عالم الذرّة

مجلة هيئة الطاقة الذرية السورية

مجلة دورية تصدر ستّ مرّات في السنة عن هيئة الطاقة الذرّية في الجمهورية العربية السورية. وتهدف إلى الإسهام في نشر المعرفة العلمية باللغة العربية في الميدانين الذرّي والنووي وفي كل ما يتعلق بهما من تطبيقات.

العدد الرابع والسبعون | السنة السادسة عشرة | تموز – آب 2001

المدير المسؤول

الدكتور إبراهيم عثمان

المدير العام لهيئة الطاقة الذرّية

هيئة التحرير

الدكتور توفيق قسّام (رئيس هيئة التحرير)

الدكتور محمد قعقع — **الدكتور فؤاد العجل**

الدكتور أحمد الحاج سعيد — **الدكتور محمد فؤاد الربّاط**

شروط الترجمة والتأليف للنشر في مجلة عالم الذرة

1- ترسل نسختان من مادة النشر باللغة العربية مطبوعتان بالآلة أو مكتوبتان بالحبر بخط واضح، على وجه واحد من الورقة، وبفراغ مضاعف بين السطور.

2- يُكتب على ورقةٍ مستقلة عنوان مادة النشر واسم الكاتب وصفته العلمية وعنوانه مع ملخصين لها أحدهما بالعربية والآخر باللغة الإنكليزية حصراً، في حدود عشرة اسطر لكل منهما، ويطلب من كل من المؤلف والمترجم كتابة اسمه كاملاً، باللغتين العربية والأجنبية، ولقبه العلمي وعنوان مراسلته.

3- يُقدم المؤلف أو المترجم في ورقة مستقلة قائمة بالعبارات التي تشكل الكلمات المفتاحية «Key Words» (والتي توضح أهم ما تضمنته المادة من حيث موضوعاتها وغايتها ونتائجها والطرق المستخدمة فيها) وبما لا يتجاوز عشر عبارات باللغتين العربية والإنكليزية.

4- إذا سبق نشر هذا المقال أو البحث في مجلة أجنبية، ترسل الترجمة مع صورة واضحة عن هذه المادة المنشورة. ويستحسن إرسال نسخة الأصل المطبوع والأشكال (الرسوم) الأصلية، إن وجدت، ولو على سبيل الإعارة.

5- إذا كانت المادة مؤلفة أو مجتمعة من مصادر عدّة، يذكر الكاتب ذلك تحت العنوان مباشرة كأن يقول «تأليف، جمع، إعداد، مراجعة...» ويرفق المادة بقائمة مرقمة للمراجع التي استقاها منها.

6- إذا تضمنت المادة صوراً وأشكالاً، ترسل الصورة الأصلية وكذلك الأشكال مخططة بالحبر الأسود على أوراق مستقلة، إلاّ إذا كانت موجودة في المادة المطبوعة بلغة أجنبية (كما جاء في الفقرة «4»)، مرقمة حسب أماكن ورودها.

7- يرسل مع المادة قائمة بالمصطلحات العلمية العربية المستخدمة فيها مع مقابلاتها الأجنبية إذا لم تكن واردة في معجم الهيئة للمصطلحات العلمية والتقنية في الطاقة الذرية، الذي تم نشره في أعداد المجلة (2-18).

8- تكتب المصطلحات وكذلك أسماء الأعلام باللغتين العربية والأجنبية عند ورودها في النص أول مرة ومن ثم يُكتفى بإيراد المقابل العربي وحده سواء أكان هذا المقابل كاملاً أم مختزلاً. وتستعمل في النص المؤلف أو المترجم الأرقام العربية 3, 2, 1 أينما وردت مع مراعاة كتابتها بالترتيب العربي من اليمين إلى اليسار. وإذا ورد في نص معادلةٍ أو قانون أحرف أجنبية وأرقام فتكتب المعادلة أو القانون كما في الأصل الأجنبي.

9- يُشار إلى الحواشي، إن وجدت، بإشارات دالّة (★ , + , O, X ...) في الصفحة ذاتها، كما يشار في المتن إلى أرقام المصادر والمراجع المدرجة في الصفحة الأخيرة، وذلك بوضعها ضمن قوسين متوسطين [ ].

10- تُرقم مقاطع النص الأجنبي والنص العربي بترتيب واحد في حالة الترجمة.

11- يرجى من السادة المترجمين مراعاة الأمانة التامة في الترجمة.

12- تخضع مادة النشر للتقييم ولا تُرد إلى أصحابها نشرت أم لم تنشر.

13- يمنح كل من الكاتب أو المترجم أو المراجع مكافأة مالية وفق القواعد المقررة في الهيئة.

14- توجه المراسلات باسم رئيس هيئة التحرير إلى العنوان التالي:

الجمهورية العربية السورية – هيئة الطاقة الذرّية – مكتب الترجمة والتأليف والنشر – مجلة عالم الذرّة – دمشق – ص. ب 6091

رسوم الاشتراك

الاشتراك السنوي للطلاب (200) ل.س – الاشتراك السنوي للأفراد (300) ل.س – الاشتراك السنوي للمؤسسات (1000) ل.س

الاشتراك السنوي للأفراد من خارج القطر العربي السوري (30) دولاراً أمريكياً. وللمؤسسات (60) دولاراً أمريكياً – تتضمن الاشتراكات أجور البريد

بالنسبة للمشتركين من خارج القطر يُرسل رسم الاشتراك إلى العنوان التالي:

المصرف التجاري السوري فرع رقم 13
مزة – جبل – ص.ب 16005
رقم الحساب 2/3012

أو بشيك باسم هيئة الطاقة الذرّية السورية

يمكن للمقيمين داخل القطر دفع قيمة الاشتراك بحوالة بريدية على العنوان التالي:

مجلة عالم الذرّة – مكتب الترجمة والتأليف والنشر – هيئة الطاقة الذرّية السورية – دمشق – ص. ب 6091

مع بيانٍ يوضح عنوان المراسلة المفضل

أو تدفع مباشرة إلى مكتب الترجمة والتأليف والنشر في الهيئة – دمشق – شارع 17 نيسان

سعر العدد الواحد

سورية 50 ل.س / لبنان 3000 ل.ل / الأردن 2 دينار / مصر 3 جنيه / الجزائر 100 دينار / السعودية 10 ريال و6 دولارات في البلدان الأخرى.

تود مجلة عالم الذرّة إعلام الشركات والمؤسسات العاملة في قطاع التجهيزات العلمية والمخبرية كافة والصناعات المتعلقة بها عن فتح باب الإعلان التجاري فيها.
للمزيد من الاستفسار حول رغبتكم بنشر إعلاناتكم التجارية الكتابة إلينا على العنوان التالي:
هيئة الطاقة الذرية السورية – مكتب الترجمة والتأليف والنشر
دمشق ص.ب 6091 – الجمهورية العربية السورية
أو الاتصال على رقم الهاتف6111926/7 – فاكس 6112289

ISSN 1607-985X

في هذا العدد

المقالات

□ الحاجة إلى تجديد تقانات الطاقة النووية في القرن الحادي والعشرين . . . محمد البرادعي 7
ترجمة هيئة التحرير

□ وضع قواعد الجيل الرابع للطاقة النووية . . . . . ج. أ. ليك 12
ترجمة هيئة التحرير

□ خريطة الطريق إلى منظومات الجيل القادم من الطاقة النووية: . . . . و. د. ماغورد الرابع 17
رؤية من أجل مستقبل جبّار
ترجمة هيئة التحرير

□ الطاقة النووية يمكن أن تحقق هبّتها في القرن 21 . . . . . ي. ز. أداموف 22
ترجمة هيئة التحرير

□ دور الانفتاح والمشاركة في مستقبل الطاقة النووية . . . . . ز. ت. بيت 27
ترجمة هيئة التحرير

□ قضايا ستؤثر على الطاقة النووية في القرن المقبل . . . . . ك. ب. كوين 31
ترجمة هيئة التحرير

□ بعض الشروط الضرورية لانبعاث الطاقة النووية . . . . . أ. واينبرغ 34
ترجمة هيئة التحرير

□ رؤية مستقبلية للطاقة النووية . . . . . ج. سمبسون 37
ترجمة هيئة التحرير

□ الطاقة النووية: تفادي كوارث الطاقة العالمية قبل وقوعها . . . . . ب. وولف 42
ترجمة هيئة التحرير

□ ازدهار الطاقة النووية في القرن الحادي والعشرين . . . . . كوربن. أ. مكنايل الإبن 47
ترجمة مكتب الترجمة والتأليف والنشر

□ المتطلبات لنهضة نووية ثانية في القرن الحادي والعشرين: . . . . . ت. كون لي 51
عرق وطموح وإلهام
ترجمة هيئة التحرير

□ الحفاظ على مستقبل الطاقة النووية . . . . . د. هينتز 56
ترجمة مكتب الترجمة والتأليف والنشر

□ تحدّيات السلامة النووية في القرن الحادي والعشرين . . . . . ل. ج. وليمز 59
ترجمة مكتب الترجمة والتأليف والنشر

□ نظرة إلى مستقبل الطاقة النووية . . . . . ت. إينوموتو 63
ترجمة هيئة التحرير

□ الطاقة النووية تضيء طريق المستقبل في كندا وحول العالم . . . . . ج. برستون 65
ترجمة هيئة التحرير

□ الطاقة النووية خلال فترة حياتي وجهة نظر لمن بلغ عمره 26 عاماً . . . . أ. ر. بيكين – فرن 69
ترجمة هيئة التحرير

أخبار علمية

□ الطاقة النووية تساعد الولايات المتحدة. . . . . 74.
على الحدّ من إصدارات غاز ثنائي أكسيد الكربون
□ الإشعاع والحياة . . . . . 74.

كتب حديثة مختارة

□ الماء الثقيل والسباق في زمن الحرب على الطاقة النووية . . . . . .(تأليف: ب. ف. دال) 83
(عرض وتحليل: س. ر. بورَز)

ملخصات باللغة الإنكليزية عن الموضوعات المنشورة في هذا العدد. . . . . 92.

يُسمح بالنسخ والنقل عن هذه المجلة للاستخدام الشخصي بشرط الإشارة إلى المرجع، أما النسخ والنقل لأهداف تجارية فغير مسموح به إلا بموافقة خطية مسبقة من الهيئة.

المقالات

الحاجة إلى تجديد تقانات الطاقة النووية في القرن الحادي والعشرين*

يمكن ان تلعب الوكالة الدولية للطاقة الذرية دوراً مهماً في تنسيق الجهود الدولية للتحري عن تقانات متجدّدة

محمد البرادعي
المدير العام للوكالة الدولية للطاقة الذرّية - فيينا - النمسا

تزوّد الطاقة النووية في الوقت الحاضر 1/6 الاحتياجات العالمية من الكهرباء. إنّها تُنتج القليل من التلوّث، ولا تُنتج عملياً أي غاز من غازات الدفيئة. ويخطط أن يزداد بالتدريج الطلب في القرن الحادي والعشرين على خدمات الطاقة والكهرباء لدعم التنمية الاجتماعية الاقتصادية كما ستزداد أيضاً حماية البيئة من التردّي بالنشاطات البشرية. أمّا دور الطاقة النووية في المستقبل فسيبقى غير معروف بسبب مجموعة من المشكلات السياسية والتقنية والاقتصادية. ويمكن أن يوفر تطوير تقانات جديدة بعض الأجوبة على هذا الخيار الطاقوي ذي الأهمية الكبيرة. كما يمكن أن تلعب الوكالة الدولية للطاقة الذرية دوراً مهماً في تنسيق الجهود الدولية للتحرّي عن مثل هذه التقانات.

نظرة إجمالية

يوجد تقريباً نحو بليوني نسمة في العالم لامنفذ لهم للكهرباء وهي مشكلة ستسوء أكثر فأكثر مع استمرار النمو السكاني في العالم. يشير بلاغ مجلس الطاقة العالمي 2000 إلى أنه، على الرغم من أنّ الاعتماد على طاقة الوقود الأحفوري والطاقة المائية الكبرى سيبقى مرتفعاً حتى العام 2020، فإن هاتين الطاقتين سوف تكونان غير قادرتين على تأمين احتياجات العالم من الكهرباء بصورة مستمرة على المدى البعيد. وبناءً على ذلك استنتج مجلس الطاقة العالمي أنه يجب المحافظة على دور الطاقة النووية مستقراً بهدف التطوير المحتمل في المستقبل.

لعبت الطاقة النووية في العقود الثلاثة الأخيرة دوراً رئيساً في توليد الكهرباء. لقد تنامت لدرجة أنها أصبحت جزءاً مهماً من مجموع الطاقات في أكثر من عشرين بلداً ووفرت الأمن الطاقوي وخفّضت تلوّث الهواء وأنقصت إصدارات غازات الدفيئة (على الرغم من أن هذه المزية لم تكن مقصودة في البدء).

تتزايد أهمية هذه المزية الأخيرة باطراد، ففي بداية العام 2000 وافقت لجنة التغيّر المناخي بين الحكومية IPCC (التي تأسست في العام 1988 ضمن منظمة الأرصاد الجوية العالمية وبرنامج الأمم المتحدة للبيئة)، على التقرير الخاص المتعلق بسيناريوهات الإصدار (SRES) حتى العام 2100. وفّرت السيناريوهات إسقاطات مرجعية لعرض وطلب الطاقة وإصدارات غازات الدفيئة المرافقة وما يقابلها بما يمكن اختباره من سياسات وقياسات التغير المناخي. وبصورة متعمدة لم تتضمن السيناريوهات أية سياسات تتعلق بحماية المناخ التي يمكنها أن تثبّط استخدام الوقود الأحفوري.

وحتى بدون مثل هذه السياسات تخطّط هذه السيناريوهات إلى زيادة كبيرة في الطلب على الطاقة النووية بعد العام 2020.

وعلى المدى البعيد، وبافتراض حصول تطور تقاني متقدم، فإنّ الطاقة النووية لاتنتج الكهرباء فحسب وإنّما يمكنها أن تلبي احتياجات تدفئة المناطق وتوليد الحرارة للعمليات الصناعية وأن تزوّد بالوقود الكيميائي مثل الهدروجين وأن تقوم بتحلية ماء البحر وبخدمات النقل البحري. إنّ الطلب على منظومات الهدروجين المربحة اقتصادياً من أجل النقل، والتطبيقات الأخرى للطاقة الموزعة يمكن أن تنمو بسرعة اعتماداً على التقدّم المستمر في تقانة خلية الوقود وتمييع الهدروجين وتخزينه. يقدّم استخدام الطاقة النووية لإنتاج الهدروجين إمكانية تزويد بوقود كيميائي خالٍ تقريباً من إصدارات غازات الدفيئة. كما أنّه من المحتمل أن ينمو أيضاً الطلب على تحلية ماء البحر عندما تصبح مشكلة عدم كفاية مخزونات المياه العذبة مشكلة عالمية مقلقة وعاجلة.

ومقابل هذه الخلفية يمكننا أن نتوقع مستقبلاً واعداً للطاقة النووية. ولكن هذا المنظور المشجّع، البعيد الأمد، يختلف اختلافاً واضحاً عن الاستشراف القريب الأمد. إنّ الوكالة الدولية للطاقة، التابعة للمنظمة الأوربية للتنمية والتعاون الاقتصادي OECD، لا تخطّط لأي توسع في الطاقة النووية الإجمالية قبل العام 2020. وتبدي المخططات الخاصة بالوكالة الدولية للطاقة الذرية نتائج مماثلة. تتوازن تقريباً إضافات القدرة الحالية في البلاد النامية وفي البلاد ذات الاقتصاد الانتقالي مع القدرة التي تمّ إيقاف انتاجها. والشيء المهم هو أنّ المنشآت النووية التي أُوقفت عن العمل في بلدان منظمة التنمية والتعاون الاقتصادي الأوربية قد حلّت محلّها بدائل غير نووية. وهذا ناجم في معظمه عن التكاليف المرتفعة للقدرة النووية الجديدة وعن القلق الذي يبديه الجمهور وصانعو القرار تجاه الأمان وتدبير النفايات كما أنه ناجم جزئياً أيضاً عن عدم التلاؤم بين ما تقدّمه التقانات النووية ومتطلبات الأسواق الحالية.

وهكذا وعلى الرغم من التحسين المستمر في عمليات تشغيل المنشآت الحالية، يواجه التوسّع بالطاقة النووية تحديات سياسية واقتصادية وتقنية. وكل هذه التحديات لايمكن تخطيها على الرغم من أنّ الحلول السياسية والتقنية ليس لها تأثير كبير إذا تركت التكاليف النووية عالية جداً من أجل أسواق الطاقة المتحررة بصورة متزايدة. ولمواجهة كل هذه التحديات والتغلّب على العقبات الحقيقية التي تعيق الاستخدام التجاري المربح للطاقة

---

* نشر هذا المقال في مجلة *Nuclear News*, November 2000. ترجمة هيئة التحرير - هيئة الطاقة الذرّية السورية.

http://serversmiso.aecs.sy مكتب نظم المعلومات هيئة الطاقة الذرية السورية

النووية، لابد من تطوير متجدّد في التقانة والتنظيم والإدارة والتسويق وتدبير المخاطر.

يقع المستقبل على المدى البعيد، والمدروس في تقرير سيناريوهات IPCC SRES، أبعد من مدى تخطيط مؤسسات الوقت الحالي وحتى أبعد من مدى مخططي الحكومة. إن متابعة تقدّم خيار الطاقة النووية لمعالجة الاحتياجات الطاقوية المتجددة من أجل القرن الحادي والعشرين تتطلب إذاً جهداً كبيراً على المدى القريب لإنقاص التباعد بين الركود النسبي في الوقت الحاضر وبين مستقبل واعد من حيث الإمكانية. ومع ذلك فإنّ محفّزات التجديد القريبة المدى هي معدومة إلى حدٍّ بعيد. ففي معظم بلدان منظمة التنمية والتعاون الاقتصادي، حيث تتوفّر أكبر مصادر التمويل الممكنة التي يمكن أن تُكرّس للبحث النووي وتنميته وعرض محاسنه فالطاقة النووية غير مدعومة سياسياً. وعلى العكس في البلدان النامية ذات البنية الاقتصادية الانتقالية والتي لها اهتمام كبير في التنمية فإنّ الإعتمادات المالية من أجل البحث والتنمية وعرض المحاسن محدودة. وستحتاج القدرة أيضاً، وهي في طور التوسّع، إلى التحرّر من التقاليد لتصل إلى إمكانية الطاقة النووية على المدى البعيد كخيار طاقة مستمرة. ويجب أن تُرى بصورة موضوعية بكل بساطة كخيار من الخيارات المتعددة المزوّدة للطاقة، وكل خيار له خصائص مختلفة من الأمان والنفايات لابد وأن تدمج تكاليفه مع الحسابات الاقتصادية التي يجريها المستثمرون. وسوف يتطلّب الوصول إلى هذه المرحلة طرائق معالجة جديدة لمشكلات التكاليف ومتطلبات البنية التحتية والأمان وتدبير النفايات وعدم الانتشار . ولكن مالم تُحل مثل هذه المشكلات، ولكي تعتبر الطاقة النووية، على نطاق واسع، جزءاً مألوفاً من خليط الوقود، بالمقارنة مع الوقود المنافس الأحفوري والوقود المتجدد، فإن إسهامها المحتمل في تطوير مستمر لايحتمل إنجازه.

سيتركز هدفي الأول هنا على الحاجة إلى تجديد دورات الوقود النووي ومحطات الطاقة ودور الوكالة الدولية للطاقة الذرّية في تشجيع تنميتها الفعّالة وإدارتها.

التنمية التقانية

يتطلب التجديد كفاحاً من أجل عمل أفضل وإبداعاً في حل المشكلات ومردودية أكثر وإنتاجاً أكثر ربحاً. والتجديد أساس التنمية الاجتماعية والتقانية وهو سمة أساسية لكل التقانات المنجزة على المستوى التجاري. وضمن صناعة الطاقة النووية يحصل التجديد في مستويات متعددة:

1- التحسينات في الصيانة وعمليات التشغيل والإجراءات التجارية الحالية.

2- التحسينات المستمرة في تصاميم المفاعلات التجارية الحالية.

3- التغيرات الجديدة والمتقدمة في التصميم والتشغيل التي تُفضي إلى الابتعاد عن التصاميم التجارية المألوفة.

يشمل التطور التقاني في المستويين الأولين- عمليات التشغيل الحالية والاستثمارات المستمرة- "التعلّم بالعمل learning by doing". ففي المستوى الأول يمكن أن تقود التغيرات في الممارسات التشغيلية والدعم الهندسي والتدبير الاستراتيجي والتغذية بالوقود والتخلص من الوقود المستهلك مثلا، إلى عوامل إتاحة أعلى higher availability وإلى إنقاص التكلفة، وإلى أمان أفضل. إنّ مثل هذه التحسينات يمكن أن تكون مهمة إذ أدت، خلال التسعينيات، إلى ازدياد عوامل الإتاحة بكمية مكافئة لإنشاء 28 جيغا واط كهربائي من سعة جديدة.

نتجت تحسينات مماثلة من الاستثمارات في المستوى الثاني أي في التغير المستمر في تصاميم المفاعلات الحالية. ففي هذا المستوى يتضمّن كل استثمار جديد في دورة إنتاج جديدة تحسينات تعتمد على ما تمّ تعلمه في الدورات السابقة. وهكذا فمن المتوقّع أن تعمل كل منشأة طاقة نووية جديدة من الناحيتين التقنية والاقتصادية بأداء أفضل من المنشأة السابقة لأن الصناعة النووية، مثل الصناعات الأخرى، تتعلّم من الخبرة.

ولكن هناك حدود لمثل هذا التعلّم بالعمل. أولاً كلما كان بناء منشآت الطاقة النووية الجديدة قليلاً، كانت عملية التعلّم بطيئة. ثانياً تكون التحسينات المستمرة مقيّدة بتاريخها إذ أنه من غير المتوقع اكتشاف بدائل جديدة بصورة جذرية. وبغض النظر عن كيفية ما تقدّمه من وعود، فإنها غير كافية لضبط التغيرات المثيرة في شروط السوق والتقانات المنافسة. ولهذه الأسباب لابدّ أن يتمّم التعلّم بالتجديد الوارد على المستوي الثالث أي بالاستكشاف ماقبل التجاري للانطلاقات الرئيسة من التصاميم التجارية الحالية.

إن معظم التزايد المستقبلي في الطلب على الكهرباء خُطّط له لأن يجري في البلدان النامية

لابدّ من تجديد الطاقة النووية على كل المستويات، ولكن على ضوء التغيّر في أسواق الكهرباء وفي طلبات الطاقة غير الكهربائية وفي المنافسة النووية فإنّ التجديد في المستوى الثالث يغدو الآن مهماً من أجل الطاقة النووية مثل أي وقت آخر من تاريخها.

التحديات من أجل البحث والتطوير وعرض المحاسن

يجب أن يستفيد الاستمرار في البحث النووي وتطويره وعرض محاسنه استفادة كاملة من التجارب والمهارات التي تمّ اكتسابها من النصف قرن الأول في عمليات البحث والتطوير والتصميم والبناء والتشغيل النووية بالإضافة إلى عمليات التقدّم في التقانات الأخرى الوثيقة الصلة. وهذا مشروع مضاعف يتطلّب الاستمرار في التعلّم والقيام بأعمال التجديد.

الاقتصاد

في أسواق الكهرباء الناشئة غير المنظمة تشكل تكاليف الطاقة الإجمالية المنافسة شرطاً أساسياً من أجل اختراق السوق. وباستثناء إمكانية منشآت الطاقة النووية على توليد الكهرباء بأسعار منافسة واستمرارها في تلبية المنظّمين والمستثمرين، فإن مستقبلها البعيد المدى غير واعد.

هيئة الطاقة الذرية السورية مكتب نظم المعلومات http://serversmiso.aecs.sy

لم تكن الطاقة النووية دوماً تقانة رؤوس الأموال في سنواتها الأولى، فقد كانت تكاليف رأس المال ذات نسبة أقل بكثير ممّا هي عليه في الوقت الحاضر. وهذا كان قد تغيّر مع إطالة مدة البناء وإجراءات الترخيص ومع التكلفة المتنامية في المتطلّبات التنظيمية المناسبة والمعقدة إلى حدّ بعيد. وقد تساعد عمليات التجديد في تصميم المفاعلات في إعادة الموازنة إلى ما كانت عليه.

تمثل عملية ملاءمة الخدمات، التي تؤمنها منشآت الطاقة النووية، مع احتياجات السوق، قطاعاً تجارياً آخر حيث يمكن أن تتحسّن التوقعات بالتجديد. ومن المهم ملاءمة التوليد مع متطلّبات الشبكة وملاءمة متطلّبات الاستثمار مع مجموع إمكانيات التمويل الخارجي والداخلي. ويمكن أن تساعد المرونة الأكثر في حجم المنشآة في التلاؤم مع كل هذه الاعتبارات. وهكذا يمثل البحث والتطوير وعرض المحاسن لمفاعلات صغيرة أو متوسطة الحجم حقلاً محتملاً من أجل التجديد.

