، علاوة علي أنها جعلت أجزاء واسعة من روسيا البيضاء وأوكرانيا خالية من السكان، وهذه ليست السابقة الأولي في روسيا فقد حدث عام ١٩٥٧ واحدة من أكبر الكوارث النووية فى ماجاك بروسيا وتم التكتم على الحادثة ولم يعرف العالم بها إلا عام ١٩٨٩ وحتى اليوم هناك مساحة من الأرض طولها ٣٠٠كم وعرضها ٣٠كم متر ملوثة بالإشعاعات النووية، ولا يوجد تقرير موثق عن عدد ضحايا الحادث.

كذلك ما حدث إثر الزلزال الذى ضرب اليابان فى مارس ٢٠١١ فى محطة فوكوشيما النووية، والتى تحتوى على ستة مفاعلات نووية حدث انفجارات فى ٤ منها و تسرب كميات كبيرة من المواد المشعة، و

أصبحت الإشعاعات فى الجو أكثر ٤٠٠ مرة من الكمية المسموح بها ، وتم ترحيل السكان من دائرة نصف قطرها ٣٠ كيلو متر من المفاعل النووى، ثم بدأ الهروب الكبير من طوكيو و المنطقة المحيطة بها خوفاً من الهواء الملوث بالإشعاعات النووية والذى بدأت الرياح تنقله باتجاة طوكيو، وقررت إدارة الأغذية والدواء الأميركية حظر استيراد الحليب والمنتجات الطازجة من المناطق القريبة من المفاعل النووي الياباني وشملت لائحة الحظر أربعة مقاطعات يابانية هي فوكوشيما وأيباراكي وتوتشيغي وغونما، علاوة علي خسائر اقتصادية فادحة أثرت تأثيراً بالغاً علي الاقتصاد الياباني، وقد علقت المستشارة الألمانية أنجيلا ميركل على كارثة فوكوشيما قائلة أن اليابان لم تنجح في التحكم بالمفاعلات النووية برغم كل إجراءات الأمان الشديدة بها، وبالتالي لن تستطيع أى بلد فى العالم أن تدعي أن هناك مفاعلاً نووياً أمناً، كما وصف المستشار النمساوى فرنر فيمان الطاقة النووية بأنها الطريق الخطأ وأنه قد آن الأوان لتودع أوروبا الطاقة النووية، كذلك منعت الصين بناء أى مفاعلات نووية جديدة، وتوقفت سويسرا عن إعطاء تراخيص لبناء مفاعلات نووية على أرضها، هذا مع الوضع في الاعتبار أن أمريكا قد توقفت منذ ٣٠ عاماً عن بناء مفاعلات نووية جديدة، وعلى مستوى العالم أجمع تتقادم المفاعلات النووية ومع تقادمها ترتفع

المخاطر ويقل الأمان، وتتكرر الحوادث فائقة .

إزالة تلوث النفايات المشعة

تطبق تقنيات إزالة التلوث على الأجسام الملوث سطحها بمادة مشعة، دون وصول التلوث إلي عمق الجسم الملوث وتهدف عمليات إزالة التلوث الي خفض كميات المواد الصلبة الملوثة وتتم عمليات بعدة طرق ميكانيكية يدوية وآلية، وأخرى كيميائية وثالثة مختلطة وتتضمن الطرق الميكانيكية عمليات الغسيل اليدوي بالماء، أو بتيارات شديدة من الماء ، أو باستخدام الآلات أما الطرق الكيميائية فتتضمن عمل الحمامات الكيميائية للقطع والمعدات الصغيرة مع استخدام منظفات كيميائية اقتصادية.

ويجوز استخدام تقنيات مختلفة أخرى تقوم على استخدام الموجات فوق الصوتية كما تستخدم تقنية الصهر لإزالة تلوث القطع والأجهزة الفلزية ، حيثما يمكن فصل الفلزات المنصهرة عن الملوثات المشعة ويوفر مولد النفايات جميع التجهيزات الخاصة بالمعالجات الأولية للنفايات الصلبة ، بما في ذلك الأوعية أو البراميل الخاصة بإزالة التلوث.

التلوث الناجم عن تصنيع اليورانيوم!

عندما يدّعي البعض أن الطاقة النووية أقل تلويثاً للجو من باقي مصادر الطاقة، يرد الباحثان المتخصصان لومن وسميث عليهما بالقول إنه عند وجود مادة اليورانيوم الخام بنسبة تركيز قليلة من أكسيد اليورانيوم U_3O_8، أي ٠,١ %، مثلاً، فإن مفاعل نووي ينتج غاز ثاني أكسيد الكربون بنسبة أقل من محطة توليد كهرباء تعمل على الغاز وتنتج كمية الطاقة نفسها من الكهرباء، ولكن بعد تسع سنوات على الأقل من بداية تشغيل المحطة،وذلك نتيجة التلوث العظيم الناجم عن تعدين اليورانيوم وتصنيعه وتخصيبه ليكون وقوداً نووياً للمحطة، كذلك نتيجة بناء المفاعل نفسه وما تنفث أنشطة البناء المتنوعة وتصنيع مواد البناء من غاز ثاني أكسيد الكربون.