الأمان

أثار حادث تشرنوبل عام 1986 اهتماماً كبيراً بالأمان في الصناعة النووية. وعلى الرغم من أنّ الحادث يمثّل حالةً استثنائية فقد تعلّمنا منه دروساً كثيرة وبصورة خاصة فيما يتعلّق بالأهمية الكبيرة في الفهم الأفضل لدور الإنسان في تشغيل المحطات النووية. أدتّ استجابة الصناعة النووية إلى تحسين مستمر في الأمان النووي ومؤشّرات الأداء، على الرغم من أن الكثير لم يتم عمله وبصورة خاصة في المنشآت النوعية المحسنة التي لم تصل إليها المعايير الحالية.

فمن أجل مساهمة المفاعلات المتجددة في دور الطاقة النووية الكبير الموسّع في المستقبل لابدّ أن تمثل استمراراً في هذا الاتجاه. إنّ تبسيط التصاميم وعمليات التشغيل وعلى الخصوص الاعتماد الكبير على معالم الأمان غير النشطة هي سبل تجديدٍ تمّت دراستها. ويجب أن تسير التنظيمات المبتسطة جنباً إلى جنب مع حلول التقانة المتجددة. وفي هذا الصدد يقترح التقرير رقم 12 لمجموعة الأمان النووي الاستشارية العالمية INSAG لعام 1999 متطلّبات أمان مبسطة تُركّز على النتائج وليس على الإجراءات. والهدف الرئيس هو تحقيق مستوى أمان للمنشأة يكفي لاستبعاد الحاجة لخطط إخلاء تفصيلية وتجهيزات الطوارىء والتدريبات على الإخلاء في الحالات الطارئة.

انسجام البنية التحتية

إن معظم التزايد المستقبلي في الطلب على الكهرباء خطط له لأن يجرى في البلدان النامية. وبسبب إمكانية إضافة الاستثمارات في البنية التحتية، المطلوبة من أجل منشأة نووية ودورة وقودها المرافقة الخاصة بها، إلى التكاليف الإجمالية بصورة عامة، يجب أن تقلّل التصاميم المتجدّدة من الحاجة إلى تحويرات مهمة في البنية التحتية أو إلى تحسينات فيها.

يجب أن تمثّل إضافات السعة المولّدة جزءاً صغيراً من القدرة الحالية لشبكة نقل الكهرباء التي ستوصَل بها. وهذا يتيح تلاؤماً أفضل مع الطلبات المتنامية ويسمح بتكيف الفقد المفاجيء لقدرة المنشأة، بدون أن يؤدي ذلك لعدم استقرار الشبكة، وأخيراً يقلّل من التأثير على وحدات التوليد الأخرى. يجب أن تكون المنشأة أيضاً بوضعية تشغيل متوازن ضمن بيئة الشبكة المحلية (أي تتيح تغيرات في الفولطية والتواتر).

قلب المفاعل السريع النموذجي PFR ذي الاستطاعة 250-MW(e) في دونري بالمملكة المتحدة.

يجب أن تكون المصادر البشرية الضرورية مع المستويات الثقافية المطلوبة والتدريب والمهارات اللازمة من أجل كل عمليات التشغيل والصيانة والأعمال التي تتطلّب عملاً هندسياً، متاحة محلياً بتكاليف معقولة. وكذلك يجب أن يُنجز تقرير الأمان المحلي ومتطلّبات الترخيص بتكاليف معقولة.

وسيكون مناسباً جداً أن تتلاءم تصاميم المفاعلات المتجددة، التي تؤكد على المنظومات الخاملة من أجل تشغيل المنشأة، مع الاستخدام في البلدان النامية. ويمكن أيضاً أن تكون عمليات التجديد في تقليص النُفايات إلى أقل حد ممكن مفيدة أيضاً من أجل البلدان النامية، إذ من غير المحتمل أن يبرّر حجم القطاع النووي إقامة صناعة لتدبير نُفايات نووية واسعة الامتداد في البلد. وفي مثل هذه الحالات فإنّ إنقاص حجم النُفايات ذات السوية العالية يتيح للبلدان أن تتعاون في تزويد خدمات متممة مشتركة لتدبير النُفايات.

عدم الانتشار

إنّ الزيادة في عدد البلدان التي في حوزتها دورة وقود نووي ومنشآت محطات الطاقة، تفضي إلى طلبات متزايدة وجديدة من أجل الوقاية من تحويل المواد النووية. إنّ الإقلال من المواقع المركزية للوحدات الأصغر يؤدي إلى التشديد إلى حد بعيد على الطلبات. فالوقاية من الاستعمال السيء للمواد النووية أو تحويلها تتطلّب إجراءات سياسية وتقانية على حد سواء.

http://serversmiso.aecs.sy مكتب نظم المعلومات هيئة الطاقة الذرية السورية

إن الجهد المطلوب لتنفيذ مستوى كافٍ من الأمان من المادة النووية يمكن تبسيطه وإنقاصه، كما يمكن تحسين فعّالية نظام الأمان بتصميم متجدّد لدورة وقودالمنشآت. تقدّم عمليات التجديد في تصنيع الوقود إمكانية من أجل المراقبة غير النشطة للمواد النووية في وقود المفاعل (من خلال تركيبة جديدة للوقود وتجميع التقنيات) وفي الوقود المستهلك (بجعل المادة الانشطارية صعبة الانفصال إلى حد بعيد عن المنتجات الثانوية الانشطارية). وبدون أدنى شك يمكن أيضاً أن يتم تطوير تقنيات متجددة للكشف والمراقبة.

تدبير دورة الوقود

تكون حجوم النُفايات الناتجة من المنشآت النووية صغيرة بالمقارنة مع الأحجام الناجمة عن الأشكال الأخرى من توليد الكهرباء. ولكن النُفايات النووية ذات السوية العالية تتميّز بحاجتها إلى تخزين محكم لمدة طويلة جداً من الزمن. وعلى الرغم من موافقة المجتمع العلمي والتقني بصورة عامة على أنّ النُفايات أو الوقود المستهلك يمكن أن يخزّن في تشكيلات جيولوجية مستقرة، فإنّ انتقاء الموقع يشكل مشكلة كبيرة في معظم البلدان التي تطوّر مثل هذه المرافق، ولم يسمح بعد لمثل هذه المرافق التجارية. وحتى هذا الوقت، فإنّ معظم النُفايات العالية السوية الناتجة من دورة الطاقة النووية التجارية إمّا أن تُخزّن في الموقع نفسه وإمّا أن تنقل إلى مواقع تخزين مؤقتة. أن حقيقة عدم وصول أي مرفق دائم لطرح النُفايات حتى الآن إلى مرحلة عرض المحاسن أثارت القلق السياسي وشدّدت على أهمية متابعة البحث والتطوير مع عرض المحاسن بغية إنجاز تغيّرات جذرية. إنّ الترخيص لمرافق طرح النُفايات وافتتاحها المحتمل في البلدان التي تدرس حالياً التخزين الجيولوجي العميق يجب أن يقدّم برهاناً مقنعاً لإمكانية تنفيذه.

تستثمر حالياً بلدان متعددة تقانات الفصل والتحويل (S & T)، لإنقاص كمية النُفايات التي يجب التعامل معها. وهذا الوقود ما بعد اليوراني مع منتجات الانشطار طويلة العمر في المسرّعات والمفاعلات تحت الحرجة أو المفاعلات الحرّاقة المصمّمة بصورة خاصة، يعطي الأمل في إنقاص حجوم النُفايات العالية السوية إلى حد بعيد. إنّ التقدّم في تقانات الفصل والتحويل أو في مفاهيم دورة الوقود المتجدّدة يمكن أن يساعد في تخفيف القلق السياسي إذا بدا أنها قادرة على إنقاص حجوم النُفايات وسمّيتها وعلى تحسين الأمان وتأمين مردودية لدورة الوقود.

ففي حالة تدبير النُفايات ستكون الطرائق التنظيمية التجديدية مهمة أيضاً من أجل مزيد من التقدّم. تقوم الشركات حالياً، بالإضافة إلى منشآت الطاقة النووية، بدراسة تمهيدية لتقييم المخاطر التجارية الجديدة وتقنيات التدبير القانونية لمراقبة التكاليف والمخاطر المرافقة لالتزامات إزالة النُفايات الطويلة الأمد.

إنّ البلدان ذات البرامج النووية الصغيرة (مفاعل واحد فقط أو بضعة مفاعلات) أو ذات الاقتصاد الضعيف، لاتمتلك بصورة عامة المصادر الكافية لتطوير أي نمط من خدمات بداية دورة الوقود أو نهايتها بما فيها المخازن الجيولوجية. في مثل هذه الحالات يمكن أن تكون عمليات التجديد التنظيمية أكثر أهمية من عمليات التجديد التقانية. تشتمل الترتيبات الحالية، على سبيل المثال، على اتفاقات استيراد الوقود وإعادة تصدير الوقود المستهلك، وقد تتضمن إمكانيات تجديدية أخرى مراكز في بلدان متعددة لتتقاسم عمليات الإغناء وتصنيع الوقود والمعالجة وتدبير النُفايات وخدمات إزالة الوقود.

موازنة ناجحة

ولكي تبقى الطاقة النووية منافسة وقابلة للتنفيذ، لايمكن إيجاد حل للتحديات المختلفة المذكورة أعلاه، بصورة منفردة وفي معزل عن بعضها البعض. فالتجديد في عمليات تصميم المنشأة وتشغيلها وفي دورة الوقود يتطلّب التفكير بحل صحيح ومناسب ومتكامل. يوجد عدد من الموازنات المهمة التي تحتاج إلى اكتشاف. وكواحد من الأمثلة فإنّ زيادة حجم الوحدة كانت طريقة تقليدية لإنقاص تكاليف القدرة المتوقعة، في حين أن إنقاص حجم الوحدة ربّما يحسّن التلاؤم ليس فقط مع الشبكات الأصغر في البلدان النامية ولكن أيضاً مع نمو الطلب الأبطأ في أسواق الكهرباء القديمة ومع احتياجات الاستثمار من أجل أسواق الكهرباء اللامركزية.

الوضعية الحالية للبحث والتطوير وإظهار المحاسن المتجدّدة

بدا البحث النووي المدني الممول من الحكومة بصورة عامة بطيئاً. وعلى الرغم من استمرار البحث في القطاع الخاص (الذي يشمل أعمال كبار المنتفعين والبائعين)، فإنّ المردود المربح للمفاعلات الجديدة ضعيف والحوافز لتجديد موسّع غير قوية. وهذه هي المفارقة بالنسبة للمجتمع النووي - إذ تتطلب الإمكانية القوية للتوسع في المستقبل تجديداً واستثماراً، ولاتقدّم الحقائق الحالية من أجل ذلك إلا حوافز قليلة. ويمكن أن لايتجسد دور مهم للطاقة النووية في المستقبل مالم تتم معالجة هذه المفارقة من قبل الصناعة وصنّاع السياسة.

هناك نحو 20-30 تصميماً لمفاعلات متجددة في مراحل تصميم وتطوير مختلفة موجهة نحو الهندسة المحتشنة والنواحي الاقتصادية والأمان وإنقاص النُفايات إلى حدها الأدنى وعدم الانتشار، واختبار أداء استخدام الموارد. وكلها تُشدّد على التنافس الاقتصادي كما يفيد معظمها إلى الحد الأعظمي من معالم الأمان غير النشطة. أمّا بعضها الآخر فيركّز على وقود غير اليورانيوم لتوسيع قاعدة المصادر النووية مثل مفاعل الماء الثقيل المتقدّم (AHWR) الهندي، أو يسعى للحصول على عدم الانتشار مثل المفاعلات ذات القلب المستعاد، المقامة على الزوارق البحرية التي يطوّرها الاتحاد الروسي. إنّ بعض عمليات التجديد هذه، هي في مراحل ابتدائية من التصميم التصوري، بينما هناك عمليات تجديد أخرى هي في مراحل تصميم أساسية أكثر تقدماً. والقليل منها هو في مرحلة التصاميم المفصّلة مع مموّليها الذين يحضّرون لتصنيع النماذج الأولى أو وحدات العرض.

التعاون الدولي

تقدّم الوكالة الدولية للطاقة الذرّية برنامجاً عاماً من أجل تبادل المعلومات والتعاون. فنحن نزوّد بآخر المعلومات وقواعد المعطيات المتعلقة بتطوير تقانة المفاعلات المتقدّمة وتطبيقاتها واحتياجات تطويرها الرئيسة، كما نجمع معاً الخبراء من ذوي المستويات الرفيعة في ورشات عمل تقنية دولية لمحاولة إيجاد دعم لمصادر البحث والتطوير وعرض المحاسن من

هيئة الطاقة الذرية السورية مكتب نظم المعلومات http://serversmiso.aecs.sy

المنظمات الوطنية نحو أهداف عامة. وتتضمّن الأمثلة ورشات مجموعات عمل دولية حول المفاعلات المبرّدة بالغاز وحول التقانات المتقدّمة من أجل مفاعلات الماء الثقيل.

وتسعى الوكالة الدولية للطاقة الذرية قريباً لإقامة مجموعة عمل توجه جهودها بصورة خاصة إلى المفاعلات النووية ودورات الوقود المتجدّدة. فقد خُطّط لها لإكمال المبادرات الحالية مثل الاجتماع الدولي الرابع لتوليد الكهرباء الذي بادرت إليه الولايات المتحدة للاستفادة من خبرة الوكالة في كل المجالات الاقتصادية والتقانية والمتعلقة بالأمان والنفايات والوقاية وعدم الانتشار. ولقد أُخذت بالحسبان أربعة أعمال مختلفة محتملة: لتقدير قيمة متطلبات المستخدم لفهم أفضل للطلب المحتمل من أجل دورات الوقود والمفاعلات المتجددة ولمراجعة السمات التقنية وميّزات المفاعلات ودورات الوقود المتجدّدة التي يمكنها التلاؤم مع متطلبات المستخدم المتوقعة ولتأمين تبادل واسع للمعلومات على برامج دورات الوقود والمفاعلات المتجدّدة المتوقعة وأخيراً لتقديم التوصيات من أجل تشجيع جهود التعاون بين البحث والتطوير وعرض المحاسن ومصادر الجهود الكلية الأخرى.

تتمتع الطاقة النووية بتاريخ حافل بالنجاحات والإمكانيات للاستمرار في هذا التقليد. ويمكن للوكالة الدولية للطاقة الذرية أن تؤّمن اجتماعاً عالمياً فريداً من أجل تنسيق النشاطات الدولية التي تتضمن تبادل المعلومات والأبحاث التعاونية التي تشارك فيها كل من البلدان الصناعية والنامية. وهي مستعدة لأن تقوم بنصيبها في تشجيع الجهود لتسهيل عمليات التجديد.■

☆ ★ ☆

http://serversmiso.aecs.sy مكتب نظم المعلومات هيئة الطاقة الذرية السورية

وضع قواعد الجيل الرابع للطاقة النووية*

تُبدي الطاقة النووية دلالات واعدة قوية بأنها مصدر للطاقة الكهربائية اقتصادي وآمن وخالٍ من الإصدارات في وقت يستمر فيه الطلب على الكهرباء بالازدياد

جيمس أ. ليك

رئيس الجمعية النووية الأمريكية ومدير مختبر مشارك، هندسة نووية ومنظومات طاقة، من مختبر الهندسة والبيئة الوطني في إيداهو

تُعد الطاقة الكهربائية المنتَجة بوفرة سلعة مهمة جداً بالنسبة للأمم التي ترغب أن تُنمّي اقتصادها. فالطاقة، أو الكهرباء إذا أردنا الدقة أكثر، هي وقود النمو الاقتصادي. إن أكثر من ثلث سكان العالم (أكثر من بليوني شخص) يعيشون اليوم من دون أن تصل إليهم الكهرباء. وفضلاً عن ذلك هناك بليونان آخران في العالم يعيشون على أقل من 100 واط من الكهرباء للفرد الواحد. عند المقارنة، فإن الاقتصاد الضخم لكلٍ من اليابان وفرنسة يستخدم أكثر من 800 واط من الكهرباء للفرد الواحد، وتستخدم الولايات المتحدة حوالي 1500 واط من الكهرباء للفرد الواحد.

ونظراً لأن حكومات البلدان النامية تكافح من أجل تحسين اقتصادياتها، ومن ثم تحسين مستوى المعيشة لشعوبها، فإن استخدام الكهرباء آخذٌ في الازدياد. هناك بعض التنبؤات حول ازدياد التوليد الكهربائي ترى بأن طلب العالم للكهرباء سيتضاعف تقريباً في الـ 20 أو 25 سنة القادمة، وربما سيتضاعف ثلاث مرات مع حلول عام 2050. إنّ هذا الازدياد في التوليد الكهربائي سيحدث بصورة رئيسة في الاقتصاديات النامية والمتطورة بسرعة في آسيا وأمريكا اللاتينية.

يضاف إلى حصيلة هذا الازدياد الحاجة لاستبدال طاقة التوليد القصوى في الولايات المتحدة وأوربا نظراً لاستبدال محطات الطاقة المتقادمة فيها (التي تُغذّى أساساً بالوقود الأحفوري). إن هذا الطلب العالمي المتزايد على الكهرباء والحيوي جداً يضع مسألة من أين ستأتي سعة توليد الكهرباء الجديدة هذه في مقدمة أولويات الدول المتقدمة. فهذه الدول لديها رغبة أساسية (إذا لم تكن واجباً أخلاقياً) لمساعدة البلدان النامية في دعم نمو اقتصادها وتحسين مستوى معيشتها، وفي الوقت ذاته حماية أمن الطاقة (والاقتصاد) لبلدانها.

يوجد 435 مفاعل طاقة في الوقت الراهن تولّد 16% تقريباً من كهرباء العالم. ونحن نعلم جيداً أن الطاقة النووية تبدي دلالات واعدة قوية بأنها مصدر للطاقة الكهربائية اقتصادي وآمن وخالٍ من الإصدارات، لكنه أيضاً يُعزز على الأقل الإحساس بالمشاكل الكبيرة، من الأمن العام إلى التعامل مع النفايات المشعة. لدي الكثير أريد قوله حول هذه النقطة فيما بعد. أما الآن، فدعني أقدم الاقتراح بأن الطاقة النووية ستلعب (بل يجب أن تلعب) دوراً في مستقبل تزويد العالم بالطاقة، وربما كان عليها أن تلعب دوراً متزايداً بوصفها التقانة الوحيدة القادرة على الانتشار الواسع النطاق في المدى القريب بدون إصدارات غاز الدفيئة. إذا وجدت ضرورة أخلاقية لتأمين إمدادات العالم بالكهرباء الوفيرة والمتيسرة والنظيفة، فالضرورة الأخلاقية تفرض علينا على الأقل أن نؤكد بأن الطاقة النووية قادرة على أخذ مكان ملائم في هذا المزيج من الطاقة.

نموذج نووي متغير

مع وقوفنا على عتبة الألفية الجديدة نواجه طاقة لاسابقة لها ونمواً اقتصادياً في كل أرجاء العالم، نحتاج إلى أن نسأل أنفسنا: ماهو وضع الطاقة النووية، وماهي التحديات الموجودة التي قد تثبط نمو الطاقة النووية في المستقبل، وما الذي نحتاج إلى فعله الآن كي نتعامل مع هذه التحديات؟.

إن الولايات المتحدة، كواحدٍ من الرواد في مجال تطوير الطاقة النووية وتطبيقها، تقدّم مؤشراً مهماً جداً لحالة الطاقة النووية، ولتحدياتها المستقبلية. فمحطات الطاقة النووية البالغ عددها 103 محطة في الولايات المتحدة ولّدت 20% من كهرباء الدولة في عام 1999 (حوالي 730 بليون كيلوواط ساعة kWh). ورغم تحقيق الكثير من المقولة التي تفيد بأنه لم تُقدَّم في الولايات المتحدة طلبات لمحطات جديدة للطاقة النووية منذ السبعينيات تقريباً، فإن توليد الكهرباء من الطاقة النووية ارتفع بالفعل 8% في الأعوام العشرين الماضية. لقد استكملت المحطات التي وضعت بناء على طلب في السبعينيات (40 محطة منذ عام 1980، كانت آخرها محطة واط بار Watts Bar -1 في عام 1980)، كما ارتفعت عوامل السعة للمحطات plant capacity factors بصورة تدريجية حتى وصلت 88% عام 1999. وعليه، فإن الخرج الكهربائي الكلي من المحطات النووية في الولايات المتحدة ارتفع من أقل من 300 بليون kWh في عام 1980 إلى 730 بليون kWh اليوم. إن سعة التوليد الكهربائي المتزايدة هذه تُعدّ أحد المفاتيح في الأداء الاقتصادي الممتاز للطاقة النووية في الولايات المتحدة.

وفي الوقت نفسه الذي كان فيه الأداء الاقتصادي للمحطات النووية يتحسن، كان أداء الأمان يسير بالاتجاه ذاته. لقد دلّت مؤشرات الكفاءة التي نشرها الاتحاد العالمي لمديري المؤسسات النووية (WANO) على تحسّن متناسق ومستمر. تشمل هذه المؤشرات الإغلاقات الآلية غير المخطط لها (حيث لم يكن يوجد أي شيء منها في ثلثي المحطات النووية عام 1998)، والأمن الصناعي (إن معدل حوادث الأمن الصناعي في المحطات النووية في الولايات المتحدة أقل من عُشر عدد الحوادث التي تقع

---

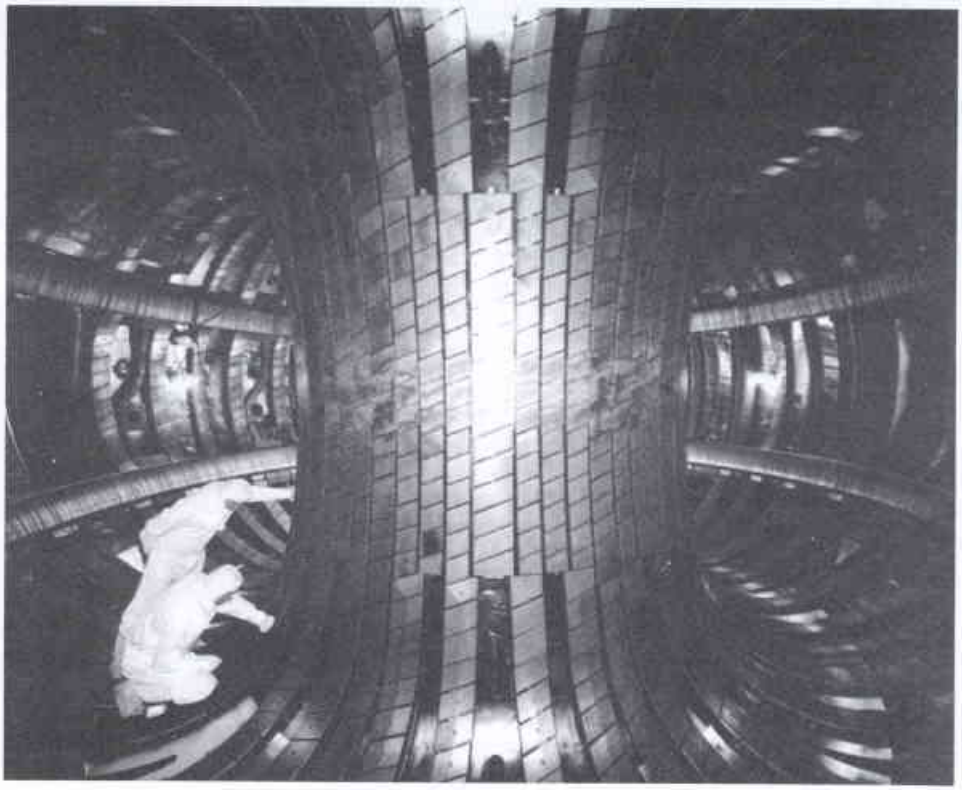
* نشر هذا المقال في مجلة *Nuclear News*, November 2000. ترجمة هيئة التحرير – هيئة الطاقة الذرية السورية.

http://serversmiso.aecs.sy مكتب نظم المعلومات هيئة الطاقة الذرية السورية

في المنشآت الصناعية فيها)، والتعرض الإشعاعي الجماعي لعمال المحطة، الذي أصبح الآن أقل بـ 80% عما كانت عليه قيم عام 1980.

إن أسواق الكهرباء في الولايات المتحدة، والمتزايد عددها في أنحاء العالم، رُفقت عنها المراقبة كمسعى لتشجيع المنافسة ولتخفيض أسعار الكهرباء للمستهلكين. لقد ثبت خطأ التنبؤات المبكرة لعالم الاقتصاد، بخصوص الكهرباء المتولّدة من الطاقة النووية في سوق تنافسي رفعت عنه الرقابة في الولايات المتحدة.

إن العملية المؤدية إلى رفع الرقابة في 24 ولاية انتهت بـ اتفاقات جرى التفاوض بشأنها، تتعلق باستعادة تكاليف رأس المال المتبقية في المحطات النووية. إن إغلاق قضية استعادة تكلفة رأس المال حرّضت أصحاب النفوذ المالي في الطاقة النووية لأن تكاليف التشغيل النووي الباقية (تشغيل،



منظر داخلي للمفاعل السواري الأوربي المشترك JET.

صيانة، ووقود) ذات تنافسية كبيرة مع مزوّدين آخرين للكهرباء في الولايات المتحدة. في عام 1999 بلغ متوسط التكلفة من دون رأس المال للكهرباء المتولّدة بالطاقة النووية حوالي 2 ¢/kWh (2 سنت لكل كيلوواط ساعة). وهي تمثل سلعة السوق الأولى الأخفض سعراً في الولايات المتحدة، أي مثل تكلفة الفحم تقريباً وأقل من تكلفة الغاز الطبيعي بصورة فعلية (حوالي 3.5 ¢/ kWh وترتفع مع ارتفاع كل من أسعار الغاز الطبيعي والتكاليف الباهظة للعنفات الغازية).

لقد خلقت البيئة الاقتصادية المحسّنة للطاقة النووية في الولايات المتحدة رغبة لامتلاك مصادر القوة النووية ودمجاً لملكية محطات الطاقة النووية، مما يؤدي إلى شركات توليد نووي أقوى وأكثر كفاءة. إن الدمج نفسه حاصل في سوق البيع العالمي وفي سوق الوقود النووي. ويعدُّ هذا الدمج المسيَّر بالسوق، والأهمية التجارية القوية في الموجودات النووية في الولايات المتحدة، مؤشراً إيجابياً على الازدهار الاقتصادي للصناعة النووية في الولايات المتحدة.

إن هيئة الرقابة النووية (NRC) في الولايات المتحدة تُنقّح الطريقة التي تراقب بها عمليات محطات الطاقة النووية. فعملية الرقابة الجديدة تقوم على الأداء وتستخدم معايير للمراقبة قبل وقوع الخطر. يُظن بأن العملية الجديدة لها إمكانية إزالة عبء المراقبة غير المطلوبة (ومن ثم فهي اقتصادية) بدون مساومة على الأمان.

ضمنت NRC سريان مفعول الترخيص مدة 20 سنة لمنشأة Baltimore Gas & Electric Calvert Cliffs في 23 آذار عام 2000، وتبعتها منشأة Duke Oconee في أيار. إن هذه المعالجة الفعّالة لطلبات تمديد هذه التراخيص في أقل من سنتين شجعت ثماني منشآت أخرى على تقديم طلبات تمديد ترخيص، كما أن حوالي 30 منشأة أخرى أعلنت عن خطط كي تقدمها. وتتوقع الصناعة وNRC في النهاية أن حوالي 80% من منشآت الولايات المتحدة ستتقدم للحصول على تمديد تراخيص.

ظلت الفوائد البيئية للطاقة النووية النظيفة، حتى عهد قريب جداً، غير معترف بها، ولم تُقدَّر حق قدرها. يوجد الآن حوار دولي متزايد حول الآثار البيئية لمصادر الطاقة المختلفة في ضوء القوة المتنامية للدليل العلمي المتعلق بالآثار الصحية للإصدارات الحبيبية والغازية من احتراق الوقود الأحفوري، وبالآثار المناخية الممكنة من ارتفاع إصدارات CO_2. إن جودة البيئة تصبح جزءاً مهماً بصورة متزايدة من سياسة الولايات المتحدة في مجال الطاقة، وعملية مستمرة من المنشآت النووية الموجودة، أي تحسين سعة هذه المنشآت، حتى أن إنشاء محطات طاقة نووية جديدة سيكون جزءاً مهماً من خطط الولايات المتحدة المستقبلية إذا كان علينا أن نوازن متطلبات نمونا الاقتصادي مع مسؤولياتنا عن الإدارة البيئية.

التحديات التي تواجه الطاقة النووية

إن الظروف المؤثرة على أداء الطاقة النووية من النواحي الاقتصادية والرقابية والبيئية، والنواحي المتعلقة بالتشغيل والأمان، تغيرت تغيراً جذرياً

http://serversmiso.aecs.sy مكتب نظم المعلومات هيئة الطاقة الذرية السورية

تقريباً في الولايات المتحدة خلال السنتين أو الثلاث سنوات الماضية. وهناك تغيرات مماثلة في كل أنحاء العالم. وتسمح لنا هذه التغيرات بأخذ رؤية إيجابية نسبياً لمستقبل الطاقة النووية نحو كل من التشغيل المستمر للمحطات القائمة وللمنشآت الجديدة. وعلى أية حال فإن الرؤية مبنية على إيجاد حلول ناجحة لخمسة تحديات رئيسة:

1- يجب أن تبقى الطاقة النووية منافسة اقتصادياً وأن تكون أهلاً للاستمرار في تحسين أدائها الاقتصادي في سوق دولي للكهرباء متحرر من الرقابة بصورة متزايدة. وفي حين تُعدّ الوسطاء الاقتصادية المعمول بها حالياً من أجل المحطات النووية الموجودة جيدة جداً، فإن تكلفة رأس المال العالية (1500$ - 2000$ لكل كيلوواط)، وتاريخ الإنشاء الطويل، والترخيص، عدد مرات تشغيل المحطات النووية الجديدة، لاتصمد أمام منافسة الغاز الطبيعي في سوق الولايات المتحدة.

2- يجب أن يبقى الشعب واثقاً في أمان وسلامة محطات الطاقة النووية ودورة وقودها. ورغم أن تقانة مفاعل الماء الخفيف الحالية آمنة جداً، فإن الاعتماد الكبير على التشغيل والصيانة يقدّم نقطة ضعف أمام ضمان تشغيلات آمنة مستمرة، لاسيما مع انتشار التقانة في بلدان ذات بُنى تحتية لها دعم تقني أقل تعقيداً و ثقافات أمان وعمل مختلفة.

لم تقدم الولايات المتحدة في الوقت الراهن أية مقاربة تقنية، أو تصوّراً لمفاعل الجيل الرابع

3- ينبغي أن يُتَدبَّر أمر النفايات النووية وأن تُحلّ مسائل نهاية دورة الوقود. إن المأزق السياسي النامي في الجهود المبذولة لإغلاق مسألة تصريف النفايات النووية أو التخلص منها في الولايات المتحدة، سواء كان يشمل فتح تسهيلات تخزين نفايات دائمة أو مؤقتة، يمكن حله على مايبدو عندما تكون لدينا الإرادة ، والقيادة السياسية والإجماع على فعل ذلك.

4- يجب الاستمرار في تقليل إمكانية انتشار دورة وقود الطاقة النووية التجارية. وعندما تصبح الطاقة النووية منتشرة على نطاق واسع، يصبح لزاماً على كل البلدان النووية المحوّلة والمشغّلة للطاقة النووية، أن تحسّن باستمرار مقاومة انتشار التقانة.

5- علينا أن نؤمن مصدراً مدعوماً لقوة بشرية للمستقبل ونصون البنية التحتية للتقانة النووية الحرجة في كل أنحاء العالم. إن التعاون العالمي ضروري ليساعد على إثبات أن المصدر المدعوم للقوة البشرية محفوظ ومحتجز وبأن البنية التحتية التقنية الحرجة لدى مؤسسات البحث والتطوير والمختبرات الوطنية، والجامعات، وفي الصناعة، مصونة ومستخدمة في الأسلوب الأمثل.

الاستجابة للتحديات

نشأت الطاقة النووية من أول جيل للمحطات المبرّدة بالماء الخفيف في الخمسينيات والستينيات. تمت تلك المحطات في مفاعلات الماء المضغوط والمغلي الأضخم التي انتشرت بكثرة اليوم في كل أرجاء العالم. ربما نكون على عتبة الجيل الثالث من تقانة الطاقة النووية التي تطورت إلى محطات مفاعلات الماء الخفيف النموذجية والمثلى بميزات أمان غير فعّالة. إن الجماعة العالمية مهتمة في إيجاد ولو مجرد قبول سوق أوسع للطاقة النووية مستقبلاً، وبناءً عليه، فإننا بحاجة أن نسأل إلى أي مدى يمكن أن تستجيب التقانة للتحديات الأربعة الأولى من التحديات الخمسة التي لخّصناها من قبل. على حساب التبسيط الشديد لوضع شديد التعقيد، يمكنني اقتراح أن العامل الرئيس الذي يمنع توسع الطاقة النووية في المستقبل يكمن في كلفتها.

إن تقانة المفاعلات النووية من الجيل الرابع ستكون حساسة جداً لتحديات التكلفة المخفَّضة (ولاسيما تكلفة رأس المال)، والأمان المحسَّن (ولاسيما المفهوم الشعبي للأمان)، وتقليل النفايات لتقليل التصدّع الاقتصادي الطويل الأمد أمام التغيرات في سياسات تصريف النفايات، والإمكانية المخفَّضة لانتشار المواد النووية. قد نحتاج إلى تقانة مفاعلات جديدة (ربما ثورية) لتحقق متطلبات تكلفة رأس المال من أجل السوق العالمية في القرن الحادي والعشرين، ويمكن لطرق جديدة "للتصنيع" والنشر السريع للمنشآت النووية أن تلعب دوراً بالغ الأهمية في تخفيض تكلفة رأس المال للمنشآت النووية إلى مستويات تنافسية مستقبلية. من الأساليب الأساسية المختلفة للشروع في خفض التكاليف من خلال زيادة الإنتاج (اقتصاديات السُلَّم التقليدية traditional economics of scale) هو أن نتخيل تغير بناء المنشآت النووية من بناء حقلي حسب الطلب إلى أكثر من منتج مصنّع مكوَّن من مركّبات عالمية يمكن تجميعها أو نشرها في الحقل، فعلى سبيل المثال، صناعة الطائرات تختلف عن تصميم وإنشاء المطارات. إن هذا المفهوم عن المنشآت النووية المصنّعة ربما يقود إلى النظر بحذر أكبر إلى منشآت أصغر حجماً (100-MWe)، والتي قد تجد لها- بصورة عرضية- قبولاً أفضل في السوق، حيث يمكن إضافة سعة تدريجياً إلى المنظومة وبشكل موازٍ للطلب.

تقوم عدة مفاهيم في التصميم المتقدّم حالياً بسبر المنطقة التابعة لمنشآت نووية أصغر ، نذكر منها: مفاعل طبقة الوقود الحصوية النموذجي Pebble bed modular reactor (PBMR)) في جنوب أفريقيا، والمفاعل الأرجنتيني CAREM. إن تصاميم مفاهيمية لعدة منظومات منشآت صغيرة تقوّم أيضاً بمبادرة من أبحاث الطاقة النووية التابعة لوزارة الطاقة في الولايات المتحدة.

في شهر أيار من عام 2000، رعت وزارة الطاقة ورشة عمل حضرها ما يقارب 100 خبير أمريكي ودولي من الصناعة النووية، والهيئات الأكاديمية، والمختبرات الوطنية، والمنظمات الدولية الحكومية وغير الحكومية. كان الهدف من ورشة العمل إنشاء مجموعة من أهداف التصميم العالمية من المرتبة الأولى، والتي ينبغي أن تتوفر في منظومات الطاقة النووية من الجيل الرابع كي تقدّم خياراً - للطاقة النووية في المستقبل - قابلاً للتطبيق والمنافسة في كل من البلدان النامية والمتطورة. إن النتائج التفصيلية لورشة العمل هذه يمكن الحصول عليها من < http://gen-iv.ne. doe, gov .

هيئة الطاقة الذرية السورية مكتب نظم المعلومات http://serversmiso.aecs.sy

وتضمنت تلك الورشة باختصار ما يلي:

- يجب أن تكون تكلفة توصيل الكهرباء من منظومة نووية من الجيل الرابع منافسة لمصادر توليد الكهرباء الأخرى في المنطقة أو البلد التي تنتشر فيها (يُعدّ الغاز الطبيعي، على سبيل المثال، المرجع الذي يقاس عليه التنافس في الولايات المتحدة). إن هذه التكلفة التنافسية تقارب 3 سنتات لكل كيلوواط ساعة (3 ¢ /kWh) في الولايات المتحدة.

- يجب أن تقدّم منظومة التوليد من الجيل الرابع أقل مخاطرة ممكنة لاستثمار رأس المال. يكلف رأس مال المنشأة حوالي 1000$ /kW، وإن أوقات الإنشاء الإجمالية على مدى ثلاث إلى أربع سنوات مرغوبة تماماً.

- يجب أن تكون منشآت التوليد من الجيل الرابع أهلاً لبيان هوامش الأمان المحسّن، ليس فقط للسلطات الرقابية في البلد الذي تنتشر فيه، بل للشعب أيضاً. وما دام الأمر كذلك، فقد يكون من الضروري وضع احتمال مهما يكن ضعيفاً بإمكانية حدوث تلف أو تخريب في اللب، لكن هذا غير كافٍ. وربما يجب على تصاميم الجيل الرابع أن تُظهر، خلال اختبار مفاعل متكامل مفتوح وشفاف، بأنه لن ينتج تخريب خطير للقلب من أجل حوادث ذات بداية معقولة ومقبولة. يمكن إنجاز ذلك بواسطة وقود القلب ومواد إنشائية لاتنصهر عند درجات حرارة الحادث، وبمواد التبريد غير التفاعلية، وباستخدام تبريد سلبي ومنظومات نقل للحرارة تقسر (تقيّد) درجات حرارة اللب في مجال طيّع في ظروف الحادث الأكثر سوءاً. ينبغي أن لانثق أو نصدق سيناريو لحادث يتطلب استجابة اضطرارية وطارئة بعيداً عن الموقع. يجب تصميم تقانة الجيل الرابع بخبرة اليوم، كما ينبغي لعمليات التشغيل والصيانة أن تكون قادرة على استيعاب الخطأ الإنساني إلى حد بعيد.

- إن دورة الحياة بأكملها - ابتداءً من استخراج المعادن من المناجم، إلى تصنيع الوقود، فعمليات تشغيل المفاعل، إلى التخلص من النفايات، ثم النقل، ثم الوقف النهائي لتشغيل المنشأة، وأخيراً إزالة التلوث - يجب أن تأخذ بالحسبان البداية في منظومة الجيل الرابع. وبشكل خاص، يجب أن تحدَّد الحلول الكاملة لكل مجاري النفايات، كما يجب تصميم تقانة الجيل الرابع كي تقلل ما أمكن كميات النفايات الناتجة (كاستخدام وقود شديد الاستحراق، على سبيل المثال).

ينبغي على منظومات المفاعل المتقدم من الجيل الرابع، ودورة وقودها أن تحافظ في الحد الأدنى، على الوضع الراهن حيث أن المواد من دورة الوقود النووي التجاري ليست جذّابة كوسائل الانتشار. علاوةً على ذلك ينبغي أن تحسّن السّمات الذاتية لمنظومة المفاعل من مميزات دورة الوقود المتعلقة بمقاومة التكاثر لإبراز مساوىء المواد النووية التجارية إلى درجة تغدو فيها السبيل الأقل جذباً لامتلاك الأسلحة النووية. يجري حالياً، وضمن إطار DOE، تطوير علوم المناهج methodologies كي تحدّد بصورة كمية مقاومة الانتشار وقياسها، وذلك كي توجّه وتقيّم مرشحي الجيل الرابع.

إن الولايات المتحدة، في الوقت الحاضر، غير ملتزمة (متعهدة) بأية طريقة تقنية خاصة تجاه الجيل الرابع أو بأية فكرة حول المفاعل من هذا الجيل. في الواقع، نحن نحاول أن نجمع الموارد الواسعة للولايات المتحدة ولجماعات البحث والتطوير في المختبرات والجامعات والمؤسسات البحثية، بالتعاون مع الصناعة النووية العالمية، لتكوين إجماع حول متطلبات الأداء الحرج بالنسبة للنشر العالمي في القرن الحادي والعشرين، ولبناء أساس تقاني متين من أجل برنامج تصميم وتطوير دولي يبقى طويلاً.

من بين الخبراء النوويين الدوليين المجتمعين، هناك مؤيدون لمفاهيم وأفكار عن المفاعلات الكبيرة التنوع. إن فرق البحث في كل أرجاء العالم تفحص الآن تنوعات واسعة من مفاهيم المفاعلات لمقارنة أدائها مع متطلبات الجيل الرابع. وهذا يشمل مفاعلات ذات درجات حرارة عالية مبرّدة بالغاز بتشكيلات ذات طبقة حصوية أو موشورية؛ ومنظومات مفاعلات مبرّدة بالمعدن السائل ومجهّزة بمبرّدات من الصوديوم أو سبائك الرصاص التقليدية؛ ومنظومات مبرّدة بالماء متقدمة، ربما تستخدم بخاراً فوق حرج؛ ومنظومات غريبة، مثل الأملاح المصهورة التي يمكنها أن تؤدي دور حرّاق للنفايات (الفضلات)؛ وأنواع أخرى. يمكن لقلوب المفاعلات ذات العمر الفائق الطول أن تطرح إمكانية استخدام مفاعلات صغيرة مزوّدة بقلوب على شكل عبوات (خراطيش) لاتحتاج إلى إعادة تزويدها بالوقود ويمكن نشرها في الحقل وإزالتها عند نهاية عمرها كي يستعاض عنها بمنظومة جديدة.

في كل حالة من هذه الحالات، تمثل منظومات مفاعلات الجيل الرابع تحديات تقنية وعقبات يستطيع ميزها (فصلها)، من خلال البحث والتطوير (R & D) المركّز، أن يمكّن أداء المنظومة اللازمة. وعلى سبيل المثال، إن كفاءة وقود الجسيمات المكسوة عند درجة حرارة عالية واستحراق عالٍ هي المفتاح لأداء وكفاءات مفاعلات درجات الحرارة العالية المبرّدة بالغاز. كما يُعدّ أداء المواد العالية درجة الحرارة، ولاسيما التآكل في المنظومات المبرّدة بسبائك الرصاص، مسألة تقنية ذات إمكانات عالية. تسعى DOE لبناء خارطة تكنولوجية في عام 2001 من أجل مجالات مفاهيم الجيل الرابع الرائد الذي سيمكّن برنامج البحث والتطوير للولايات المتحدة من التركيز على المفتاح الذي يخوّل المسائل التقنية دعم الانتقاء المستقبلي الذي يقوم به سوق منظومات الجيل الرابع المرشّحة من أجل العرض التوضيحي والنشر.

الطريق إلى الأمام

نظراً لأن سوق الطاقة النووية في المستقبل ستكون سوقاً عالمية، فإن تقانة الجيل الرابع ستصبح منتجاً عالمياً. وما دام الأمر كذلك، فإن مكتب الطاقة النووية التابع لـ DOE الأمريكية، و Science and Technology، ينظم تحت قيادة وليام ماغوود W. D. Magwood الرابع حواراً دولياً واسعاً يتعلق بمتطلبات وخصائص الجيل التالي من تقانة المفاعلات. إن مجموعة عمل دولية للجيل الرابع تضم موظفين حكوميين وتقنيين من مراتب عالية، بدأت لقاءاتها لمناقشة الأهداف والاهتمامات المشتركة ولتقييم العلاقات والاتفاقات الثنائية المتعددة الجوانب التي ستسمح للجيل القادم من التقانة أن يتطور من خلال برامج البحث والتطوير المشتركة.

http://serversmiso.aecs.sy مكتب نظم المعلومات هيئة الطاقة الذرية السورية

دور الجمعية النووية الأمريكية (ANS)

إن الجمعية النووية الأمريكية American Nuclear Society، انسجاماً مع رسالتها وأهدافها بأن تكون الرائدة المتميزة في تقدم العلوم النووية والتقانة، وأن تكون من المساهمين النشطين في شؤون السياسة النووية، تبدي فعاليتها في التخطيط والتنفيذ لاستراتيجية الجيل الرابع. يعد مسؤولو ANS وأعضاؤها مشاركين رئيسين في مجموعات تخطيط DOE الأمريكية ومجموعات العمل الدولية ومنابر ومنتديات للمناقشة في شؤون الجيل الرابع.

تستطيع الجمعية النووية الأمريكية، باعتبارها جمعية مهنية محترمة، أن تنظم وتسهل المنتديات التقنية للحكومة، والصناعة، و R & D وجماعة التربية، والقادة الدوليين، لدراسة ومناقشة المسائل العالمية المهمة للطاقة النووية، وأن تدعم تشكيل إجماع ونشاطات تُنشىء مستقبلاً صحياً للتقانة وتعزّزه. ترعى ANS ورشات العمل، والدورات التقنية، والاجتماعات المحلية لتقديم الأوراق العلمية التقنية المتعلقة بالجيل الرابع وتقاناته. إن موظفي ANS منشغلون في الاجتماعات الدورية مع موظفين كبار من حكومة الولايات المتحدة الأمريكية في واشنطن، D.C، لتزويدهم بالمعلومات التقنية التي تستطيع أن تصنع بها قرارات السياسة القويمة. وأخيراً، فإن مجلس المديرين في ANS اتخذ قراراً في آذار من عام 2000 يدافع فيه عن تصميم ، وبناء، وتشغيل منشأة طاقة نووية من الجيل الرابع في الأمد القريب.

ما يحمله المستقبل

إن كفاءة الطاقة النووية في الولايات المتحدة وفي العالم من النواحي الاقتصادية والتشغيلية والأمان جيدة جداً. وهذا يقدّم أساساً متيناً لنا لتصور مستقبل مشرق جداً للطاقة النووية مادمنا نستطيع أن نستجيب للتحديات الاقتصادية والأمان والنفايات النووية ومقاومة الانتشار والبنى التحتية. تلك هي التحديات الحقة لأفضل المساعي التي نبذلها.■

☆ ★ ☆

http://serversmiso.aecs.sy مكتب نظم المعلومات هيئة الطاقة الذرية السورية

خريطة الطريق إلى منظومات الجيل القادم من الطاقة النووية: رؤية من أجل مستقبل جبّار★

بالرغم من أننا لا ندّعي معرفة المستقبل فإننا نستطيع أن نتصور تشكّل القوى التي ستحدد شكل العقود القليلة القادمة. وبصورة عامة، فإن الباحثين الحكوميين يمكن أن لا يكونوا هم المنفذين حتى ولا المطورين الرئيسيين للتقانات الجديدة في الطاقة النووية

وليم د. ماغورد الرابع
مدير مكتب الطاقة الذرّية والتقانة والعلوم – قسم الطاقة – الولايات المتحدة الأمريكية

يتميز تاريخنا – تاريخنا الأمريكي وتاريخنا النووي–بميزتين: القوى البطيئة التي أدت إلى التغيير عبر فترات طويلة وإلى القفزات السريعة التي أدت إلى صيغ جديدة تماماً، إما من خلال قيادة مثالية أو من خلال الضرورة، غيرت كل ما سيأتي بعدها.

كثيراً ما تكون الأحداث التي تشكل الأمة شبيهة تماماً بالأحداث التي شكلت تطور التقانة النووية. فالحرب العالمية الثانية والأحداث منذ ذلك الوقت سوّلت للولايات المتحدة، وهي الأمة التي كانت مقتنعة، نتيجة طريقتها المعتادة على التفكير أو مزاجها، بأن تركز على القضايا الداخلة ضمن حدودها، وبأن تأخذ على عاتقها قيادة العالم الغربي.

نمت التقانة النووية مع المصالح الدولية الأمريكية والتفوق الصناعي الأمريكي. وأخذت شكلها النهائي نتيجة دورها في مركز مشروع مانهاتن والحرب الباردة لاحقاً وبرامج الذرّة من أجل السلام في الخمسينيات والستينيات من القرن العشرين.

لقد تشكّلت من قبل أشخاص يتمتعون ببعد النظر مثل آدم هايمان ريكوفر A. H. Rickover وغلين سيبورغ G.Seaborg، وقوى نشوئية (تطورية) كالاقتصاد وتغيير قدرة استيعاب الجماهير للعلوم والسياسة والبيئة. واليوم يستمر النشوء والتطور معاً في صياغة الأحداث. وتتفاعل وجهات نظر أمم العالم، بما يخص قضايا البيئة والتغيرات المثيرة التي واكبت الحرب الباردة والغموض المتنامي والتغيرات التاريخية في مصدر الطاقة، لصياغة دور التقانة النووية في العالم. وليس هنالك من سبب لتوقع دينامية للمستقبل تكون غير ذلك.

نحن لا ندعي معرفة المستقبل؛ إذ من المعروف أن التنبؤات والتصورات بعيدة المدى لا يعتمد عليها، وبخاصة ما يتعلق منها في ميدان الطاقة. ومع ذلك نستطيع أن نرى تشكّل القوى التي ستصيغ العقود القليلة القادمة:

العولمة

ربما كان هذا المفهوم أحد أكثر المصطلحات الذي أفرط في استعماله في نهاية القرن العشرين، ولكن مع ذلك يعتبر أعظم قوة ستحض على التغيير في العديد من قطاعات الاقتصاد والسياسة. فبالنسبة للطاقة النووية، أحدثت العولمة مسبقاً تأثيراً هائلاً. فقد جرى دمج مزوّدي الطاقة النووية بسرعة ولم تكن المؤسسات التي تستخدم تقانات الطاقة بعيدة كثيراً عن ذلك. يبدو أن هنالك حالياً ثلاث كتل رئيسة من المزودين في العالم. ومن المحتمل أن يحصل إندماج آخر. ومن ناحية المستخدمين، فقد حصلت مسبقاً تحالفات دولية و علاقات خاصة. وحتى الآن، ما زال السوق بالنسبة للتقانة النووية هي سوق بلدٍ إلى بلد. وإذا كان على السوق أن تنضج وتنمو في القرن الحادي والعشرين فيجب عليها أن تصبح عالمية أيضاً.