وفي حال استخدام نوعيات أفضل من اليورانيوم الخام،على الأقل بتركيز ٠,٢% من أكسيد اليورانيوم U_3O_8، فإن الطاقة المبذولة في تعدين اليورانيوم وتخصيبه أقل بكثير من الكهرباء التي تنتجها المحطة، لكن المحطة النووية يجب أن تعمل نحو سبع سنوات لتنتج ما تم إنفاقه من طاقة.

أما إذا تدنت النسبة عن ذلك أي عن ٠,١ %، وعند توافر خامات فقيرة بأكسيد اليورانيوم، فإن المفاعل يكون قد أنتج كميات من غاز ثاني أكسيد الكربون خلال مراحل تصنيع الوقود وبناء المنشآت المرتبطة به

بما يساوي ما تنتجه محطات توليد الكهرباء التقليدية التي تعمل على الوقود الأحفوري وهذا يسقط مقولة أن الطاقة النووية طاقة نظيفة وذلك في حال الخامات الفقيرة؛ولما كانت الخامات الجيدة سوف تنفذ قريباً فإننا نستطيع القول إن الطاقة النووية باتت ملوث كبير للبيئة.

أما في حال طاقة الرياح فإن إنتاج الكهرباء يتجاوز الطاقة المبذولة بعد ٣ ــ ٦ أشهر فقط من الإنتاج وهذا دليل جديد على نظافة واستدامة الطاقة المستمدة من الرياح أما القول إن توربينات الرياح تشوه البيئة وتصدر أصواتاً مزعجة، فإن سكان ساحل جاسب الكندي، حيث توجد أعظم وأضخم التوربينات في العالم، يقولون إنها منسجمة مع البيئة تماماً وأخذنا نتصورها كأشجار ضخمة لا تصدر أصواتاً تزيد عن زمهرير العواصف والرياح الشديدة.

ان إنتاج جنوب أفريقيا وناميبيا تحديداً، فضلاً عن إنتاج بعض دول العالم الأخرى من اليورانيوم، يقع عند أو دون نسبة ٠,١% ونعتقد أن خامات الأردن من اليورانيوم تنخرط ضمن هذه المعايير المتدنية، وأقل بكثير، إلى أن يثبت عكس ذلك لكن، ماذا بشأن نوعية الخامات المتواجدة في أنحاء العالم المترامية الأطراف،وما هو معدل تركيز أكسيد اليورانيوم على مستوى عالمي؟

في نهاية الخمسينيات كان تركيز أكسيد اليورانيوم U_3O_8 في خامات اليورانيوم المتواجدة في مناجم الولايات المتحدة الأمريكية نحو ٠,٢٨ %، بينما في التسعينيات تدنى هذا التركيز ليتراوح بين ٠,٠٧ – ٠,١١% وتعتبر كندا هي الدولة الوحيدة التي تتحسن فيها نوعية خام اليورانيوم نتيجة الاكتشافات الجديدة في الآونة الأخيرة لنوعيات ممتازة لكن، يبدو أن هذه الاكتشافات لم تؤثر كثيراً على معدل التركيز العالمي في العقود الخمسة الأخيرة، حيث تتراوح بين ٠,٠٥– ٠,١٣ %.

وهذا يعني أنه بمرور الوقت سوف تنخفض تركيزات أكسيد اليورانيوم في العالم، وبالتالي سوف تزيد صناعة إنتاج الطاقة النووية من إطلاق غاز ثاني أكسيد الكربون في الجو، الأمر الذي سوف ينجم عنه تعاظم تلويث الغلاف الجوي للكرة الأرضية بالغازات الدفيئة التي اتفق العلماء أنها السبب الرئيس للتغير المناخي الحالي الذي نعاني منه اليوم فضلاً عن أنه يهدد بقاء الحياة برمتها على سطح هذه البسيطة خلال هذا القرن، وذلك إذا لم يتفق العالم على إجراءَات حاسمة بهذا الشأن.

وقد أثبتت اجتماعات الأمم المتحدة حول التغير المناخي في كوبنهاجن عام ٢٠٠٩ وفي كانكون بالمكسيك عام ٢٠١٠ أن الأمر يسير على غير مايأمله العالم، بل هناك اتجاه لعدم تجديد اتفاقية كيوتو عام ٢٠١٢، فيما

شرع العالم بقيادة الولايات المتحدة الأمريكية في الاستعداد للتكيف مع هذه الظاهرة وليس الحد منها!