نهوض العالم المتنامي

من الممكن، للمرة الأولى في تاريخ العالم، أن نتصور خلال فترة قصيرة نسبياً، مساراً واقعياً سينعم فيه معظم سكان العالم بوسائل الراحة الحديثة كالكهرباء، بدلاً من مجرد قلّة ممن حالفهم الحظ. إن العصرنة السريعة في آسيا والديمقراطيات الناضجة في أمريكا اللاتينية ستفرض مطالب على مصادر الطاقة العالمية ستبزُّ إلى حد كبير التجربة الماضية.

إن مردود استخدام الطاقة سيكون حاسماً بالنسبة لهذه البلدان كما سيكون الاستخدام الواسع لمصادر الطاقة المتجددة. ولكن طموحهم الصناعي سيتطلب انتشاراً كبيراً لمنشآت الطاقة ذات الحمل الأساسي. وهذا يمثل فرصة جديدة هامة بالنسبة للطاقة النووية التي ستفسر كثيراً من النمو القريب في استخدامها في ذلك الحين.

توسع الأسواق الحرّة

إن السيطرة الآخذة في التوسع لاقتصاديات السوق الحرّة ولأصحاب القرار هي التي تعيد تشكيل العالم في عدد لا يُحصى من الطرائق في كل من العالم المتنامي وفي الدول الصناعية. تقدِّم المخططات المركزية في العديد من بلدان العالم الأرضية اللازمة للاقتصاد حتى في عمل المنشآت الكهربائية في الولايات المتحدة. إن تكلفة توفير الكهرباء هي التي ستقرر أيّ التقانات هي التي تؤمن النجاح. إن سياسات الحكومات وأفضلياتها والأهداف التي لا تكون مكتسبة مباشرة بحق التقادم أو التي ليس لها تأثير

★ نشر هذا المقال في مجلة *Nuclear News*, November 2000. ترجمة هيئة التحرير – هيئة الطاقة الذرّية السورية.

http://serversmiso.aecs.sy مكتب نظم المعلومات هيئة الطاقة الذرية السورية

مباشر على الكلفة سوف يطغى عليها رغبة موزّدي الطاقة بأن يكونوا موثوقين (يعوّل عليهم)، وموزّدين للكهرباء بالكلفة الحقيقية (الفعالة).

القضايا البيئية الوطنية والدولية

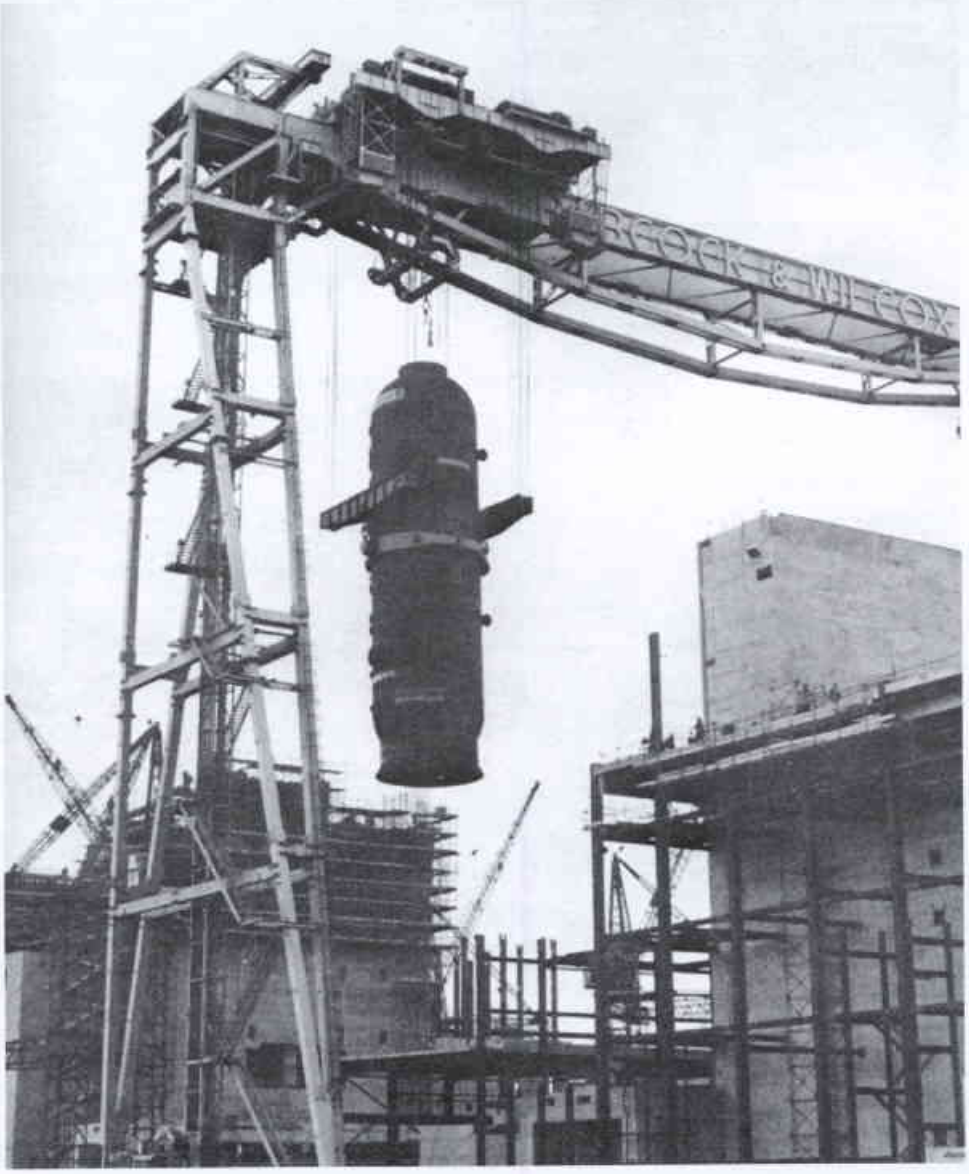
إن قوى السوق، كما هو الحال دائماً، ستتعدل بتعليمات الحكومة. ومن المحتمل للقوانين البيئية أن تتطور في العقود القادمة مثل تغيّر اهتمام الناس بنوعية الهواء وتغيّر المناخ تغيّراً مركزاً. من غير الممكن إطلاقاً التنبؤ بشكل سياسات الدولة التي ستتم في المستقبل. يجري مسبقاً في كثير من البلدان عدم تشجيع بناء منشآت جديدة للطاقة (من أي نوع). وبارتفاع التكاليف في الطاقة والمعاناة في الوثوقية، ستخضع هذه السياسات للتدقيق المتزايد. ولما كانت البلدان تهيء أو تكيف قوانينها بحيث تسمح بزيادة تزويدها بالطاقة مع التقليل من الضرر في البيئة، فإن نافذة الفرص المتاحة بالنسبة للطاقة النووية ستتسع أكثر.

وفي الوقت نفسه ومن ناحية ثانية فإن كيفية تعامل الدول مع المخلفات النووية ستكون القضية البيئية الرئيسة في المستقبل. من المفهوم على النطاق الشعبي أن التعامل بنجاح مع توضعات الوقود المستهلك هو ما يتم السعي إليه إذا قدّر للجيل الجديد من المنشآت النووية أن تصبح حقيقة واقعة. سيصبح هذا الأمر في العديد من البلدان قضية دولية حيث أن موضوع المخازن الإقليمية للمخلفات العالية السوية هو المراد استكشافه.

عالم ما بعد الحرب العالمية الباردة

بتغطية العديد من القضايا السابقة، فإن آثار الحرب الباردة ستستمر في تأثيرها على الطاقة النووية. فمنذ نهاية الحرب الباردة جرى تحرير المخزون الحكومي من اليورانيوم والبلوتونيوم من أجل الاستخدام التجاري. برهنت العواقب أنها هامة ومثيرة، فسوق الوقود النووي الهش متداعٍ، والاهتمام بمدى إمكانية وقوع المواد الانشطارية في الأيدي غير المشروعة يتزايد. وفوق ذلك، فإن نظام الحرب الباردة الثنائي القطب قد حل محله بنية أكثر تعقيداً بكثير مما أوقع بعض الدول في حالة من الفوضى وجعل بعض الدول الأخرى تسير على طريقتها الخاصة في قضايا تهم المجتمع الدولي بأكمله. وفي هذه الحالة من جو التحدي يمثل بناء منشآت طاقة نووية جديدة في العالم عاملاً معقداً للعديد من المحللين المهتمين بتكاثر المواد النووية. إن تجاهل هذه الاعتبارات يمكن أن يقضي على أي جهد في توسيع استعمال الطاقة النووية في الدول التي تسعى للتصنيع.

ستشكل هذه القوى مستقبل الطاقة النووية. وإن إدراكها وعدم إهمالها سيساعدنا بتحديد الرؤيا عن منظومات الجيل القادم من الطاقة النووية وسيمكننا من وضع أساس الفعاليات التي يمكن أن تضمن قابلية التقانة النووية لمجابهة تحديات المستقبل. وبينما لا نستطيع التنبؤ بما سيجري في المستقبل، فإننا نرى أن هنالك فرصة لتشكيله.



نقل المرجل (مولد البخار) إلى موقعه عند محطة Hinkley Point A ويُعدُّ استخدام رافعة "غولياث"، التي تتخطى منطقة التركيب وأبنية المفاعل، مثالاً تقليدياً على تقنيات البناء خلال البرنامج البريطاني لمفاعل Magnox.

دور وزارة الطاقة

يعتمد مستقبل الطاقة النووية في الولايات المتحدة وفي العالم على عدد من العوامل عليها أن تؤدي دورها بشكل جيد:

- يجب على المؤسسات أن تستمر في تشغيل منشآت الجيل الثاني الحالية بطريقة آمنة تماماً وبتكلفة مناسبة بينما تبقى متمشية مع التطورات التقانية الحديثة ومحتفظة على خيار بناء منشآت جديدة في المستقبل.
- يجب على الصناعة أن تستمر في التجدد والابتكار، جاعلة نتاج منشآت الجيل الثالث الحالية على أقل قدر ممكن من التكلفة بينما تبقى مهتمة بالأبحاث المتقدمة من أجل المدى البعيد.
- يجب على الحكومات أن تدعم جهود الفرقاء الآخرين إلى الحد المناسب بينما تدعم كل من الأبحاث والتطورات المتوسطة والبعيدة المدى، وتتأكد من أن البنية التحتية المثقفة موجودة لدعم المنشآت المستقبلية.
- يجب أن تستمر الدوائر الحكومية المنظِّمة في مراقبة سلامة التقانة النووية بشكل فعّال، بدون أن ترتب حمولات غير ضرورية على الصناعة مما يستدعي إلى إغلاق المنشآت الموجودة حالياً بشكل لا ضرورة له أو تثبط الأخذ بعين الاعتبار إيجاد منشآت جديدة.

نفذت المؤسسات والصناعة وحتى الهيئات المنظمة في جميع أنحاء العالم طوال العقد الماضي أعمالها الخاصة بها بشكل جيد. وقامت بعض الحكومات أيضاً بعمل جيد في دعم دور التطور التقاني . وبصورة واضحة اليابان وفرنسة اللتان تابعتا فعاليات البحث البعيدة المدى النشطة. كان دور الحكومة غير المنظم في الولايات المتحدة أقل نجاحاً. وجدت وزارة الطاقة نفسها في الولايات المتحدة في الستينيات من القرن الماضي، وبخاصة بعد إتمام مشروع مفاعل الماء الخفيف المتقدم في عام 1997، غير متأكدة من دورها في التقانة النووية وتفتقد لوجهة واضحة.

– لقد وضعت الوزارة – بدعم وتوجيه من أعضاء هامين في الكونغرس (مثل بيت دومينيك P.Domenic من نيومكسيكو) ومجلس النواب (مثل جو كنولنبرغ J. Knollenberg) ومن اللجنة الاستشارية لبحوث الطاقة النووية (NERAC) ومن اللجنة الاستشارية للعلوم والتقانة التابعة للرئيس ومن أعضاء آخرين – برنامج التقانة النووية على مسار واضح بعيد المدى. لقد زادت الوزارة دعمها للتقانة النووية وبشكل خاص في العامين الماضيين، مبتدئة ببرامج عديدة وجديدة، ونأمل بزيادة هذا الدعم أكثر في المستقبل. وبالإضافة إلى ذلك، بدأت وزارة الطاقة تتعامل بشدة مع البنى التحتية الهابطة للبحث والتطوير في الولايات المتحدة ومع أساس تعليم التقانة النووية المعرضة للخطر. ولقد وصلنا أيضاً بنجاح إلى المجموعات الدولية لإعادة تأسيس روابطنا مع المجتمع الدولي للبحوث النووية ولتقوية مجهوداتنا مع أولئك الموجودين في الحكومات الأخرى.

لا نستطيع في هذه المحاولة أن نقدّر العمل الشاق الذي قامت به اللجنة الاستشارية لبحوث الطاقة أكثر مما يستحق. فلقد قادت الطريق وخلقت إدراكاً شاملاً لبحوث التقانة النووية البعيدة المدى ولخطة التطوير وخريطة الطريق للبنية التحتية للتقانة والعلوم النووية التي لا تقدر بثمن. وتشكل هذه الدراسات، مع التوصيات التي تضمّنها في ذلك الحين التقرير "مستقبل برامج الهندسة النووية الجامعية ومفاعلات التدريب والبحوث الجامعية"، كثيراً من أسس البحوث والتطوير وعمل البنية التحتية في خطط الوزارة للإنكباب عليها في السنوات القادمة. وأخيراً، فإن نظرتنا لمنظومات الجيل القادم من الطاقة النووية سيتم تكوينها بالعمل الذي أتمّته حَمَلة القُرص التقانية من أجل زيادة المقاومة المتكاثرة لمنظومات الطاقة النووية المدنية العالمية أو TOPS. تتوفر جميع هذه التقارير للعلوم في موقع شبكة التقانة النووية في الوزارة.

إن الباحثين الحكوميين يمكن أن لا يكونوا هم المنفذين حتى ولا المطوّرين الرئيسيين للتقانات الجديدة في الطاقة النووية

ولربما كان الأكثر أهمية؛ هو أن الـ DOE متورطة بفعالية أيضاً في قيادة إعتبارات جديدة في الطاقة النووية. ولقد استحوذت مبادراتنا عن الجيل الرابع اهتمام الجماعة النووية على النطاق العالمي.

اجتمع في شهر آب الماضي ممثلون كبار من الدول المهتمة (حتى الآن: الأرجنتين، البرازيل، كندا، فرنسة، اليابان، جنوب أفريقيا، كورية الجنوبية والمملكة المتحدة والمتورطون في هذه المناقشات، وكثير من الدول الأخرى مهتمة جداً في الانضمام) في سيؤول في الجمهورية الكورية لمناقشة كيف يمكن للحكومات أن تعمل سوية لدعم البحوث المتقدمة لترشيد منظومات الجيل الرابع التالي من الطاقة النووية. وناقشنا أيضاً الأدوار المفيدة والداعمة لوكالة الطاقة النووية في منظمة التعاون الاقتصادي والتنمية ولوكالة الطاقة النووية الدولية، والتي أرسلت كل منهما ممثلين كباراً لحضور هذه الاجتماعات.

– كانت هذه المناقشات مثمرة وأدت إلى اقتراحات نوعية تأخذها كل دولة حالياً بعين الاعتبار. وبقدر ما لهذه المناقشات من أهمية، فإنها تمثل مظهراً واحداً فقط من الجهد المطلوب. وبصورة عامة، لا يمكن للباحثين الحكوميين أن يكونوا هم المنفذين ولا حتى المطوّرين الرئيسيين للتقانات الجديدة في الطاقة النووية، وأن المؤسسات الكهربائية والصناعية النووية والمنظمين سيؤدون جميعاً أدواراً حاسمة في حلول منظومات الجيل الرابع.

ستقوم الوزارة بتوريط كافة هؤلاء الأفرقة في مناقشات واسعة حول الخطوات القادمة في تطوير منشآت الطاقة النووية. ونتوقع استخدام خريطة طريق تقانة الجيل الرابع لإتمام ذلك.

خريطة طريق الجيل الرابع

نخطط بدءاً من الآن ولربما حتى بداية العام 2002 لتطوير خريطة طريق تقانة شاملة تحدد سبل نوعين من منظومات التقانة النووية المتقدمة:

- منظومات "الجيل III+" التي يمكن أن تعمّ قبل نهاية العقد الحالي (2010).
- منظومات الجيل الرابع التي يمكن أن تعمّ في العام 2030.

هيئة الطاقة الذرية السورية مكتب نظم المعلومات http://serversmiso.aecs.sy

من الواضح أن تقانات الجيل III والجيل III+ يتألف معظمها من المفاعلات المتقدمة المبردة بالمادة ومن بعض تقانات المفاعلات المتقدمة الغازية التنافسية الآن في كثير من أجزاء العالم في الوقت الحاضر. ونعتقد بأن بعضها يمكن حتى أن تكون تنافسية في الولايات المتحدة وفي أوروبا إذا ما أمكن التعامل بنجاح مع بعض القضايا المؤسساتية. ولهذا فإن المدى التي تخدم فيها القضايا المؤسساتية كعوائق رئيسة للمنشآت الجديدة هو الذي يحدد الحاجة إلى خريطة الطريق للتعامل مع هذه القضايا بدلاً من الاعتبارات التقانية.

نتوقع أن تقوم الصناعة بتأمين القيادة الأساسية لهذا المظهر من الجهد. إن دور الوزارة في هذه الحالة أكثر محدودية بسبب قرب هذه التقانات من السوق. تناقش منظمات مثل معهد التقانة النووية ومعهد بحوث الطاقة الكهربائية مسبقاً مع أعضائها موضوع المنشآت النووية القادمة.

وبينما توجد بعض القضايا التقانية، فإن التركيز سيكون على قضايا أخرى مثل كيف يمكن تأمين الأساليب المنظمة المناسبة للمستقبل بما فيها الأساليب المالية والاقتصادية والتشريعية بالإضافة إلى نظام السلامة. وإذا ما صح إتمام ذلك، فإن المتقدم في هذه المجالات سيجعل منظومات الجيل III+ أكثر نجاحاً، وتمهد الطريق في الوقت نفسه للجيل IV.

ومع ذلك فإن دور الحكومة يكون أكثر ملاءمة بوجه عام في تطوير التقانات العالية الخطورة والبعيدة المدى. لقد كانت مبادرة بحوث الطاقة النووية الوزارية (NERI) ناجحة جداً في استكشاف مفاهيم جديدة ومبتكرة لتقانات الطاقة النووية المتقدمة التي تستطيع أن تتعامل مع القضايا المفتاحية التي تواجه على المدى البعيد قابلية تطبيق وتوسع الطاقة النووية بما فيها تخفيض المخلفات النووية وتحسين المظهر الاقتصادي وتعزيز السلامة النووية لجيل الطاقة النووية، وللتعامل مع القضايا المتعلقة بتكاثر المواد الانشطارية. ومع ذلك فيقصد من جدول البحوث المعزز بـ NERI- والذي يتضمن ابتكارات مثل منظومات المفاعل الذي ينتج الهدروجين، والمفاعلات النموذجية الصغيرة التي تبلغ حمولة وقودها طول العمر وبعض الأساليب الخلاّقة الأخرى-تعزيز البحوث والتطوير والتجديد وليس إتمام تصميمات المنظومات أو حتى اقتراح أسلوب تصميم خاص.

ومن أجل ذلك، هنالك حاجة إلى خطوة أخرى، فلكي نبدأ الأخذ بعين الاعتبار تطور منظومات الطاقة النووية للجيل القادم قمنا بتأسيس مبادرة الجيل الرابع. ومن خلال خريطة طريق تقانة الجيل الرابع ستبدأ الوزارة-بالعمل سوية مع شركائنا الدوليين في الصناعة والأكاديميات والهيئة النووية المنظمة وآخرين-العمل الصعب ولكنه الضروري بتجميع مجموعة من الأهداف التقانية المفتاحية للمنظومات اللازم تطويرها من أجل المستقبل البعيد المدى. لا نعرف حتى الآن كيف ستكون العلاقة بين هذه الأهداف والخواص للمنظومات النووية الموجودة وللأجيال الـ III و III+.

يعتقد البعض بأن وضع أهداف لا يمكن إنجازها بالتقانة الحالية لمغامرة خطرة وستشكل شائبة سوداء غير ملائمة على المفاعلات المبردة بالماء المتوفرة حالياً وعلى التقانات الأخرى. وهذا نقاش قديم اتخذ صيغة جديدة. فطوال الأحداث الماضية، وليس بدون سبب دائماً، أيدت الفئات المحافظة التطور أكثر من الطفرة وفي الوقت الحاضر أكثر من الإبداع. قامت الوزارة بتنظيم ورشة عمل في شهر أيار ألقت الضوء على هذا النقاش. وقد كشفت هذه الورشة التي حضرها خبراء من المخبرين والشركات الصناعية والمؤسسات والحكوميين ومن الجامعات من كل أنحاء العالم نقاشاً هاماً بين هذه المنظومات أو الأداء.

ستبدأ خريطة الطريق باجتماع اللجنة الفرعية الجديدة لـ NERAC. وهي اللجنة الفرعية لخريطة الطريق لتقانة الجيل الرابع. سيشارك في رئاسة هذه اللجنة الاستاذ نيل تودريس N. Todreas من معهد ماسا شوستس للتقانة والدكتور سال ليفي S. Levy الذي كان سابقاً في شركة جنرال إلكتريك. وأما بقية أعضائها فمن الصناعة والمؤسسات والأكاديميات. ستتفاعل هذه اللجنة مع مجتمع البحوث الأكبر وتناقش المسائل الأساسية للإبداع مقابل المحافظة، وتُقَيِّمْ بعد التشاور مع مجتمع NERAC الأكبر مجموعة من أهداف التقانة المتميزة لمنظومات الجيل الرابع. تتوقع الوزارة مشاركة المجتمع الدولي الكاملة في هذا المجهود، بما فيه كل من الدول المصنعة والمتنامية.

ستنشر الوزارة هذه الأهداف في نهاية العام من أجل مراجعة وتعليقات الجمهور عليها. وبعد ذلك سترعى الوزارة أفرقة من خبراء تقانة المفاعلات في الحقول المختلفة (مثل المنظومات المبردة بالماء ومنظومات المعدن السائل والمنظومات المبردة بالغاز ... الخ) لتقرير الأساليب والتقانات الأفضل الملائمة لتحقيق هذه الأهداف في كل مجال. سيوضع كل شيء على الطاولة وسيكون كل شيء خاضع للتقييم.

وعندما يتحقق ذلك، سيتم اختيار الأسلوب الأكثر وَعْداً من أجل تحديده أكثر ومن أجل البحوث اللازمة لفهم كل من تفاصيل الأساليب المختارة بشكل كامل. ستزود هذه الفعالية الوزارة ومجتمع البحوث بمفهوم (أو مفاهيم) تستطيع أن تحقق الأهداف التي وضعتها NERAC والمناسبة للتطوير حتى العام 2030 وتوضح البحوث والتطوير اللازم لتعطي هذه المفاهيم أُكلها. ويمكن لهذه المعلومات، على أقل تقدير، أن تستخدم كقاعدة لأفكار بحوث NERI المستقبلية. ويمكن أن تكون على الأكثر أساس برنامج تطوير متكامل، واحتمال برنامج دولي تشارك فيه دول عدة.

بدأت الخطوة الأولى لهذا الطريق الطويل الآن مع صياغة الأهداف التقانية. وتعتمد نهاية الجهود على قابلية واهتمام جميع الأفرقة في رؤية هذه العملية تسير إلى غايتها.

المستقبل النووي

لا يستطيع أي إنسان التأكد من القول، حتى ولو تم إنجاز جميع هذه الفعاليات بنجاح، أنه ستُبنى منشآت طاقة كهربائية في المستقبل القريب. سنحتاج إلى التعامل مع كثير من التحديات. على كل حال، إن الوقت الذي يحين فيه سؤال الجمهور في الولايات المتحدة لمناقشة فيما إذا كانت منشآت جديدة ستبنى يقترب بسرعة . ومن المحتمل أن يكون ذلك أقرب بكثير مما يعتقد معظم الناس. إن المناخ العام مشجع على ذلك، فتقانة الجيل الثالث تثبت ذلك وهي ملائمة، وأبدت المؤسسات الرغبة لتوظيف

هيئة الطاقة الذرية السورية مكتب نظم المعلومات http://serversmiso.aecs.sy

استثمارات هامة في الطاقة النووية، وقد أُنفقت في السنة الأخيرة فقط بلايين من الدولارات في سبيل اكتساب إبقاء سعة الطاقة النووية.

ليس من المستحيل خلال هذا العقد في الولايات المتحدة طلب بناء منشأة جديدة. ويمكن في حوالي العام 2030 أن يكون من المحتوم طلب بناء منشأة جديدة وذلك حسب ما يقتضيه الجو العام والقضايا المفتاحية الأخرى.