ففي ضوء عدم وضوح تجديد اتفاقية كيوتو ٢٠١٢ يتردد في أروقة الأمم المتحدة، وفي أدراج الاتفاقية الإطارية للتغير المناخي، أنه ينبغي أن تفرض ضريبة على المصادر الملوثة للطاقة؛ ربما تكون نحو ٦٠ دولاراً للطن الواحد من غاز ثاني أكسيد الكربون، وكان من المتوقع أن تدخل قيد النفاذ نحو نهاية عام ٢٠١٢؛ عند ذاك، فإن أسعار الطاقة النووية والطاقة المولدة من الفحم التي تطلق في الولايات المتحدة الأمريكية وحدها ٥٠ طناً من الزئبق سنوياً، سوف تصبح من أكثر أنواع الطاقة تكلفة.

ويمكننا ملاحظة توقعات شركة نفط عالمية من كبرى شركات النفط في العالم إكسون،حيث تتوقع في عام ٢٠٢٥ أن تكون أسعار الطاقة المولدة من الرياح أقل أنواع الطاقة تكلفة على الإطلاق؛ طبعاً، مقارنة بالطاقة النووية والفحم والغاز والطاقة الشمسية، خاصة في حال فرض ضريبة إضافية على إطلاق غاز ثاني أكسيد الكربون.

ويلاحظ أن الضريبة الإضافية لم تؤثر على إنتاج الطاقة الكهربائية التي يتم إنتاجها من الشمس والرياح لأنها غير ملوثة للبيئة أصلاً، ولم تؤثر كذلك على سعر الطاقة المولدة من الفحم، وذلك إذا تم اعتماد تقنية

التقاط غاز ثاني أكسيد الكربون ودفنه في مستودعات أرضية عميقة وهذه قضية أخرى بحاجة إلى حسن نظر لضمان اجتناب مخاطر ذلك في المستقبل وحتى في الحالة التي لا تفرض عندها ضريبة غازات الدفيئة على الفحم، فإن سعر طاقة الرياح سوف يساوي سعر أقل أنواع الوقود الأحفوري تكلفة، وهو الفحم.

ومن المعلوم اليوم أن النوعيات الجيدة التركيز من اليورانيوم تتواجد في مناطق محدودة من العالم، في كندا وكازاخستان، ونسبة بسيطة منه من إنتاج أستراليا وروسيا ويصل الإنتاج الاسترالي من اليورانيوم إلى الاتحاد الأوروبي واليابان والولايات المتحدة الأمريكية بكميات كبيرة، فإلى أي مدى يمكننا اعتبار إنتاج الطاقة من المفاعلات النووية طاقة نظيفة طالما أن نوعية الخامات في أستراليا رديئة في مجملها؟

وتؤكد تلك التخوفات بشأن حجم التلوث الناجم عن الصناعة النووية في العالم أبحاث نشرت في مجلة Australian Science؛ إذ تؤكد الدراسات أن إنتاج الكعكة الصفراء U_3O_8 وتحويلها إلى غاز UF_6 وزيادة تركيز U-235 وتحويل الغاز إلى مسحوق أكسيد اليورانيوم وكبسه في أنابيب الوقود؛ كلها عمليات تنتج ثاني أكسيد الكربون، فضلاً عن أن إنشاء البنية التحتية للمحطة النووية والأبنية الضرورية لها

والتحصينات المرافقة لها وتعدين اليورانيوم وتشغيل المحطة وصيانتها وتخزين الوقود وإعادة تدويره وإدارة النفايات وتخزينها لأمد طويل، وكذلك تفكيك المحطة عندما ينتهي عمرها التشغيلي ،هذه الإجراءَات كلها تؤدي إلى تلويث كبير في الجو وأعباء مالية ومخاطر عظيمة على الأجيال القادمة ويستدعي الواجب الأخلاقي، والشعور الوطني والالتزام بحقوق الأجيال التي لم تولد بعد، أن يتوقف الإنسان طويلاً وهو يتأمل هذه الظاهرة التي باتت هاجساً عظيماً عند الكثير من الدول.

إن ما يجعل الطاقة النووية غير مستدامة هو احتمال نضوب المادة الخام أسرع مما كان متوقعاً نتيجة طموحات عظيمة خارج أوروبا لبناء المفاعلات، خاصة في الصين وآسيا عامة كذلك فإن خامات الفوسفات التي تحتوي على اليورانيوم بنسب قليلة جداً سوف تصل إلى قمة عطائها بعد نحو ٣٠ عاماً، ثم تبدأ في النزول ويمكن إنتاج اليورانيوم من ماء البحار ولكنه يوجد بتركيز ٢×١٠^{-٧}، وعليه، فإن الطاقة المبذولة في إنتاجه أعلى بكثير من الطاقة الكهربائية التي سيولدها في المستقبل.