ولكن سواء ستَبني الولايات المتحدة في المستقبل القريب منشأة نووية جديدة أو لا، مع خياراتها الطاقية الوافرة، فمن الواضح أن الطاقة النووية هي الخيار المفتاحي للعديد من أجزاء العالم المختلفة، وبخاصة البلدان التي تقوم بالتصنيع. فالطاقة الكهربائية المتوفرة نووياً في العديد من البلدان تعطي فرصة فريدة من أجل تعزيز الاستقلال الطاقي، ومخفضة بذلك الاصدارات الهوائية لحفظ البيئة من التلوث ومجتنبة إنشاء البنى التحتية لطرق السكك الحديدية الباهظة التكاليف من أجل نقل الفحم أو إنشاء خطوط الأنابيب من أجل استيراد الغاز الطبيعي، ومقدمة البنى التحتية التقانية والصناعية لتطوير الاقتصاديات.

وبينما تتقاسم كثير من بلدان العالم المتنامي هذه الاهتمامات، فإن المجتمع العالمي يمكن أن يهتم بقدرة بعض البلدان بضبط أو تنظيم السلامة النووية بفعالية، وبالتعامل مع المخلفات النووية وبتجنب القضايا المتعلقة بالانتشار وبالوقاية من مواد الانشطار. وبفرض ذلك، تستطيع منظومات الجيل الرابع المتنامية أن تقدم فوائد هائلة للبلدان التي تستخدمها وللمجتمع الدولي ككل.

لقد تطور النقاش الدولي المتعلق بمستقبل الطاقة النووية منذ عدة عقود وسيستمر لعقود قادمة. ستشغّل الولايات المتحدة منشآت الطاقة النووية في منتصف هذا القرن على الأقل. وسيستمر العالم بتوليد الكهرباء باستخدام الانشطار النووي بشكل جيد إلى أبعد من هذا التاريخ. وبفرض التحديات التي تواجه البنية التحتية للطاقة العالمية، فمن المحتمل أن تستمر التقانة النووية بلعب دور في المستقبل المنظور. وسواء جرى إنجاز هذه الحقيقة بشكل جيد أو رديء فإن ذلك سيعتمد على رؤية وتخطيط الحكومات والصناعات والمختبرات والجامعات في كل البلدان المهتمة بمستقبل الطاقة النووية.■

☆ ★ ☆

الطاقة النووية يمكن أن تحقق هبّتها في القرن 21 ★

رغم أن التغلب على عجز الطاقة لم يكن في الأصل وراء تطوير الطاقة النووية، لكنه سيكون الهدف الرئيس لجيل لاحق من المحطات النووية

يفجيني ز. أداموف
وزير سابق للطاقة الذرّية في حكومة روسية الاتحادية

كما هو الحال بالنسبة لتقانات أخرى، لم تكن ولادة الطاقة النووية بحثاً عن طرق من أجل التغلب على عجز الطاقة. وحتى في أيامنا هذه، هناك اعتقاد راسخ على أنه بالإمكان تغطية احتياجات الطاقة دون اللجوء إلى الطاقة النووية.

ولابدّ أن شعر الذين ابتكروا الأسلحة النووية أنهم ملزمون بتطبيق مكتشفاتهم العلمية، والتي تجسدت في البداية كأدوات للحرب لاتُجارى من حيث القدرة التدميرية، ثم تحولت بعد ذلك لأغراض سلمية. ونشأة كهذه للطاقة النووية توضح الأسباب لتوجهات كثيرة تم الأخذ بها خلال الفترة المبكرة من تطوير تقانة المفاعلات.

وقد شقت طريقها باتجاه الاستخدام في محطات الطاقة النووية مفاعلات الأنابيب المضغوطة التي طُوّرت من أجل الإنتاج العسكري للنظائر وكذلك أنماطها الحوضية المعدلة التي جرى في الأصل توظيفها في الغواصات النووية. وكان التصميم للمفاعلات المذكورة آنفاً يتواءم جيداً مع أغراضها العسكرية؛ غير أنه لم يجر على الاطلاق اختبار مواءمتها للشروط الخاصة بإنتاج الطاقة الكهربائية.

ولعل فكرة المفاعل الولود breeder reactor التي ظهرت في كل من روسيا وفرنسا هي الوحيدة التي تعكس بشكل حقيقي الاحتياجات للطاقة النووية - حتى ولو كانت معبرة عن احتياجات ماضية تعود إلى عقد الستينيات من القرن الماضي.

وجاءت حوادث المفاعلات بشدتها وتواترها المتزايدين، بدءاً من حادثة "وندسكيل Windscale" (1957) ثم ثري مايل أيلند Three Mile Island" (1979) وانتهاءً بحادثة "تشرنوبل Chernobyl (1986)، لتنبه العالم إلى حقيقة أن أساليب التعامل مع مشاكل أمان محطات الطاقة النووية لاتزال بعيدة جداً عن كونها مستنفدة أو وصلت إلى حد الكمال، ولو أنها كانت، بدون أدنى شك أو مساءلة، تُعدّ آنذاك أفضل مصادر الطاقة وذلك من حيث أمانها وكونها ودودة للبيئة. وقد عبّرت هذه النظرة عن نفسها بحيوية فائقة في كتاب ألفن واينبرغ Alvin Weinberg بعنوان "الحقبة النووية الثانية The Second Nuclear Era والذي طرح فيه مفهومه الحديث عن "الأمان المتأصل inherent safety، وفي أعمال نورمان راسموسن Norman Rasmussen بشأن التحليل الاحتمالي للأمان الذي وضع حجر الأساس لأساليب حديثة طرأت على تصميم الجيل الثالث من محطات الطاقة النووية.

ومضت قدماً عملية التطوير لمفاعلات حديثة بأنماطها المختلفة (مفاعلات الأنابيب المضغوطة، والماء المضغوط، والماء المغلي)، لكن الطلب على بناء هذه المفاعلات لم يكن بالقدر الذي تماشى مع سرعة تطورها. وأخذت الطاقة النووية تفقد مكانتها؛ وأول بلدان رأت تدهور الصناعة النووية - وهي الولايات المتحدة والمملكة المتحدة - كانت هي فعلاً أول بلدان عُزي إليها الفضل في نشوء وتطور هذه الصناعة. والاهتمام الحثيث بالطاقة النووية الملاحظ في بلدان آسيا والشرق الأقصى ذات التطور السريع، والذي أصبح الآن يتحدد فعلاً بالطلب المتزايد على الطاقة، لايمكن أن يتأثر بتحليل جدي للأسباب وراء الركود الحاصل والجهود المناهضة لاستخدام الطاقة النووية في كل من الولايات المتحدة وأوربة؛ لكنه، وبكل بساطة، يأتي في أعقاب التقانات الآخذة هناك في التطور.

إيجاد تقانات مفاعلاتية

المبادرة الهندسية في إيجاد تقانات مفاعلاتية تركز على إنتاج الطاقة لم تكن معطلة بشكل تام وذلك نتيجة جهود بعض الأفراد العلميين المتفانين، ومنهم أحد المهندسين الألمان البارزين الأستاذ .رودلف شولتن Prof. Rudolf Schulten. وباعتبار الأخير الأب أو الرائد للوقود المكروي microfuel ولأفكار أخرى تتعلق بالمفاعلات عالية درجة الحرارة المبردة بالغاز high - temperature gas - cooled reactars (HTGR)، فقد كان على درجة من الذكاء بحيث أدرك أن محطات طاقة نووية من هذا النوع لن تستطيع أن تنافس اقتصادياً مصادر للطاقة تستخدم الوقود الأحفوري؛ ولذلك، قام بإعادة توجيهها نحو المتطلبات الطاقية للعمليات عالية درجة الحرارة في علمي الكيمياء والتعدين إضافة إلى تطبيقات أخرى مماثلة. وبعد حادثة ثري مايل أيلند تقدم الباحث المذكور إلى الأمام خطوة هامة أخرى طارحاً فكرة المفاعلات النمطية المقاومة لحوادث فقد المبرّد.

لكن أعظم النشاط في تقديم أفكار مفاعلاتية حديثة حدث في السنوات التي أعقبت حادثة تشرنوبل؛ وأفضل الأمثلة على ذلك كانت الفكرة التي ابتكرها الحائز على جائزة نوبل كارلو روبيا Carlo Rubbia (الفائز بجائزة نوبل لعام 1984 في الفيزياء بالاشتراك مع زميل يعمل معه لدى مخبر CERN) والتي اقترح فيها اقتران مُجمّعة حرجة مع مُسرّع. وليست الفكرة السابقة، إضافة إلى مفاهيم أخرى، سوى دليل على الحقيقة بأن عهد النظريات التقليدية للمفاعلات قد ولّى وبأن العقول النيرة في هذا العصر تعي هذه الحقيقة.

★ نشر هذا المقال في مجلة *Nuclear News*, November 2000. ترجمة هيئة التحرير - هيئة الطاقة الذرّية السورية.

http://serversmiso.aecs.sy مكتب نظم المعلومات هيئة الطاقة الذرية السورية

ونحن نواجه الآن حالة مربكة. فصناعة الطاقة النووية تولي أذناً صماء تجاه جميع الإشارات مفضلة بذلك أن تتدهور تدريجياً بدلاً من مواجهة المشاكل واحتوائها. لكن هذا الإرباك يؤذي في العمق؛ والأسباب لمثل هذا "الاستسلام" واضحة للعيان؛ فالصناعة، التي وظّفت أموالاً طائلة في التقانات الراهنة بأمل الحصول على أرباح عالية لم تستطع تحقيقها أبداً، سوف لن تكرس رأس مالها في تطوير تقانات جديدة. وسيكون المرء مرغماً على قبول الحقيقة بأنه لم يعد يتوفر بعد الآن لدى عالم الصناعة النووية قادة علميون متألقون فعلاً من أمثال إنريكو فرمي Enrico Fermi أو إيغور كورتشاتوف Igor Kurchatov. وإنه لأمر مثير وعابر أن تلجأ بعض البلدان إلى تناول مكتشفات الستينيات والسبعينيات الموضوعة على الرف وطرحها كدواء يستخدم لعلاج جميع المشاكل.

ولامناص من أن تؤخذ بعين الاعتبار حقيقة أخرى ذات أهمية أساسية في وقتنا الحالي. فعلى الرغم من أن صناعة الطاقة النووية كانت تتمتع بدعم الحكومة في جميع البلدان التي نشأت فيها هذه الصناعة إلا أنها لم تحظَ بوضع الأولية الوطنية في أي من بلدان العالم - اللهم باستثناء فرنسة خلال أزمة النفط الأولى عام 1973.

وفيما يتعلق بتأثير موقف الحكومة على أسلوب تطور الطاقة النووية فإن اللوم يقع في معظمه على الولايات المتحدة الأمريكية. ففي عام 1977 أقر الرئيس كارتر تأجيل إعادة المعالجة المدنية civil reprocssing لفترة غير محدودة داخل الولايات المتحدة، واضعاً بذلك حظراً على تطوير الدورة المغلقة للوقود وعلى إعادة معالجة الوقود المشعع. وكانت نية السياسيين آنذاك وضع عائق أمام انتشار الأسلحة النووية (في عام 1981، قام الرئيس ريغان برفع الحظر عن إعادة المعالجة التجارية، لكن القطاع الخاص لم يستجب لهذا الإجراء).

وكما تبين فيما بعد، كان هذا القرار في حقيقته حكماً صدر بحق صناعتهم النووية وتعدياً على المصالح البيئية. وفي واقع الأمر، فشل القرار المذكور في منع اتساع قائمة البلدان الممتلكة لأسلحة نووية. و فيما بعد، أعلنت الولايات المتحدة أن الطاقة النووية تعد عملاً تجارياً محضاً، ودخلت في مناقشات وتفسيرات مطولة كي تركز برامج الوكالة الدولية للطاقة الذرّية (IAEA) على قضايا عدم الانتشار النووي. ورغم الاقتراحات المتكررة من الدول الأعضاء لم تستطع هذه الوكالة حتى الآن أن تنظم التعاون العالمي بشأن الأسس المثلى لتطوير الطاقة النووية كما هي مستوعبة ومُعرّفة حالياً وبخاصة في المشروع العالمي الذي اقترحته روسية عام 1998 وأطلقت عليه مؤقتاً اسم "التقانة النووية الآمنة بطبيعتها Naturally Safe Nuclear Technolgy

استراتيجية روسية

في الوقت الراهن، تعد روسية الوحيدة من بين الدول التي تمتلك استراتيجية واضحة لنمو وتقدم الطاقة النووية جرى فيها وضع أهداف تمتد في أبعادها إلى منتصف القرن المقبل [1]. ومفيد في هذا الصدد أن لايقتصر الأمر على شرح قواعد هذه الاستراتيجية بل أن يجري أيضاً شرح الخلفية وراء تشكيلها.

هذا، ولم يترك المجتمع النووي في روسية الإشارات الناجمة عن حادثة "تري مايل أيلند" لتضيع هباءً؛ إذ ساهمت روسية بشكل نشط في عدد من مشاريع الوكالة الدولية للطاقة الذرّية وذلك كي تتوصل، بالاعتماد على تقانات تقليدية، إلى توصيات بشأن الخطوات التي تحسن عوامل الأمان سواء عند تشغيل محطات الطاقة النووية أو عند تصميم محطات حديثة لها. وكان التحديث جهداً حثيثاً متواصلاً جرى فيه التركيز بشكل رئيس على منشآت الجيل الأول من المفاعلات، حيث كانت قيد الإنجاز تصاميم جديدة للمفاعلات من الطرز القنوي channel - type، و VVER، و BN.

وفي أوائل الثمانينيات من القرن الماضي، اقترحت مجموعة من العلماء البارزين برئاسة الأستاذ ف. أورلوف V. Orlov، وهي مجموعة عاملة لدى معهد كورتشاتوف للطاقة الذرّية، أساليب جديدة للتغلب على مشاكل الأمان في صناعة الطاقة النووية وذلك بالاستعانة بالمفاعلات السريعة التي تستخدم مبردات ثقيلة؛ وقد اقترحت هذه الأساليب قبل فترة طويلة من وقوع حادثة تشرنوبل. وفي تلك الفترة، كان يوجد لدى المعهد المذكور، الذي خُطّط فيه إطلاق التجارب الأولى، مفاعل اختبار المادة MR (الذي جرى استبعاده من الخدمة حالياً) المجهز بعروة loop ذات مُبرّد ثقيل (صُمّمت العروة بحيث تستخدم إما الرصاص أو الرصاص مع البزموت، لكن الذي جرى استخدامه فعلاً كمبرد هو الرصاص مع البزموت).

وأدت كارثة تشرنوبل إلى التدخل عنوة في كثير من المشاريع كما دفعت عوامل الأمان لتحتل محور النشاطات الهندسية، وقبل كل شيء تلك النشاطات المتعلقة بطرز المفاعلات RBMK. ومع حلول عام 1991، أمكن بنجاح تحقيق الأهداف التي عُرّفت وحُدّدت خلال الفترة مابين 1986-1987؛ وهكذا تكون مفاعلات الطرز القنوي channel-type reactors، التي انتقلت ملكيتها لأوكرانية وليتوانية بعد تفتت الاتحاد السوفياتي، قد سبق أن جرى تحديثها مع الأخذ بعين الاعتبار جميع المشاكل التي تكشفت من خلال حادثة تشرنوبل؛ ثم جاءت مشاريع عالمية لاحقة، نُفّذت خلال عقد التسعينيات، لتثبت الحقيقة بأن محطات الطاقة النووية السوفييتية التصميم تُعدّ من حيث أمانها نداً جيداً لمحطات من نفس الزمرة قد توجد في أي مكان آخر من العالم.

وبحكم إسهامي في تحليل الأسباب وتخفيف التبعات التي تمخضت عن أخطر حادثة للطاقة النووية في العالم، وبحكم إشرافي على إدارة الجهود من أجل تحسين وتطوير مفاعلات RBMK ذات الحظ العاثر، وبحكم كوني مسؤولاً عن القطاع النووي الروسي خلال الأعوام الثلاثة الماضية.. أشعر أنني ملزم بالإشارة إلى أن الإجراءات المتخذة في أنحاء العالم عقب حادثتي ثري مايل أيلند وتشرنوبل قد فشلت، لسوء الحظ، في استبعاد جميع الإمكانيات المسببة لحوادث أليمة في صناعة الطاقة النووية. ولا شك بأن الانخفاض الواضح في احتمال وقوع حوادث خطيرة في محطات الطاقة النووية يجعل هذه المحطات أكثر قبولاً لدى الجماهير. لكنه، رغم الاحتمالات الضعيفة والمتضائلة لحوادث كهذه، وبغض النظر عن تأثيرها المحدود فعلاً، والذي لأسباب سياسية ونفسية قد يتضخم ويُغالى فيه، لا بد للمجتمع النووي أن يبحث عن طرائق تجعل

http://serversmiso.aecs.sy مكتب نظم المعلومات هيئة الطاقة الذرية السورية

الطاقة النووية خالية تماماً من حوادث قد تؤدي إلى إخلاء السكان أو تتسبب في تأثيرات بيئية خطيرة.

وكما سبق التنويه، اكتسبت المشاريع التمهيدية التي بُدىء بتنفيذها قبل عام 1986 وضعاً وطنياً في أواخر الثمانينيات. ففي مسابقة أجريت في تلك الفترة بإشراف أكاديمية العلوم واللجنة الحكومية للعلوم والتقانة التابعة لوزارة الصناعة النووية، تمّ الإعلان عن مزايا مفاعلات النترونات السريعة المجهزة بمبردات ثقيلة (كالرصاص، أو الرصاص مع البزموت) وقورنت هذه المزايا مع مفاهيم أو نظريات أخرى للمفاعلات.

وحسب شروط المسابقة المذكورة آنفاً، ينبغي أمثلة الأساليب التصميمية للمحطة والمتعلقة بكامل نطاق الحوادث الموثوقة على أن تستهدف، في نفس الوقت، تنافسية اقتصادية أعلى للطاقة النووية. وفي تلك الفترة لم يكن واضحاً، كما هو عليه الآن، بأن إجراء تحسينات فعالة للأمان في مواقع المفاعلات التقليدية سيزيد حتماً، وبقدر كبير، من تكلفة إنتاج الطاقة. وهذا الأمر، إلى جانب تنمية مصادر الوقود الأحفوري في الرّف القاري، كان عاملاً مقوّضاً للتنافسية النووية في عدد من بلدان الغرب.

وتُظهر الوثائق المبرمجة، التي صدرت في التسعينيات داخل الاتحاد الروسي، دعماً للمنشآت التي أصبحت تعرف فيما بعد باسم "مفاعلات الأمان الطبيعي reactors of natural safety" والتي تعتبر حجر الزاوية لانتشار واسع النطاق للطاقة النووية؛ لكن الأمر الطبيعي كان فقط توجيه المصادر المتاحة لتصب في تحسينات لعوامل الأمان وتحضيرات لإطالة عمر التجهيزات في منشآت التشغيل والتي، في نفس الوقت، تزامنت مع جهد حثيث لإكمال التصميم لجيل جديد من المفاعلات يضم الطرز: VVER - 1000، و VVER - 640، و BN - 800.

استراتيجية بعيدة المدى

يُعدّ عام 1998 بداية العمل الدينامي لوضع استراتيجية بعيدة المدى لتطوير الطاقة النووية في روسية. وكان اختيار أفاق التخطيط المستقبلي معتمداً على إدراكنا للركود الكبير للعمليات في قطاع الطاقة ككل وبخاصة في فرعها النووي. وبينما نحن مدركين تماماً لشكنا الداخلي في تنبؤ كهذا بعيد المدى ودون تحديد على الإطلاق لنتائجه كحقيقة نهائية، فإننا مع ذلك نجحنا في بناء إطار، ليس فقط من أجل تخطيط راهن بل أيضاً من أجل إدخال سريع لتصحيحات عندما تنشأ أسباب جدية للقيام بذلك.

وتنشأ الاستراتيجية من الحاجة المدركة حديثاً إلى الحد من استهلاك النفط والغاز لأغراض إنتاج الطاقة - وهو أمر فرض في روسية بشكل أساسي لأهمية تصدير هذه المصادر في حين عُزي عالمياً إلى اعتبارات بيئية (بروتوكول كيوتو) وإلى تطبيقات فعالة مفضلة في الصناعة الكيميائية، والنقل، ... ألخ.

وفي المدى القريب، جرى التخطيط بحيث تستبدل تدريجياً (خطوة فخطوة) محطات الطاقة القديمة بمنشآت جديدة معتمدة على تقانات حديثة مختبرة جيداً، مع تحقيق زيادة مؤكدة في السعة المنوي تركيبها. وقد أصبحت تعديلات التصميم الحديثة لمفاعلات VVER - 1000، وVVER - 640، و BN - 800 معروفة إلى حد ما في العالم وليست بحاجة إلى مزيد من التعليق أو الانتقاد.

لقد نوقش، وبشكل مستفيض، النهج العلمي الروسي لتطوير الطاقة النووية في منتديات عالمية مختلفة، بما فيها الجلسات العلمية المنعقدة أثناء المؤتمر العام الأخير للوكالة الدولية للطاقة الذرّية، وكذلك في عدد من النشرات الصادرة بهذا الشأن [2]. أما وقد اكتسب هذا النهج وضعاً شرعياً في الاستراتيجية العالمية وأُقرّ من قبل الحكومة الروسية في أيار عام 2000 فإنه من غير المنطقي تكرار شرح النقاط المفتاحية فيه.

ولن تصبح الطاقة النووية مؤهلة للعب دورها كأحد المصادر الرئيسة للطاقة إلا إذا استطاعت أن تحل المشاكل التالية التي تشكل عائقاً في تطبيق التقانات النووية الحديثة:

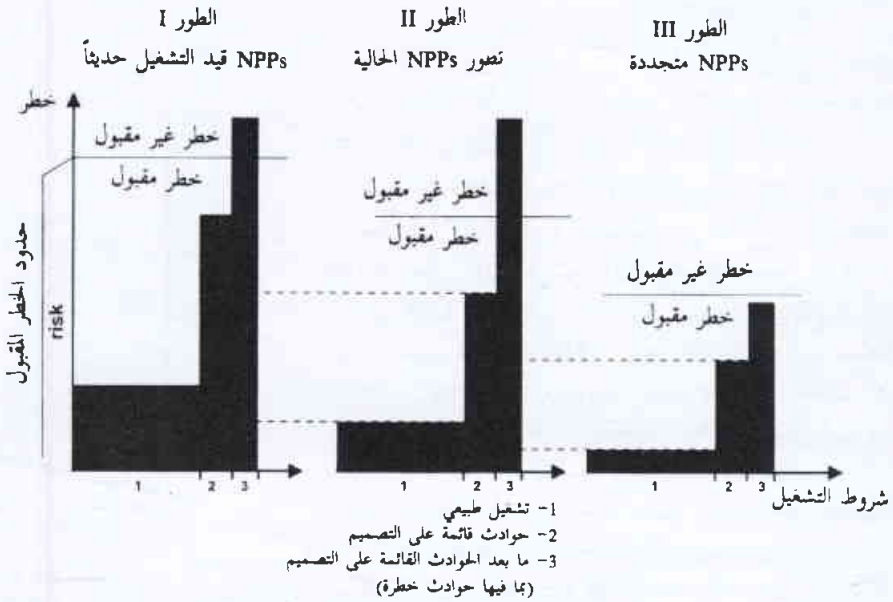
- يجب رفع الأمان إلى سوية تقديم استبعاد قطعي للحوادث الخطيرة بدلاً من مجرد تخفيض احتمال حدوثها إلى أعداد صغيرة جداً.
- ينبغي التخلي عن دفن النفايات عالية السوية مهما بدت عملية التخلص منها جذابة وآمنة.
- ينبغي ضمان عدم انتشار الأسلحة النووية ليس فقط بوسائل سياسية أو إجراءات تفتيشية بل بوسائط تقانية.
- ينبغي أن تعاد الطاقة النووية إلى وضع التنافسية الاقتصادية، على أن لايتم ذلك في المستقبل البعيد، بل خلال فترة مبكرة جداً من انتشارها على نطاق واسع.

لقد تم تحقيق أول المتطلبات بسبب الميزات الفيزيائية والمواصفات التصحيحية للمفاعل السريع المجهز بمبرّد الرصاص. وانتفت نهائياً الحوادث الناجمة عن فقد المبرد بفضل تشكيلة نمط الحوض، في حين تصبح حوادث التفاعلية المحرضة مستحيلة ذلك لأن هامش التفاعلية داخل القلب (CBR = 1) قد خُفّض إلى سوية يستبعد معها حدوث سورات طاقية حرجة ومفاجئة. ومن مزايا المبرد الذرّي عالي الغليان أنه غير عرضة للتحلل الحراري أو الإشعاعي - إذ لايتحرر الهدروجين كما هي الحال عند وجود الماء - ولهذا، لاتوجد خطورة حدوث انفجارات هدروجينية أو بخارية. كذلك، فإن اختيار المواد يستبعد حدوث الحرائق (كما يمكن حدوثه مع الصوديوم). ويعرض الشكل 1 بشكل كيفي تطور أساليب ضمان الأمان لمحطة نووية (تعود فكرة هذا الشكل إلى الباحث أ. بوتابوف A. Potapov).

ورغم التقدم المثير في تقانات عزل النفايات المشعة (بالحُمّر، أو بالتزجيج، أو بالتمعدن) وكبر الحجم النسبي لها، فقد وجد، بدون أدنى شك، انجذاب اجتماعي أقوى في نظرية المكافىء الإشعاعي radiation equivalence*

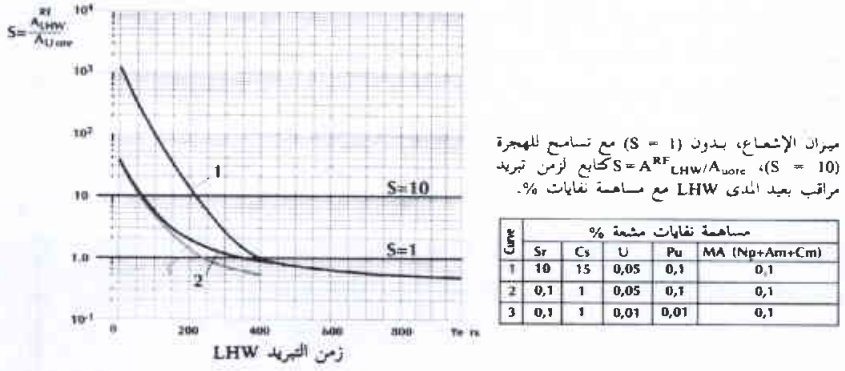
* تعني إدارة المكافىء الإشعاعي للنفايات المشعة بشكل أساسي أنه سيجري إحداث موازنة مابين النشاط الإشعاعي لليورانيوم المستخرج من الأرض والنفاية المعدة للدفن، أي أنه سيكون للنفاية المدفونة النشاط الإشعاعي ذاته الموجود في خام اليورانيوم المنتج من الأرض، وهذا يتيح التخلص من النفاية دون إحداث أي إزعاج للنشاط الإشعاعي الطبيعي للأرض.

هيئة الطاقة الذرية السورية مكتب نظم المعلومات http://serversmiso.aecs.sy



الشكل 1– تطور الأمان في الطاقة النووية.

المحققة والمصونة في دورة الوقود الذرّي، والتي قام بوضعها وتطويرها فريق الأستاذ ى. غانف I. Ganev وخبراء آخرون. وقد جرى، في كثير من الأبحاث بما فيها دراسة حديثة الظهور [3]، نشر نتائج الدراسات الإثباتية حول إدارة المكافىء الإشعاعي للنفايات المشعة مع إجراء حسم بسبب هجرتها، وقد تم عرضها في هذا المقال كنظرة عامة في الشكل 2. ومن الطبيعي أن تشكل فرصة إبقاء النشاط الإشعاعي الطبيعي للأرض سليماً تحت ظروف تشغيل واسع النطاق للطاقة النووية جواباً جيداً لمشكلة النفايات.



ميزان الإشعاع، بدون (S = 1) مع تسامح للهجرة (S = 10)، كتابع لزمن تبريد $S = A^{RF}_{LHW/A_{Uore}}$ مراقب بعيد المدى LHW مع مساهمة نفايات %.

Curve	مساهمة نفايات مشعة %				
	Sr	Cs	U	Pu	MA (Np+Am+Cm)
1	10	15	0,05	0,1	0,1
2	0,1	1	0,05	0,1	0,1
3	0,1	1	0,01	0,01	0,1

ملاحظة: S هي النسبة بين فعالية (A) المكافىء الإشعاعي RE للنفايات العالية السوية والطويلة العمر (LHW) وفعالية خام اليورانيوم. تدل MA على الأكتينيدات الثانوية.

الشكل 2– التكافؤ الإشعاعي في دورة الوقود لطاقة نووية ضخمة المستوى.

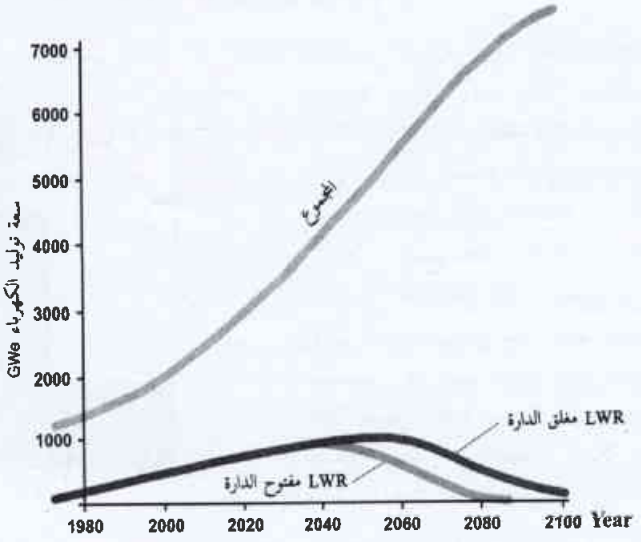
مبادرة جديدة

كان لروسية دائماً دور فعال في دعم نظام عدم الانتشار النووي. علاوة على ذلك، صادق بلدنا في عام 2000 على المعاهدة الشاملة لحظر التجارب النووية Comprehensive Test Ban Treaty، وقام فعلاً بإيقاف هذه الاختبارات قبل أن توقفها دول نووية أخرى. ونحن، حالياً، بصدد القيام بمبادرة جديدة تهدف إلى تعزيز تقاني لمعاهدة عدم الانتشار (NPT). وتنبع هذه المبادرة من الجدوى الأساسية للاستبعاد على مراحل، من دورة وقود الطاقة النووية، ليس فقط للبلوتونيوم العسكري بل أيضاً لعملية فصل البلوتونيوم أثناء عملية إعادة معالجة الوقود النووي المشعع الناجم عن محطات الطاقة النووية. وخطوة أخرى هامة على المسار ذاته هي التخلي عن عملية إغناء اليورانيوم. وخلال مرحلة مبكرة من تنفيذ هذه المبادرة – والتي أطلقنا عليها اسم "دورة الوقود النووي ذات الأمان الطبيعي والمقاومة للانتشار proliferation-resistant nuclear fuel of natural safety"– سيكون ممكناً كبح تراكم المخزون الاحتياطي للبلوتونيوم الناتج عن إعادة معالجة الوقود النووي.

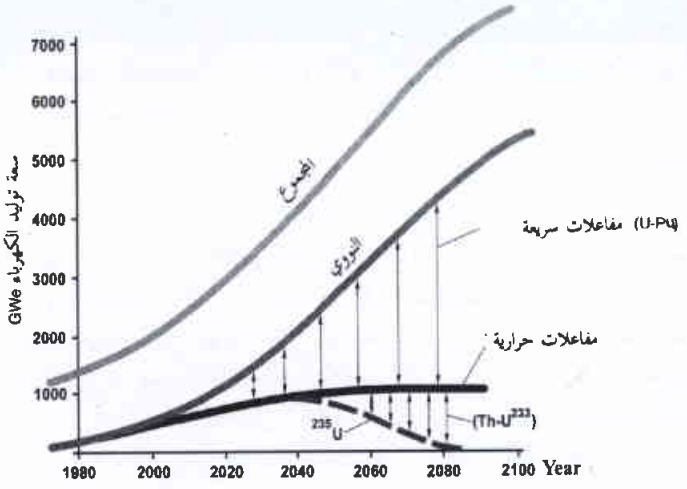
ويمكن عزو فقدان التنافسية الاقتصادية التي تعانيها صناعة الطاقة النووية جزئياً إلى التكاليف الإضافية الناجمة عن توفير عوائق تحول دون وقوع حوادث من المحتمل حدوثها في المفاعلات بسبب طبيعتها الفيزيائية ومواصفاتها التصميمية ومواد البناء التي استخدمت في إنشائها. وباختيار تصاميم ومعايير فيزيائية مثلى إلى جانب استبعاد استخدام مواد عالية الخطورة، يغدو ممكناً خفض تكاليف رأس المال اللازمة لإنشاء المحطة وتقليص نفقات التشغيل والصيانة التي تساهم في إجمالي تكلفة إنتاج الكهرباء بالطاقة النووية. ويبين التقييم الاقتصادي أن إسهامي التكلفة المذكورين (تكاليف رأس المال وتكاليف التشغيل والصيانة) سيكونان، عند استخدام المفاعلات السريعة والمعايير فوق الحرجة للدارة الثانوية، أصغر مما هي عليه عند استخدام المحطات التقليدية للطاقة النووية.

ولسوء الحظ، وتحت ظروف الوفرة الظاهرية لليورانيوم، لم يعد معترفاً أن للطاقة النووية المعتمدة على مفاعلات النترون الحرارية مجال ضيق للتطوير (الشكل 3). والاستخدام التدريجي للبلوتونيوم الناتج عن تفكيك الأسلحة وعن مفاعلات توليد الطاقة هو السبيل الوحيد الذي من خلاله يمكن للطاقة النووية أن تتغلب وتسيطر على مصادر الطاقة الأخرى وأن تغطي بالكامل ماتتطلبه القرون المقبلة من زيادة في إنتاج الكهرباء (الشكل 4). ويجب أن نتذكر دائماً بأن عملية

http://serversmiso.aecs.sy مكتب نظم المعلومات هيئة الطاقة الذرية السورية



الشكل 3– سيناريو أولي لنمو الطاقة النووية العالمية بدون مفاعلات سريعة (بافتراض احتياطيات رخيصة من اليورانيوم تقدر بحوالي 10 مليون طن).



الشكل 4– سيناريو أولي لنمو الطاقة النووية بوجود مفاعلات سريعة (بافتراض احتياطيات رخيصة من اليورانيوم تقدر بحوالي 10 مليون طن).

وعندما تستنزف المصادر الرخيصة لليورانيوم في المستقبل البعيد، سيغدو ممكناً إنتاج اليورانيوم -233 من أجل المفاعلات الحرارية ضمن بطانات الثوريوم لمنشآت النترون السريع.

إن إعلان الاستراتيجية لايعد نهاية بحد ذاته، وقد سبق لروسية أن باشرت عملياً في تطبيقها. وفي الواقع، زوّدت الطاقة النووية إجمالي الزيادة في توليد الكهرباء الحاصلة في عام 1999 (حوالي 17 TWh). وفي عام 2000، وبعد فترة انقطاع طويلة، قمنا بتشغيل محطة جديدة – وهي الوحدة 1 من محطة روستوف Rostov للطاقة النووية. كذلك ، جرى التخطيط لأن تكون عدة وحدات أخرى للطاقة في الخدمة الفعلية قبل عام 2005. هذا، وسوف يُنفّذ بناء المفاعل BN - 800 قبل حلول عام 2010، وسيكون تصميمه معدلاً بحيث ينسجم مع الأهداف الاستراتيجية لتطوير الطاقة النووية (كالتحول، على سبيل المثال، إلى وقود النتريد ناقل الحرارة ذي الكثافة العالية، وإلى نسبة توالد للقلب مساوية للواحد). وسيلعب المفاعل المذكور آنفاً مع المفاعل BN - 600 دوراً رئيساً في التخلص من البلوتونيوم العسكري، وذلك في حال اضطرار روسية إلى تنفيذ هذا البرنامج دون الاعتماد على تعاون عالمي حقيقي.

وعند إتمام سلسلة التجارب الحُرَوية داخل المفاعل وإتمام الدراسات المتعلقة باختبار المواد، وفور الانتهاء من تجربة تقانة المُبرِّد، سيبدأ بناء النموذج الأولي للمفاعل BREST بقدرة 300 MWe (مفاعل سريع مُبرَّد بالرصاص) – وهو نوع من المفاعلات يعتبر حالياً العمود الفقري لنمو مستقبلي واسع النطاق للطاقة النووية.

لم يكن الركود الاقتصادي الذي حدث في روسية خلال العقد الأخير من القرن الماضي بمثابة ضياع كلي لتنامي الطاقة النووية، فرغم أننا لم نكن قادرين على بناء محطات جديدة لكننا توجهنا إلى استغلال هذه الفترة بالقيام بأبحاث متقنة مهدت الأرضية الأساسية من أجل استراتيجية وطنية جديدة للطاقة. ويمكن القول بأن روسية لاتزال منفتحة على التعاون العالمي. ففي مؤتمر القمة الألفي الذي عقد في مدينة نيويورك في أيلول من عام 2000، دعا الرئيس بوتن Putin الأمم الأخرى إلى توحيد القوى من أجل معالجة المشاكل العالمية في مجال الطاقة والبيئة والاقتصاد، كما دعا إلى تقوية تقانية لنظام عدم الانتشار والذي يمكن أن يتحقق في مشروع ترعاه الوكالة الدولية للطاقة الذرّية.

إغلاق دارة الوقود الخاصة بمفاعلات الماء الخفيف، والتي تمارس في بعض البلدان، سيكون لها تأثير هامشي على استهلاك اليورانيوم لكنها تشكل تهديداً باستنفاد احتياطي البلوتونيوم الذي يُعدّ ضرورياً من أجل نمو واسع النطاق للطاقة النووية.

المراجع

REFERENCES

[1] "Strategy of nuclcar power development in Russia in the first half of the 21 st century." Summary. Ministry of the Russian Federation for Atomic Alomic Energy. Moscow, 2000.

[2] White book of nuclear power. General editing dy Prof. Y. O. Adamov. First Edition. Moscow, RDIPE, 1998.

[3] Y. O. Adamov, I. kh. Ganev, A. V. Lopatkin, V. G. Muratov, V. V. Orlov. "Transmutational Fuel eycle For large - scale nuclear power" Moscow, RDIPE, 1999.■

☆ ★ ☆

دور الانفتاح والمشاركة في مستقبل الطاقة النووية*

ساهم الانفتاح والمشاركة الجديدان، إلى درجة كبيرة في السجل المثير للأداء المحسّن للمنشآة النووية على النطاق العالمي. وإنه لمن المهم حقاً أن يدرك المشغّلون في جميع أنحاء العالم أنهم مراقبون من قبل المراقبين النظراء من خارج منشآتهم

ز. ت. بيت
رئيس الاتحاد العالمي للمشغّلين النوويين في مركز التنسيق التابع لـ WANO، لندن - إنكلترا

إذا قدّر أن يكون للطاقة النووية مستقبل، فإن الأمان النووي يشكل حجر الزاوية الضروري للمؤسسة التي يجب أن تقام في الموقع المناسب. سأركز ملاحظاتي على الأمان وعلى دور الاتحاد العالمي للمشغّلين النوويين WANO قبل أن أتحدث عن المستقبل.

سينتهي دوري كرئيس لهذا الاتحاد في شهر أيلول القادم، أثناء الاجتماع العام، الذي يُعقد كل سنتين، في سيؤول. لا يزال هذا الأمر إلى حد ما بعيداً فعلاً، ولكن باعتبار أني أعمل مع الاتحاد منذ أربعة عشر عاماً، وفي الصناعة النووية التجارية منذ عشرين عاماً، وفي الطاقة النووية أربعين عاماً، فإن الشهور العشرة الباقية لا تُعدّ طويلة بهذا المفهوم.

ولما كان ما سآخذه بعين الاعتبار هو مستقبل الطاقة النووية، فمن الواضح أن مؤسسة نووية راسخة قد وضعت في الموقع المناسب. لقد جمع مشغّلو المنشآت النووية في العالم سجلاً مثيراً حقاً من التحسينات عبر الخمسة عشر عاماً الماضية. لقد ساهمت عدة عوامل في هذه التحسينات، ولكن ذلك يعود بصورة مهمة جداً إلى الانفتاح والمشاركة الجديدين اللذين لا سابق لهما.

يستمر هذا الانفتاح والمشاركة في كامل قوتهما مع ازدياد التنافس. ويجب أن يستمرا لأن الصناعة تتهيأ من أجل عصر ازدهار جديد للطاقة النووية.

التغلب على الانعزال

أكدت حادثة تشيرنوبل عام 1986، التي أدت إلى تشكل الاتحاد العالمي للمشغّلين النوويين، على الحاجة إلى مؤسسات نووية عالمية لتبادل المعلومات وللتعاون بطريقة تتجاوز التقانة واللغة والحدود السياسية.

إن كثيراً من المشغّلين ليس لهم أساساً أي اتصال مع المنشآت النووية في المناطق الأخرى من العالم، وغالباً ما يكون هدف تبادلهم للمعلومات وتعاونهم مع المنشآت الموجودة في مناطقهم نادراً.

وهكذا، فإن أحد أهداف الاتحاد كان من أجل زيارة الأطر النووية في كل منشأة في الاتحاد السوفييتي (سابقاً) للمنشآت النووية في الغرب، ومن أجل زيارة الأفراد من العالم الغربي إلى كل المنشآت النووية في الاتحاد السوفييتي سابقاً. وما أثار دهشة كثير من المراقبين هو أن هذه الأهداف قد تحققت في السنتين الأوليين من وجود الاتحاد.

لقد ازداد التعاون المستمر بين منشأة ومنشأة أخرى، والذي غالباً ما يسمى التوأمة، نتيجة تبادل هذه الزيارات. وقد تنبأ عدد قليل بهذا التفاعل الكثيف الذي يتم حالياً بين المنشآت النووية، ولكننا في الوقت الحاضر نعتبر أن هذه الأشكال من الزيارات والاتصالات مُسلّم بها. ومع ذلك فمن المهم أن نتذكر أن هذا النوع من التفاعل قبل عقد من الزمن كان نادراً في كثير من المنشآت في العديد من أجزاء العالم.

قاعدة من أجل المستقبل

كل مؤسسة أو هيئة تشغّلُ منشأة طاقة نووية على المستوى التجاري في أي مكان من العالم هي عضو في الاتحاد. تبدو هذه المقولة سهلة ولكن إنجازها في الحقيقة جدير بالملاحظة.

لقد جرى تحسين أداء منشآت نووية عالمية بثبات بلغ تعدادها حوالي 430 وحدة نووية في 31 بلداً. يعود تحقيق هذا النجاح إلى التبادل بين المنشآت وما يشابهها من أماكن الخبرة الجيدة أكثر من أية إجراءات محددة اتخذها الاتحاد. إن الاتحاد ذاته عبارة عن مُسهّل للأمور وحافز لها. ولكن الذين يقومون بالعمل هم أعضاء الاتحاد ومنشآتهم. وعندما يجد الشخص في المنشأة أن هنالك شيئاً يعمل بصورة أفضل مما يعمل عنده، يشعر بميل إنساني لاقتباس هذه الخبرة الأفضل أو نسخها أو محاكاتها بطريقة أخرى. إن التفاعل المتعدد بين المنشآت النووية في العقد الماضي كان أساس التحسين الحقيقي، كما هو مشاهد في اتجاهات أداء الاتحاد. إن حقيقة جمع وتحديد اتجاه ومشاركة معطيات أداء منشأة نووية في العالم - وهو تعهد واسع من قبل المنشآت العالمية - هو سبب التفاؤل في المستقبل.

إن التقدم في الولايات المتحدة، حيث بدأت المؤسسات تتشارك من زمن أبكر، مثير بشكل خاص إذا ما قيس بمؤشرات أداء الاتحاد. ومثال آخر على ذلك مؤشر الأحداث المهمة للهيئة النووية المنظّمة في الولايات المتحدة. فقد انخفضت الأحداث الخطرة في منشآت الطاقة النووية في الولايات المتحدة إلى الثمانية أضعاف خلال الخمسة عشر عاماً الأخيرة، أي من 2.5 بالوحدة في السنة إلى 0.03 بالوحدة في السنة.

إني مقتنع، من مراقبة ما حصل في العشرين سنة هذه، بأن أهم سبب وراء هذا التحسين المهم هو الانفتاح والمشاركة. لقد قامت المنشآت في

---

* نشر هذا المقال في مجلة *Nuclear News*, November 2000. ترجمة هيئة التحرير - هيئة الطاقة الذرية السورية.

http://serversmiso.aecs.sy مكتب نظم المعلومات هيئة الطاقة الذرية السورية

منظر داخلي للمحطة النووية "هلام".

جميع أصقاع العالم بعمل مثير بمشاركة كل منها الأخرى في كل قضاياها ونجاحاتها، وتعلمت الكثير من هذا التبادل.

إن نجاح الصناعة النووية حتى الآن وفي المستقبل يرتكز على الوجود المتين للانفتاح والمشاركة اللذين لا يوازيهما شيء في المؤسسات الصناعية الأخرى.

الاتحاد يبلغ سن الرشد

عندما تشكل الاتحاد عام 1989 نتيجة استجابة الصناعة النووية عبر العالم لحادثة تشيرنوبل كانت مهمته مخيفة ألا وهي زيادة أمان ووثوقية تشغيل منشآت الطاقة النووية إلى الحد الأعلى، بتبادل المعلومات وبتشجيع الاتصالات والمقارنة والمنافسة بين أعضائه. وأثناء محاولة الاتحاد للوفاء بهذه المهمة وصل إلى سن الرشد.

لقد جرى تحسين وصقل برامج الاتحاد عبر السنين وبخاصة استجابتها للتقرير الداخلي الشامل الذي تم التوصل إليه عام 1997، وقد استقرت هذه البرامج تماماً. إن معظم برامج الاتحاد المهمة الآن مقبولة بشكل واسع من أعضائه.

لقد برهنت البنية التنظيمية للاتحاد، المؤلفة من أربعة مراكز إقليمية ومركز منسّق، أنها فعّالة، وأن نجاحه يعود إلى بُعد بصيرة مؤسسيه. لقد استطعنا من خلال هذه البنية الإقليمية المعقدة نسبياً – مع مركز في كل من العواصم العالمية الرئيسة الخمس ومع المجالس الحكومية الأربعة الإقليمية والمجلس الحاكم المركزي – أن نتجاوز العوائق الثقافية واللغوية. وبعبورنا إلى العقد الثاني للاتحاد، يسعدني القول بأن قدرة مراكزه الإقليمية تتحسن وتتطور باستمرار وأن التعاون بين مراكزه رائع.

بدأ الاتحاد عقده الثاني بنجاح منقطع النظير باجتماعه العام العاشر، والذي يعقد كل سنتين، في فكتوريا بكولومبيا البريطانية، في أيلول عام 1999. وقبل ثلاثة شهور تماماً صدّق المجلس الحاكم للاتحاد على مجموعة متتالية من الأهداف الطويلة المدى والتي أعطت رؤية واضحة لمستقبل الاتحاد. إن المقياس الأساسي للنجاح وللتقدم هو في استمرار التحسن في أداء الأمان والوثوقية في منشآت الطاقة النووية الأعضاء.

وبالنظر إلى المستقبل، يواجه الاتحاد في عقده الثاني العديد من التحديات، وأكثرها أهمية يشمل:

- تشجيع وإنجاز سوية أكبر من المشاركة من قبل بعض الأعضاء، وبخاصة من أجل العدد القليل جداً من الأعضاء ذوي المشاركة القليلة.
- الاستمرار في تحسين الموارد لبعض المراكز الإقليمية، وكذلك سوية الخبرة لبعض الوظائف الإقليمية.
- الاستمرار في تحسين نوعية برامجه.

مسؤولية المراقبين النظراء

لم تكن استعراضات المراقبين النظراء المتطوعين، وهي أحد برامج الاتحاد المفتاحية، جزءاً من مسؤولياته الأصلية. ولكن الاتحاد بدأ، عام 1991، بوضع خطط لسلسلة من استعراضات المراقبين الرائدة. عقد أول هذه الاستعراضات في منشأة باكس للطاقة النووية في هنغاريا عام 1992،

http://serversmiso.aecs.sy مكتب نظم المعلومات هيئة الطاقة الذرية السورية

وتبنى الأعضاء فيها بشكل رسمي استعراضات المراقبين النظراء كبرنامج من برامج الاتحاد في اجتماعه العام في طوكيو عام 1993 والذي يعقد كل سنتين.

وخلال شهر تشرين الأول عام 2000 كان 133 استعراضاً للمراقبين تواكب بشكل دقيق كل زاوية من الكرة الأرضية فقد استعرضت الأفرقة أداء المنشأة في بيلبينو في أقصى الزاوية الشمالية الشرقية من روسيا، وأداء منشأة كوبيرغ في الرأس الجنوبي من إفريقية، وكذلك منشأة إمبالس في الأرجنتين في أمريكا الجنوبية، ومنشأة رأس لبرو في ساحل برنزويك في كندا.

ومن المهم بشكل خاص أن الاتحاد كان قادراً على أن يدير استعراضات المراقبين في الهند. ففي شهر كانون الثاني من العام 2000 أدار استعراض المراقبين في منشأة الطاقة النووية ناروورا. إنه استعراض المراقبين الثاني في تلك البلاد. لم يسمح لأي هيئة حكومية بالدخول لمراقبة أداء المحطات في الهند، واستعراضات مراقبي الاتحاد هي الاستعراضات الخارجية الأولى التي قامت بهذا الأداء. إن هذه القدرة على تجاوز الحواجز السياسية ستبقى العامل المهم من أجل نجاح مستقبل الاتحاد.

ومن بين قائمة الأهداف الجديدة الطويلة المدى التي أقرها المجلس الحاكم للاتحاد هدف مفتاحي يرتبط ببرنامج استعراض المراقبين. إنه يتكفل بأعباء تأسيس برنامج دوري لاستعراضات المراقبين بحيث أن كل محطة نووية تستضيف استعراضاً خارجياً لأدائها في كل ثلاث سنوات على الأقل واستعراضاً للاتحاد في كل ست سنوات على الأقل.