خلاصة القول إن العلماء يتوقعون أن استخدام اليورانيوم بالتركيز المرتفع لإنتاج ١٦ % من حاجة العالم من الكهرباء، على نحو ما هو عليه اليوم، سوف يؤدي إلى استنزاف مخزون اليورانيوم عالي التركيز

ونضوبه في غضون ١٩ عاماً، الأمر الذي سوف يساهم في رفع تكلفة إنتاج الكهرباء من الطاقة النووية في المستقبل القريب، وربما يؤدي إلى توقف المفاعلات عن العمل وفي حال الاتجاه صوب استخدام الخامات الفقيرة باليورانيوم فإن تلويث العالم سوف يزداد، ناهيك عن زيادة عدد المفاعلات النووية في المستقبل القريب وزيادة الطلب على اليورانيوم، الأمر الذي سوف يزيد من المشكلة تعقيداً.

وإذا عرفنا أن مدة إنشاء المحطة النووية يستغرق نحو ٦ ـ ١٠ سنوات كحد الأدنى، فإن نضوب المادة الخام بعد ذلك في غضون ١٢,٥ ـ ١٩ عاماً، يعني أن اليورانيوم سوف يكون متوافراً بأسعار معقولة لمدة ١٠ـ ٢٠ سنة فقط عند تشغيله المفترض في عام ٢٠٢٠، فماذا بشأن عمره التشغيلي الذي يفترض أن يخدم نحو ستين عاماً أو أكثر؟ ألن تصبح تكلفة إنتاج الطاقة من هذه المشاريع مكلفة جداً؟

ولماذا يتوقف العالم بعد اتفاقية مونتريال عام ١٩٨٥ عن إنتاج مركبات الكلوروفلوروكربون التي تؤدي إلى اضمحلال طبقة الأوزون، لكنها تزيد من فعالية ظاهرة الاحتباس الحراري؟ ولماذا يتوقف العالم عن إنتاج الأسبست وتعدينه عام ١٩٩٩ لأضراره الصحية البعيدة المدى على الصحة، فيما يسمح بفتح مواقع جديدة لتعدين اليورانيوم وإنشاء المفاعلات النووية المعرضة لكوارث إشعاعية ستظل أضرارها باقية

لملايين السنين؟ لكن تعدين اليورانيوم لا ينجم عنه انطلاق غاز ثاني أكسيد الكربون وحسب، إنما فضلات كثيرة لا تحصى، من أهمها الأحماض التي تستعمل لإذابة الصخور،كحامض الكبريتيك، وكذلك الجاز المستخدم كمذيب والماء الهيدروجيني والكلس وما إلى ذلك.

إن الإجراءَات الاحترازية من شأنها خفض الأضرار الناجمة عن أي كوراث؛ فمثلاً انطلقت تحذيرات بين عامي ١٨٩٨- ١٩٠٦ تحذر من مخاطر الأسبست على الصحة، ولكن أياً من الإجراءَات الاحترازية لم يتم اتخاذها؛ وبناء عليه، واستناداً إلى دراسة هولندية، فإن وقف التعامل مع الأسبست عام ١٩٦٥ بدلاً من عام ١٩٩٣عندما أصدرت الحكومة قانوناً بذلك، كان بإمكانه تجنب إصابة ٣٤٠٠٠ إنسان بالمرض القاتل، وأيضاً كان بإمكانه توفير ١٩ مليار يورو على الدولة التي أنفقت ذلك المبلغ الضخم لتنظيف المصانع ودفع التعويضات للمتضررين وهذه هي شركة كهرباء اليابان تخصص مبلغ ٢٥مليار دولار،كدفعة أولى من التعويضات للمتضررين من كارثة فوكوشيما التي قد تزيد عن ٢٤٥ مليار دولار.

وقد نشرت أبحاث علمية تطبيقية درست حالات الإصابة بالسرطان لدى سكان المناطق القريبة من مناجم التعدين، ففي الفترة الواقعة بين ١٩٦٩ ـ ١٩٩٣ تم دراسة شعب النفاجو الذين يعيشون بالقرب من مناجم تعدين اليورانيوم في نيومكسيكو وأريزونا بالولايات المتحدة

الأمريكية، واتضح في النهاية أنه تزايدت احتمالات الإصابة بالسرطان ٢٨٦مرة أكثر من الأشخاص الذين كانوا بعيدين عن مناجم تعدين اليورانيوم وبناء عليه، ألا ينبغي أن نستخدم أسلوب الإجراء الاحترازي في منع إقامة المفاعلات النووية أو فتح مناجم تعدين اليورانيوم؟٠