تلاقي استعراضات المراقبين حالياً قبولاً واسعاً من أعضاء الاتحاد. ويقدم هذا السلوك النظامي تبريراً للتحسين المستمر في السنوات القادمة. ومن المهم حقيقةً هو أن يعرف المشغّلون في جميع أنحاء العالم أنهم مراقبون من قِبَل جماعة من خارج منشآتهم. وعندما يصبح ذلك روتيناً يبدأ موظفو المنشأة بالاعتزاز لكونهم يحضّرون لاستعراضات المراقبين، وهذا ما يرفع من مستواهم ويساعدهم على تجنب الرضا الذاتي.

ومع اقتراب عام 2000 على الانتهاء، أهمل المجلس الحاكم للاتحاد الاجتماع الخاص هذا الشهر ليتفحص الحاجة للتغيرات في برامج الاتحاد وسياساته ومتطلبات أعضائه. وسيكون هذا نظرة "مفتوحة" إلى متطلبات الصناعة العالمية من أجل المستقبل ومن أجل العقد الثاني للاتحاد. سنرحب بالانتقادات والاقتراحات، وكذلك سنأخذ بعين الاعتبار الحاجات المستقبلية لأعضاء الاتحاد وربما إمكانية الأعضاء الجدد.

استذكار الماضي

في الوقت الذي أنجز فيه المشغّلون النوويون في العالم تحسينات مهمة في الأمان النووي والوثوقية، بدأت الحقيقة المؤسفة المتعلقة بذكريات الحوادث في ثري مايل آيلند وفي تشيرنوبل، تتضاءل على مرّ الزمن.

إن ذلك نزعة طبيعية واضحة ليس فقط في الصناعة النووية بل وأيضاً في الحقول الأخرى. وكمثال بسيط على ذلك هو أنك عندما تشاهد حادث سير مؤسفاً وأنت تقود سيارتك، فإنك ستبقى حذراً بشكل خاص في الساعات القليلة التالية وحتى في الأيام أو الأسابيع اللاحقة. ولكن لن يمر وقت طويل على الحادث الذي شاهدته حتى يتضاءل من ذاكرتك. ولن تكون فعلاً حذراً ومحافظاً في قيادتك كما كنت بعد مشاهدتك للحادث بقليل.

إنني أظن بأن كل مشغّل مفاعل في العالم بعد مرور أشهر أو حتى سنوات على حادثة ثري مايل آيلند - ومن بعدها حادثة تشيرنوبل - كان حذراً جداً وشديد التدقيق في الإجراءات اللاحقة، وفي التفكير بعناية في كل عمل قام به، وفي التدقيق مع رؤسائه عندما يكون ذلك مناسباً. ولكن بمرور الوقت، من الطبيعي أن يصبح المرء أقل حذراً حفاظاً على ذلك.

لقد صنفت الصناعة النووية في العالم في زمن حادثة ثري مايل آيلند حوالي 1700 سنة مفاعل من الخبرة، وعندما وقعت حادثة تشيرنوبل صنفت الصناعة حوالي 4000 سنة مفاعل من الخبرة. وستتجاوز في بوابة عام 2001 مائة ألف سنة مفاعل.

في الحقيقة من الهام جداً أن يعلم المشتغّلون في أنحاء العالم أنهم مراقبون من قبل المراقبين النظراء من خارج منشآتهم

لم تحصل حادثة مفاعل نووي في منشأة طاقة نووية تجارية منذ حادثة تشيرنوبل، ولكن هنالك حوادث جدية في المجتمع النووي العالمي كحادثة JCO توكايمورا في اليابان، ومع أن هذا الحادث لم يكن حادث مفاعل نووي، إلا أنه حادثة في مجتمعنا العالمي تستحق اهتمامنا، ويجب أن تذكرنا بأننا دائماً سريعو التأثر بالخطأ الإنساني الخطير.

التحدي المنافسة

عندما آخذ بعين الاعتبار الجو العام الحالي، فإنني - والكثير من زملائي في الاتحاد - قلقٌ حول تأثير المنافسة على الطريقة التي يفكر بها العاملون في المنشأة النووية، وحول كيفية تصرفهم تحت الضغط.

بنمو المنافسة وانتشارها عملياً في كل بلد عضوٍ في الاتحاد، يصبح الضغط على المشغّلين الذين عليهم إبقاء منشآتهم في حالة التشغيل شديداً. وبالتالي فإن الخطر من اتخاذ قرار أو سلسلة من القرارات غير الحذرة أو الواقعية يمثل أحد التحديات الكبرى للسلامة في منشآت الطاقة الخاصة بنا. إن المنافسة والضغط الواقع على المشغّلين كان بالتأكيد سبباً في حادثة JCO توكايمورا الذي ذكرناها آنفاً.

ومع بدء العقد الثاني للاتحاد ووصول المنافسة والضغوط الأخرى لزيادة الناتج عملياً إلى جميع أعضائنا، وضعنا مقداراً كبيراً من التأكيد على مقاومة التأثيرات الفعّالة لمثل هذه الضغوط على حد السلامة النووية. وقد أكدنا كثيراً في الاجتماع العام العاشر وما تلاه من أعوام، على ضمان أن رسالة السلامة "من الأعلى" لكل هيئة عضو صحيحة. إن الهدف من ذلك هو أن يعتقد كل مشغّل في كل منشأة طاقة أنّ السلامة هي الأولوية

http://serversmiso.aecs.sy مكتب نظم المعلومات هيئة الطاقة الذرية السورية

الأولى في شركته. وإلاّ فإننا لن نقهر الإغراءات في اتباع طرق مختصرة تحت ضغوط الكلفة والمنافسة.

أخيراً، المستقبل النووي

وماذا يعني ذلك للمستقبل؟ إن أداء منشآت الطاقة النووية حول العالم في حده الأقصى. ويثبت الازدياد الثابت في عدة مبيعات نووية في الولايات المتحدة خلال السنتين الماضيتين بوضوح أن الطاقة النووية تستطيع المنافسة في سوق فوضوي. من الواضح أن موارد الغاز الطبيعي محدودة، والدليل يزداد باطراد حيث أن تغير المناخ العالمي شيء واقع.

إن تقارب هذه الاتجاهات يُعبِّد الطريق أمام تجديد الاهتمام في الطاقة النووية وفوائدها البيئية المتأصلة. لقد تحسنت الرقابة البيئية المنظمة كثيراً في الولايات المتحدة في السنوات الأخيرة. وتتواصل إطالة عمر المنشآت النووية في الولايات المتحدة بشكل منتظم وفي الوقت المناسب.

وبالتالي متى سيبدأ بناء منشآت جديدة في الولايات المتحدة أو في أوربا الغربية؟ سأجيب على هذا السؤال بثلاثة أقسام. وستكون الإجابة على القسم الأول، مثل معظم القراء، مجرد تخمين أو تنبؤ شخصي، ولكن الإجابة على القسمين الثاني والثالث ستكون مؤكدة:

1 - (تخمين) سيبدأ بناء منشآت التوليد الكهربائي في الولايات المتحدة أو أوربا الغربية قبل نهاية هذا العقد.

2 - (جزم) سيبدأ بناء منشآت نووية جديدة في الولايات المتحدة أو/ وأوربا الغربية في زمن أبعد بكثير من إجازتها أو ترخيصها من قِبل المؤسسات البيئية أو من قِبل مؤسسات الاحترار الأرضي. وأبعد بكثير من إجازتها أو ترخيصها من حيث الحاجة إلى إبقاء الغاز الطبيعي والبترول من أجل استعمالات أكثر حساسية للأجيال القادمة.

3 - (حقيقة) ولكي يكون للطاقة النووية مستقبل، فإن على المنشآت النووية في جميع أرجاء العالم أن تستمر في إبقاء سجل السلامة ممتازاً.■

☆ ★ ☆

هيئة الطاقة الذرية السورية مكتب نظم المعلومات http://serversmiso.aecs.sy

قضايا ستؤثر على الطاقة النووية في القرن المقبل*

سيغدو ممكناً من خلال الاطلاع على الماضي تحقيق فهم أفضل للطاقة النووية بحالتها الراهنة

كارل ب. كوين

متقاعد، وعضو في الأكاديمية الوطنية للهندسة حالياً. عمل كعالم رئيس في مجموعة GE للطاقة النووية، كما كان في الماضي (1968 - 1969) رئيساً للجمعية النووية الأمريكية

من المفيد لنا، قبل النظر إلى القرن المقبل، أن نتطلع إلى الوراء ونأخذ بالحسبان الوضع الذي تنامت إليه حالتنا الراهنة غير الواعدة. ففي أيار من عام 1940، جُنِّدت للعمل على فصل نظير اليورانيوم بهدف مساعدة الولايات المتحدة على تجنب ضرورة غزو أوربة وذلك بصنع القنبلة الذرّية لاستخدامها ضد ألمانيا النازية؛ وقد تركت ماشُمِّي بمشروع مانهاتان Manhattan project في أيار 1944 عندما أصبح جلياً أن هذا الهدف لن يتحقق. وكان لدي الأمل، حينئذ، أن تُعوِّض الاستخدامات المفيدة للطاقة الذرّية عن الفشل المذكور آنفاً.

لكن التاريخ لم يتطور بالاتجاه الذي أملت فيه، إذ بقيت الاستخدامات العسكرية للطاقة النووية أفضلية أولى بالنسبة لحكومتنا وللعالم أجمع. وفي البداية، وبعد أول استخدام للقنبلة الذرّية، طغت موجة حماس على الجمهور من أجل استخدام الطاقة الذرّية؛ لكن موجة الحماس هذه استبدلت بالخوف عندما تبين أن الأسلحة الذرّية ماكانت احتكاراً أمريكياً فقط. واستمر، بعد ذلك، تطوير الأسلحة النووية، لكن معارضة الجمهور بدأت تُسمع وتظهر إلى حيز الوجود.

وإلى حين صدور قانون الطاقة الذرّية في عام 1954، كان قد انقضى عقد من الزمان قبل التشجيع على الامتلاك والتطوير المدني للمفاعلات النووية كجزء من برنامج "أيزنهاور للذرّة من أجل السلام" والذي وُضع على أساس منح دول العالم المعلومات اللازمة لتطوير الطاقة النووية مقابل وعد منها بعدم تطوير أسلحة نووية. هذا، ولم يُقبل على الإطلاق هذا البرنامج بشكل إجماعي في الولايات المتحدة، كما لم يرض مطلقاً دعاة السلم والاشتراكية والقوى المضادة للصناعة الذين لم يصمتوا على الإطلاق بل كانوا دوماً تواقين لأن ينقلوا إلى القوى المدنية (دون أن يبدوا بمظهر اللاوطنية) مخاوفهم وكراهيتهم للأسلحة النووية.

وبينما سعى برنامج الذرّة من أجل السلام إلى فصل تقانة الأسلحة عن إنتاج الطاقة، سعت المعارضة السياسية إلى ربطهما معاً. بعد ذلك كان لدينا تصرف الحكومة الأمريكية الملفت للنظر، فبعد أن ضمنت التخلي الطوعي عن الأسلحة من خلال التبشير بفوائد الطاقة النووية عادت فغيرت موقفها وأثنت الآخرين عن استخدامها.

وكلمة الانتشار "Proliferation" المرعبة، والتي أضحت حقيقة واقعة بالنسبة للقنابل الهدروجينية، طُبِّقت على التصنيع الافتراضي لقنبلة ذات سوية منخفضة عن طريق تحويل البلوتونيوم المستعاد من وقود مستنفد لمفاعل توليد الطاقة. واستناداً إلى سلسلة من التجارب السرية، أجريت أثناء فترة إدارة الرئيس كندي ونُفِّذت في منشأة لوس ألاموس Los Alamos النووية ولم يحدث مطلقاً أن جرى توصيفها بالكامل، جرى إخبارنا أنه "يمكن لدولة ما أو لمجموعة متطرفة لديها إمكانية تسريب تقانة الأسلحة النووية أن تتمكن، عن طريق استخدامها لتقانات وتصاميم ليست أكثر تعقيداً من تلك التي استُخدمت لإنتاج الجيل الأول من الأسلحة النووية، من تصنيع سلاح نووي من البلوتونيوم الناجم عن مفاعلات ذات مردود مؤكد وموثوق لايزيد عن 1000 طن أو عدد قليل من آلاف الأطنان..". وتعتقد حكومتنا الديمقراطية، سواء الحالية أو السابقة، أن حدوث هذا الاحتمال يشكل مستوىً من الخطورة يقتضي منع إعادة معالجة الوقود المستنفد. (وهذا ما يجعل المعاهدة الدولية الحديثة القاضية بتزويد كورية الشمالية باثنين من مفاعلات الماء الخفيف مقابل تخليها عن برنامج إنتاجها للبلوتونيوم القابل لتصنيع الأسلحة أمراً لايمكن فهمه تماماً).

نشأ جزء من الاعتقاد في أن يكون بلوتونيوم الوقود المستنفد خياراً محتملاً للمجموعات المتطرفة والدول "الحمراء" نتيجة اختيار الولايات المتحدة، في فترة ما بعد الحرب، لطريقة "الانتشار الحاجزي barrier diffusion" كطريقة لفصل النظائر. وتتطلب هذه الطريقة الفظّة آلاف المراحل لإغناء اليورانيوم الطبيعي وتحويله إلى 95% يورانيوم-235 (^{235}U)، وهي لذلك تتطلب مصنعاً ضخماً مزوداً بقدر هائل من الطاقة الأمر الذي يصعب معه الإفلات من كشفه أوجعله متاحاً للمجموعات المتطرفة. ولسنوات عديدة، كان الاعتقاد سائداً بأن الطريقة المذكورة آنفاً هي الأفضل من أجل الإنتاج على نطاق واسع. وإنَّ إعلان الروس في أيلول عام 1989 أنهم نبذوا طريقة الفصل النظيري بالانتشار وتحولوا إلى تقانة الإغناء بالنبذ وأنهم بذلك توصلوا إلى استطاعة قدرها 10 مليون SWU في السنة، إضافة إلى أن تبني كل من بريطانيا العظمى وهولندة وألمانية واليابان لتقانة النبذ، بيَّن أن طريقة الانتشار أضحت قديمة وبالية. ورغم الاعتقاد السائد بأن الفصل النظيري مجهد إلى أبعد الحدود إلا أنه لايزال يُمارس في هذا البلد.

لم يسبق أن حدث تحويل للوقود المستنفد، الذي يعد صعب التداول ويمكن تتبعه بسهولة. كذلك لم يسبق أن حدث فَقْد في كميات البلوتونيوم المستعاد. فمع وجود احتمال واضح للرد بأسلحة من فئة 100 كيلو طن (كقدرة تفجيرية)... لماذا ستلجأ دولة حمراء إلى استخدام سلاح غير مختبر لاتتعدى قدرته التفجيرية بضعة آلاف الأطنان، وبخاصة عندما تتوفر لها إمكانية الحصول على آلاف الأسلحة الرديفة، من فئة 100 كيلو طن، القابعة في مقابرها؟ أو، في حال عدم فلاح عملية الإفساد، لماذا لايُختار كبديل تصنيع سلاح يورانيوم - 235 من فئة 20 كيلو طن سهل التفجير؟ كيف ستتمكن منظمة إرهابية من تهريب نبيطة مصنَّعة من البلوتونيوم القذر (المستعاد) عالية النشاط الإشعاعي ويمكن كشفها بسهولة؟ هذه الفورة الحالية للجهود من أجل استنباط وقود محتوٍ على الثوريوم "غير قابل للتهريب أو الانتشار"، إلى جانب الفكرة الأساسية التي

---

* نشر هذا المقال في مجلة *Nuclear News*, November 2000. ترجمة هيئة التحرير - هيئة الطاقة الذرّية السورية.

http://serversmiso.aecs.sy مكتب نظم المعلومات هيئة الطاقة الذرية السورية

يرددها النشطاء ضد الاستخدامات النووية، ستتيح فرصة ظهور خطر أعظم يتجلى بتحويل وقود U – 235 عالي الإغناء "غير النشط إشعاعياً" لمزيد من الإغناء.

يمكن حصر عواقب عدم إعادة معالجة الوقود المستنفد للمفاعل في ناحيتين: الحالة الأولى، وهي الأكثر جدية، تتجلى في تقليل مقدار الطاقة المتاحة من اليورانيوم الطبيعي بمعامل قدره 50 تقريباً؛ وهكذا تصبح موارد اليورانيوم مستنفدة خلال مئة أو مئتي عام ولن تتمكن طاقة الانشطار من حل مشكلة الاحتياجات الطاقية للعالم على المدى الطويل. ومهما يكن من أمر، فإننا نستطيع الاستغناء عنها.

أما العقبة الثانية فتكمن في الحاجة لأن يكون التخلص من الوقود المستنفد إجراءً مضموناً ويمكن التحقق منه لفترة قد تزيد على 10 000 سنة - وهي فترة يعتبرها إخوتنا الأكثر ورعاً بداية خلق العالم؛ ويُعدّ هذا في جوهره أمراً لايصدق ويتسبب في نشوء جدل مقنع ضد الطاقة النووية.

من ناحية أخرى، يمكن عن طريق إعادة المعالجة فصل العناصر الثقيلة الطويلة العمر عن نواتج الانشطار القصيرة العمر وإعادة استخدامها. وهكذا يغدو بالإمكان تخزين نواتج الانشطار - التي تتألف في معظمها من نظائر لعناصر قصيرة العمر - لفترة زمنية محدودة في حدود 200 سنة. ومهما نشأ من تفاصيل لاتتفق مع ماسبق ذكره، فإنه بالإمكان أن تُعالج فئات العناصر المزعجة بشكل منفصل إذا ماحاولنا ذلك بالفعل. (لم يحدث، خلال العقود القليلة الماضية، أن جرت معالجة تجارية للوقود في الولايات المتحدة، بل اقتصر الأمر فقط على عمليات ضخمة لإعادة معالجة اليورانيوم المحترق جزئياً low burnup U بهدف إنتاج الأسلحة؛ وبالطبع، لايمكن اعتبار هذا الأمر تسرباً أو انتشاراً). ومن خلال حماسها لحل المشكلة الفورية للوقود المستنفد الناتج لدى مرافق النفع العام، وضعت

برنامج أيزنهاور للذرّة من أجل السلام... لم يقبل عموماً في الولايات المتحدة

الجمعية النووية نفسها في موقف من يحاول إثبات مالايمكن إثباته، الأمر الذي أدى عرضياً إلى قتل مستقبل الأمد الطويل للصناعة النووية.

توقعات في القرن الواحد والعشرين

في آخر نبوءة لي بشأن تطبيق الطاقة النووية، نُشرت عام 1983 في مجلة: Resourceful Earth تحت عنوان: "استجابة لعام 2000 العالمي، والتي أشرف على تحريرها كل من الراحلين جوليان سايمون وهرمن كاهن، أفدت بأن الإنتاج الصافي للكهرباء في عام 1999 سيبلغ 110 GWe (أو 98 GWe كإنتاج حقيقي) في الولايات المتحدة، و 100 GWe (أو 50 GWe كإنتاج حقيقي) في العالم الشيوعي، وما مجموعه 500 GWe (أو 350 GWe كإنتاج حقيقي) في العالم أجمع. وقد كانت نبوءتي في ذلك الوقت متشائمة (فعلى سبيل المثال، قدّرت منظمة التعاون الاقتصادي والتنمية OECD 1982 إنتاج الكهرباء لعام 2000 في الولايات المتحدة بمقدار 151 GWe... لكن ذلك كان قبل حادثة تشرنوبل.

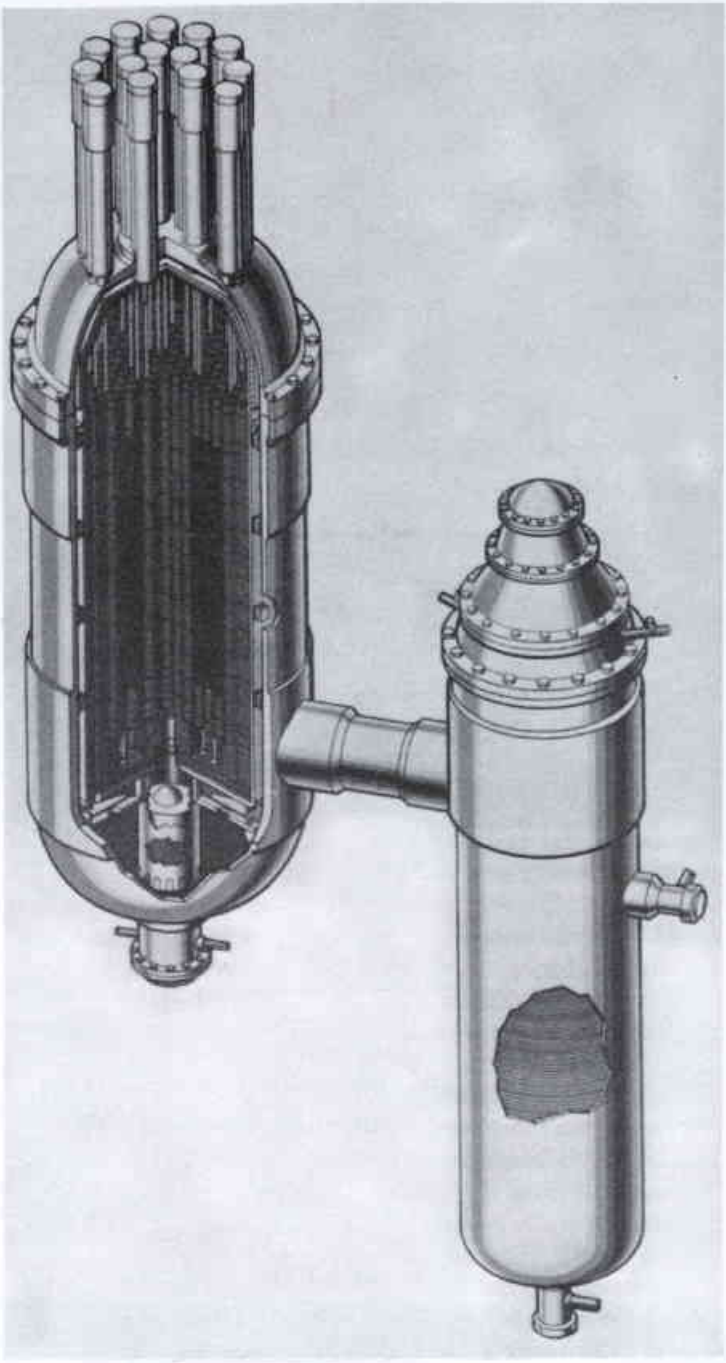
إننا ندخل القرن الحادي والعشرين ونحن نواجه تصميم حكومتنا على دفن طاقة الانشطار. (يغدو هذا التوجه جلياً عند مقارنة الميزانيات الفدرالية لتطوير المفاعلات بتلك المخصصة لجبل يوكا Yucca Mountain أو لطاقة الاندماج). أما مختلف البلدان الأوربية، فهي أكثر انفتاحاً بهذا الشأن حيث تعمل، بتحريض من جماعات الخضر، على سن القوانين التي تنظم استبعاد محطات الطاقة النووية من الخدمة. وعلى أية حال، ازداد في فترة العشر سنوات، مابين عامي 1988 و 1998، استهلاك الكهرباء في الولايات المتحدة بمعدل 29% في حين تنامت استطاعة التوليد بمعدل يقل عن 1%. وبالفعل، حدث خلال الصيف الماضي عجز في الطاقة الكهربائية؛ لذلك، كان متوقعاً أن يُسمح بتشغيل المحطات النووية القائمة إلى حين انتهاء الآجال المحددة في تراخيصها. لكن المعارضة الصريحة، إضافة إلى التنظيمات الخانقة - التي تجعل تشييد هذه المحطات إجراءً مديداً ومكلفاً يؤدي إلى تضخيم نفقات التشغيل بالقدر الذي يكفي لموازنة الانخفاض في تكلفة الوقود النووي - ستفرض الواقع بأن يكون التوسع المستقبلي في الاستطاعة الكهربائية لانووياً. وبعد تقديم انحناءات الإجلال والاحترام لكل من الطاقة المتجددة، والطاقة الخضراء، و.. ألخ، فإن الموجة المقبلة للاستطاعة الكهربائية ستكون في أساسها معتمدة على العنفات الغازية العالية الكفاءة ذات الدورة المشتركة.

لقد أضحى الوقت مناسباً كي تُناقش تعقيدات الرأي العام في الولايات المتحدة. فجميع وسائل الإعلام تتخذ موقفاً عدائياً تجاه الطاقة النووية، ولاشيء يفوق معاداتها سوى جهلها وغباؤها. ومن الغريب حقاً أن يكون الاستخدام العسكري للتقانة النووية أمراً مقبولاً ومستحسناً؛ إذ يعتبر بحكم المقبول تجهيز حاملات الطائرات والغوّاصات بوحدات دفع نووية. وبينما يلقى الاتفاق العالمي على نبذ تجارب الأسلحة النووية رضىً عميقاً من الأوساط المدافعة عن البيئة، لاتوجد أية أصوات تعارض خداعنا لهذا الحظر بتخصيص 4.5 بليون دولار سنوياً من أجل برنامج المحاكاة الحاسوبية وإيجاد منشأة وطنية للإشعال National Ignition Facility.وقد أصبح تقسيم العالم إلى من يمتلك أسلحة نووية ومن لايمتلكها أمراً طبيعياً وسائداً وغير عرضة للمساءلة من قبل منابر الوُعّاظ أو بنات أفكارنا.

إن الالتباس أو الغموض الذي يعتري رأي جمهورنا يمكن إيضاحه بمثالين إضافيين. فبتاريخ 26 نيسان من عام 2000، أعلنت MSNBC نتائج مسح لرأي القراء في استخدام الطاقة النووية يعتمد في أساسه على 15133 استجابة. وقد بيّنت نتائج هذا المسح أن 77% من هذه الاستجابات أقرّت بأن الطاقة النووية آمنة؛ في حين ارتأت 83% ضرورة الترخيص والموافقة على إنشاء محطات نووية جديدة؛ وأفاد 71% بأنها تقبل العيش في مجتمع سكاني لديه محطة لتوليد الطاقة النووية. أما المثال الثاني، فيتجلى في نشرة مطبوعة وزعتها التعاونية التي أتعامل معها وصادرة عن "مركز مردود الطاقة والتقانات المتجددة والخضر العالمي في الولايات المتحدة"، والتي فيها يُصنّفون، كمصدر طاقة خضراء، كلاً من: طاقة الرياح، والطاقة الشمسية، والطاقة الكهرمائية الصغيرة المستوى، والطاقة الحرارية الأرضية، وطاقة الكتلة الحيوية. أما الطاقة النووية، فتصنف ضمن قائمة مايدعى بالطاقات القذرة قائلين بأن: " محطات الطاقة النووية تحمل في طياتها خطر حدوث إخفاقات مفجعة وتُولّد نفايات مشعّة ينبغي تخزينها لفترة تستغرق آلاف السنين."

ولدى الكثير من المحترفين النوويين وهم أو تصوّر خادع بأن الاحترار العالمي سيجعل أنصار البيئة يفضّلون استخدام الطاقة النووية؛ وقد يكون محتملاً حدوث ذلك في النصف الثاني من القرن الحادي والعشرين إذا

هيئة الطاقة الذرية السورية مكتب نظم المعلومات http://serversmiso.aecs.sy



منظومة نووية للتغذية بالبخار.

ارتفعت سوية المحيطات بمقدار 50 سنتمتراً..، لكن ذلك لن يحدث في وقت قريب. وهناك خلاف فلسفي عميق بين المهندسين وأولئك المهووسين بحب الطبيعة؛ ولن تلجأ حركة مناصري البيئة إلى استخدام الطاقة النووية إلاّبعد أن يستنفدوا كل بديل آخر من بدائل الطاقة.

ومع عدم إمكانية تحقيق ارتياح عظيم في انقسام الرأي المذكور أعلاه، تستطيع بضع منظمات لاحكومية نشطة - كاتحاد العلماء ذوي الاهتمام و جماعة الخضر للسلام، ونادي سييرا Sierra CLub.. ألخ، - أن تعرقل بشكل لا محدود بناء المحطات النووية. ولاتنفرد الطاقة النووية في وجود مناوئين لها ممن يستخدمون التفسيرات المهيبة للقانون لتحقيق أغراضهم، بل هناك العديد من الأنشطة الأخرى - كالنواتج المهندسة وراثياً، وأبحاث الخلية الجذعية، وحارقات النفايات، والطرقات، وآبار النفط البعيدة عن الشاطىء، وخطوط الطاقة الكهربائية، وقطع الأشجار - والتي تشترك جميعاً في مواجهة المشاكل التي نعاني منها.

ويوحي الأمر أن المستقبل القريب للطاقة النووية يقبع في مجتمعات، كالصين مثلاً، حيث توجد إمكانية إخضاع الرأي العام أو تجاهله. هذا، ولا يمكن أن تُنجز مشاريع، مثل مشروع سد الجورجات الثلاث "Three Gorges Dam"، في ظل القوانين السائدة في الولايات المتحدة؛ وبالفعل، ترى أن معظم المحطات النووية قيد البناء حالياً تتركز في الشرق الأقصى.

وبموجب مسارنا الحالي، فإن التوجه المحتمل لمستقبل الطاقة النووية في نصف الكرة الغربي سيكون نحو اضمحلال بطيء ومستمر، مع آمال ليست واضحة بحدوث انتعاش لاحق في حال انهيار الوسط البيئي وفشل جميع الإجراءات العلاجية الأخرى.

البعث الجديد للطاقة النووية

لابد لبرنامج إحياء الطاقة النووية من أن يتضمن مايلي:

1 - ينبغي إنقاص مخزون الأسلحة النووية لدى القوى العظمى من بضعة آلاف إلى بضع مئات. ويجب تثقيف الجمهور بشأن وجود فرق رئيس مابين البلوتونيوم ذي النوعية المعدَّة لتصنيع الأسلحة النووية وبين ذلك القابل للاستخدام في صناعة الأسلحة. كذلك ينبغي إنقاص فعالية المخزون الحالي لكل من البلوتونيوم ذي النوعية المعدَّة لتصنيع الأسلحة النووية واليورانيوم - 235 وذلك باستخدامها في مفاعلات توليد الطاقة؛ والمفاعلات الحرارية أو مفاعلات الطيف السريع هي التي تصلح لهذا الغرض. هذا ولابد أن تُخترق الأسطورة القائلة بأنه يجب على المفاعلات السريعة أن تكون ولودة، وأن تكون، عندئذ، مفاعلات سريعة ولودة.

2 - لابد من إعادة النظر في تحديد وظيفة جبل يوكا كمخزن مؤقت (أي لفترة 200 سنة). ولابد من تخفيف الازدحام عند مواقع المنشآت (النووية).

3 - لابد من العودة إلى أبحاث إعادة المعالجة وذلك من أجل استخدام كامل لطاقة اليورانيوم ولتحقيق حد أدنى من الدفن للعناصر الثقيلة ذات أعمار النصف الطويلة.

4 - ينبغي إعادة النظر في معايير الإشعاع وتحويلها من معايير محافظة إلى معايير عقلانية منطقية؛ كما ينبغي تحسين الإدراك الجماهيري للإشعاع باستخدام التجهيزات والأدوات الحديثة المطوَّرة، وقد يتحقق ذلك بواسطة التقانة النانوية. كذلك، لابد من دعم أبحاث البيولوجيا الجزيئية في مجال الرض الإشعاعي radiation trauma.■

http://serversmiso.aecs.sy مكتب نظم المعلومات هيئة الطاقة الذرية السورية

بعض الشروط الضرورية لانبعاث الطاقة النووية*

بعض الشروط تكون ضرورية، ولكنها ليست كافية وحدها، من أجل البقاء النووي

أ. واينبرغ

زميل متميز في جامعات أوك ريدج. كان مدير بحوث ثم مديراً للمختبر الوطني في أوك ريدج من عام 1948 وحتى عام 1973. وهو رئيس سابق للجمعية النووية الأمريكية (1959 - 1960)

لقد جعل صديقي المحترم كارل كوهين K. Cohen عملي أسهل بكثير مما قدّرت أنه سيكون. فلا يوجد شيء ناقص في مقالته الممتازة إلى درجة أن خبيراً متمرساً مثل ألفن واينبرغ A. Weinberg يستطيع أن يقول عنه شيئاً أفضل. وعوضاً عن ذلك سأقوم بتحديد ومناقشة عددٍ من الشروط التي أعتبرها ضرورية من أجل بزوغ الحقبة النووية الثانية من رماد الحقبة النووية الأولى. وهذه الشروط هي:

1 - أخذ تخفيض غاز CO_2 بشكل جدّي تماماً.

2 - ثبوت أن المفاعلات النووية ستكون خالدة.

3 - قبول التأثيرات البيولوجية للإشعاع المنخفض السوية باعتبارها عبوراً علمياً أو حتى بشكل أفضل هو أن العقبول أو الداء، الثانوي المفترض، كالسرطان الناجم عن الإشعاع المنخفض السوية، سيصبح قابلاً للشفاء.

4 - نتعلم كيف نوسع باستمرار عرف عدم استخدام الأسلحة النووية.

لاحظ أنني أشرت إلى هذه الشروط كضرورة ولكنها غير كافية لضمان حقبة نووية ثانية في الغرب الديمقراطي.

أخذ تخفيض غاز CO_2 على محمل الجدّ

طُلب مني في اجتماع المجلس الاستشاري لـ Eagle Alliance الذي تولّى رئاسته الفقيد غلين سيبورغ G. Seaborg منذ عامين تحضير مقولة تختصر مدى أهمية ما تقوم به الطاقة النووية من تخفيض حمولة بيئة المحيط من CO_2. ومنذ ذلك الحين، ظهر تخفيض CO_2 كمبررٍ رئيس من أجل الطاقة النووية. وكما نتجه نحن النوويين لمناقشة ذلك في الوقت الحاضر، فإن معارضينا يجادلون بأن الطاقة النووية غير قادرة، وحتى من حيث المبدأ، أن تحلّ مشكلة CO_2. إن معارضي الطاقة النووية في حيص بيص. إنهم يكرهون الطاقة النووية ولكنهم أيضاً لا يحبون CO_2. ويبدو أن كثيراً منهم يكرهون الطاقة النووية أكثر من كرههم لـ CO_2، ولذلك فإنهم يقللون من دور الطاقة النووية كبديل تقاني لـ CO_2.

لقد حثثت زميلي السابق ألفرد بيرّي A. Perry لمساعدتي في الإجابة عن سؤال تخفيض CO_2، وتوصلنا إلى النتيجة المدهشة التالية، التي جرى تقديمها أمام اجتماع الجمعية الفلسفية الأمريكية. قدّر بيرّي كمية CO_2 الكلية، التي سيتم تجنبها نتيجة نشر النظم النووية بدلاً من محطات الوقود الأحفوري، لكل مليون طن من اليورانيوم المستخدم في المفاعلات. يعتمد هذا المقدار على النسبة المئوية E_f من اليورانيوم المستخرج والمنشطر فعلاً في المفاعلات، كما هو موضح في الجدول التالي:

التخفيض في إصدارات ثنائي أكسيد الكربون CO_2 من خلال حرق 10^6 طن من اليورانيوم كتابع لـ E_f، النسبة المئوية لليورانيوم المنشطر في النظم النووية.

كفاءة الاستعمال (E_f %)	الارتفاع المتجنّب لـ CO_2 (جزء بالمليون) بكل 10^6 طن من اليورانيوم
100	256
70	179
1.5	3.8
0.5	1.3

تملك المنظومة الولودة الكاملة كفاءة E_f تبلغ حوالي 70 بالمئة. وتملك منظومة مفاعل الماء الخفيف، بدون إعادة تدوير، بصورة نموذجية، كفاءة تقدّر بـ 0.5 بالمئة. وللمقارنة، يحوي الجو الآن 370 جزءاً بالمليون من CO_2.

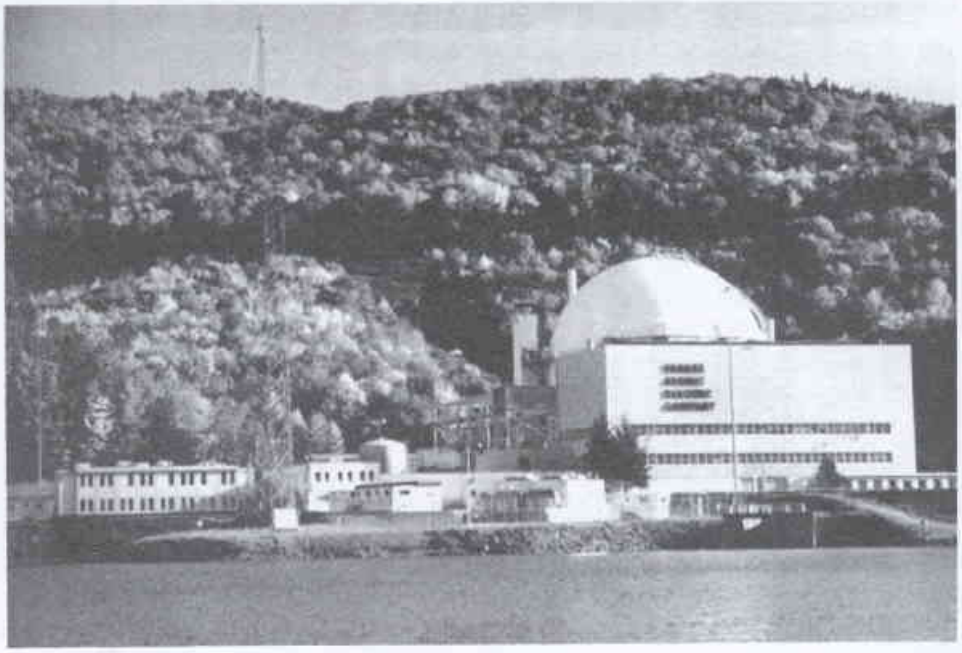
نستنتج أنه حتى ولو كان مقدار اليورانيوم 30×10^6 طن، فإن الطاقة النووية من مفاعلات الماء الخفيف، حيث تبلغ E_f 0.5 في المئة، سوف تحلّ بصعوبة مشكلة CO_2 على المدى الطويل - توفر بشكل إجمالي 38 جزءاً بالمليون. وأما في المنظومة الولودة حيث تبلغ E_f 70 في المئة، فيكون الوفر حوالي 5300 جزء بالمليون - حوالي 150 مرّة مما نرغب توفيره من إيجاد 30×10^6 طن من اليورانيوم وحرقه في مفاعلات تساوي فيها E_f القيمة 0.5 بالمئة.

استنتاجنا هو أن الطاقة النووية المستندة على مفاعلات الماء الخفيف يمكن أن تساعد في تخفيض CO_2 ولكن ليس لمدة طويلة إلاّ إذا كان مصدر اليورانيوم أكبر بكثير من المقدّر عادةً وهو 30×10^6 طن. ولكي

---

* نشر هذا المقال في مجلة *Nuclear News*, November 2000. ترجمة هيئة التحرير - هيئة الطاقة الذرّية السورية.

http://serversmiso.aecs.sy مكتب نظم المعلومات هيئة الطاقة الذرية السورية



المفاعل PWR ذو الاستطاعة 167MW(e) لشركة يانكه للكهرباء الذرية في روفه - ماساشوستس - الذي ينتج الطاقة على مدى 30 سنة.

تكون الطاقة النووية حقيقة جزءاً من الحل الطويل الأمد لـ CO_2 يجب علينا أن نتحول إلى المفاعلات الولودة، أو أن نجد يورانيوم قابلاً للاستخلاص أكثر بكثير. وبتعبير آخر يتطلب حل مشكلة CO_2 على المدى الطويل التحول إلى المفاعلات الولودة أو إلى اكتشاف يورانيوم أكثر بكثير.

عندما التحقت بمشروع مانهاتن عام 1941، كنا نناقش في ذلك الحين توسيع وتطوير المفاعلات الولودة لسبب بسيط وهو عدم تقديرنا الواضح لكمية اليورانيوم المستخلص (أقل من 10 .000 طن). نجد اليوم تبريراً مختلفاً للتقدم بالمفاعلات الولودة - هو CO_2. وأما في المدى القصير، فإن المفاعلات الحالية تساعد في تجنب كميات كبيرة من CO_2، ولكن إذا أردنا البحث عن حل دائم لـ CO_2 من الطاقة النووية فعلينا إما أن نجد كميات أكبر من اليورانيوم وإما أن نوسع وننشر المفاعلات الولودة.

التحول إلى المفاعلات النووية المستديمة

كتبت عام 1985 بحثاً بعنوان "نظم الطاقة الخالدة والعدالة بين الأجيال" (مجلة Energy Policy) ناقشت فيه أن تكاليف رأس المال (دولار/ كيلو واط) للنظم النووية ستوفى أخيراً إذا ما اشتغلت منشآت الطاقة النووية زمناً أطول بكثير مما صُمِّم لها أو مما قُدِّر لها من زمن لاستهلاكها. لم يُقدَّر لهذا الحدس أن يتحقق حتى الآن، أي بعد حوالي ما يقارب الأربعين عاماً من بدء عمل الدفعة الأولى من مفاعلات الطاقة. يبدو أن الاندماج الاستثنائي لمشغلي المفاعلات الأمريكيين الآملين في الإفادة من أسعار الشراء المنخفضة للمفاعلات النووية القديمة يسير في هذا الاتجاه.

وفيما لو بقيت هذه المفاعلات تعمل لثلاثين أو أربعين سنة، فإن سعر الكهرباء سيتعدل وسيكون على مدى الحياة الكلية للمفاعلات منخفضاً إلى حد كبير، وهذا سيقدم حقبة من الطاقة النووية المنخفضة السعر أكثر من أي تقانة حالية معينة. وبالطبع، فإن مثل هذه الاستراتيجية، بالاستفادة من الزمن للقضاء على أسعار التكاليف، لَشيءٌ عادي ومعروف في كل نظم الطاقة العالية تكاليف رأس المال. فمثلاً لا يزال سد أسوان القديم الذي بني في مصر منذ حوالي 90 عاماً يعطي حوالي 200 MWe. وقد تم تسديد ديون هذا السد فيما مضى، ولم تعد تكاليف الإنتاج تُحمِّل التكلفة العالية لرأسمال السد. ويمكن أن يحدث الشيء نفسه مع المفاعلات بالرغم من أن إثبات هذه النقطة سابق لأوانه.

التأثيرات البيولوجية للجرعة المنخفضة

يجري حالياً نقاش مفعم بالحياة حول صحة افتراض اللاعتبة الخطي (LNT). فمنذ عشرين عاماً اقترح الفقيد الدكتور هوارد أدلير H. Adler أنه نظراً لصعوبة تقرير صحة الـ LNT على أساس علمي دقيق (وهذا سؤال عبور علمي) فإن من الواجب جعل المعايير المنظِّمة ترتبط مع الخلفية الطبيعية. اقترح في الحقيقة معيار التعرّض السنوي القائم على الانحراف المعياري للخلفية الطبيعية. فمن أجل التعرّضات التي هي دون هذا المعيار، فإن الجواب على السؤال "ما هو الخطر المتسبب من مثل هذا التعرّض الخفيف؟" هو أننا لا نعرف، ولكنه سيكون بسيطاً بالمقارنة مع الخلفية الطبيعية. لقد اقتُرح شيء من هذا القبيل في بداية 1960 (الجرعة الإشعاعية الجسدية من أجل السكان عامة، تقرير الجمعية الخاصة للمجلس الوطني عن الحماية من الإشعاع والقياسات، مجلة Science لعامي 1959 و1960) ولكن لم يجرِ دمجه مع وضع معايير الإشعاع.

عدم استخدام الأسلحة النووية

من المحتمل أن يعتمد القبول النهائي للطاقة النووية على الحفاظ على الأسلحة النووية التقليدية القديمة غير المستعملة التي مضى عليها خمسة وخمسون عاماً. هل سيستمر الوضع الحالي الذي يبلغ حد الردع بسبب الخوف من أعمال الدمار المؤكد المتبادل؟ أعتقد أن التحدي الهجومي الصريح بوجود عدة آلاف من الأسلحة التي يواجه بعضها بعضها الآخر، هشٌّ إلى حد لا يشكل حالة مستقرة أو ثابتة بصورة نهائية. ولا أعتقد أيضاً أن التحدي الهجومي الصريح حتى بعدة مئات قليلة من الأسلحة سيكون ثابتاً بشكل دائم.

http://serversmiso.aecs.sy مكتب نظم المعلومات هيئة الطاقة الذرية السورية

وماذا عن إبطال الأسلحة النووية نهائياً؟ لا يمكن أن أصدق أن هذا سيكون وضعاً عملياً حيث أن معرفة كيفية بناء أسلحة نووية ستدوم وستلازم أفكار الإنسانية إلى الأبد. ربما أتخيل تماماً أنه سيكون في المستقبل مئة سلاح نووي هجومي في كل جانب، ولكن ذلك سيكون مسنوداً بنظم دفاع منتشرة في كل جانب، وحتى ربما بصورة متعاونة كما اقترح الرئيس ريغان Reagan.

ومنذ ما يقرب من الخمسة عشر عاماً اقترحت وجاك باركينبس J.Barkenbus طريقة للوصول إلى مثل هذه الحالة والتي أطلقنا عليها اسم التدرج التنازلي الدفاعي المحمي Defense Protected Build-Down. في هذا المخطط يجب أن يُدفع عند نشر كل صاروخ دفاعي ثمن يتمثل بسحب عدد معين من الأسلحة النووية الهجومية. ويجب التفاوض على "سعر التعويض" هذا. اقترح آدم ستانسفيلد تيرنر A. S. Turner أننا نستطيع البدء بالتدرج التنازلي بنسبة تعويض تقع بين 50 و 100، أي أنه من أجل نشر صاروخ دفاعي واحد، علينا أن نسحب من 50 إلى 100 سلاح نووي هجومي. ويجب على كل مشارك في مثل هذا المشروع أن يقرر ماذا يفضل أن يواجه: إما تهديداً لا يُدافع عنه، ولنقل 1000 ICBMs، أو تهديداً مُدافعاً عنه بـ 900 رأس حربي نووي. وإذا زاوجنا هذا الوضع مع شرط عدم الاستعمال الأول، أعتقد أن القادة الوطنيين والدوليين سيفضلون مواجهة صفيف دفاعي أصغر من ICBMs النووية على أن يواجهوا صفيفاً أكبرلا يُدافع عنه.

لا أستطيع القول أن مثل هذا الوضع بوجود 100 رأس حربي مع دفاع في كل جانب سيبقي في النهاية العرف بعدم الاستعمال إلى الأبد. ومن حديثي عن هذه النتائج مع روسيا وحلفائنا الأوربيين، أصبحت متيقناً، إلى حد ما، أنه من الممكن إعادة إقحام عفريت القنبلة النووية إلى داخل القارورة.■

☆ ★ ☆

http://serversmiso.aecs.sy مكتب نظم المعلومات هيئة الطاقة الذرية السورية

رؤية مستقبلية للطاقة النووية*

إن الاطلاع على وضع الطاقة النووية في الماضي والحاضر سيساعد على إظهار ما يمكن ان نتوقع لمستقبلها

جون سمبسون

متقاعد منذ عام 1992 - شغل منصب رئيس شركة وستنغهاوس لمنظومات الكهرباء، كما كان رئيساً للجمعية النووية الأمريكية (1937-1974)، وعضواً في الأكاديمية الوطنية للهندسة (1966)

كثير منّا يعتقد بأن العالم سيحتاج حتماً إلى الطاقة النووية من أجل دعم تنامي الطاقة اللازم كي ينعم العالم بأسره بمستوى معاشي أعلى مما هو عليه. وفي الواقع، يحتمل، مع الأخذ بعين الاعتبار المعدّل المتوقع لتنامي السكان، أن يكون احتياج الطاقة النووية فقط من أجل تثبيت المستوى المعاشي الأدنى على حاله؛ ولو أن هناك الكثير من العوائق التي يجب التغلب عليها قبل أن نتمكن من تحقيق ذلك.

أولاً، دعنا نلقي نظرة وجيزة إلى الوضع الذي تقف عنده الطاقة النووية سواء في الحاضر أو الماضي وذلك حتى نرى كيف تمكنت حالياً من بلوغ أبعد مدى وصلت إليه وفي أي المواقع عانت من الفشل؛ بعد ذلك نستطيع إدراك ما يمكن أن نتوقع في المستقبل لهذه الطاقة النووية وذلك من سياق بعض القضايا أو نقاط الجدل التي سبق وأن طرحت بشأنها.

الوضع في الماضي

يتولد حوالي 22% من إجمالي الكهرباء في الولايات المتحدة بوساطة الطاقة النووية، وإن نسباً أعلى من ذلك بكثير تتولد في فرنسا واليابان وعدة بلدان أخرى؛ وتصل هذه النسبة إلى ما يقارب 20% إذا ما جرى تقديرها في أنحاء العالم كافة. وعلى الرغم من ذلك، لا يشمل التخطيط، وبخاصة ذلك المعتمد من حزبنا الديمقراطي، أي توسع جديد في إنتاج الطاقة الكهربائية من الطاقة النووية بل يهدف إلى تنسيق المحطات الحالية واستبعادها من الخدمة في أقرب فرصة ممكنة.

ولكن كيف حدث هذا الأمر؟

فوراً ومن البداية، ومنذ أن تمكن "إنريكو فرمي" والفريق العامل معه من تشغيل أول مفاعل نووي أقرّ بأن الطاقة النووية قادرة على إنتاج كميات ضخمة من الطاقة الكهربائية. وقد وعى الأميرال هايمن ريكوفر Adm. Hyman Rickover الفوائد التي يمكن لبحرية الولايات المتحدة أن تجنيها من الطاقة النووية؛ وتمكن بنشاطه وجهوده وبمساعدة تلقّاها من اللجنة المشتركة لشؤون الطاقة الذرّية Joint Committee on Atomic Energy - والتي كانت في ذلك الوقت تعمل بشكل وثيق مع هيئة الطاقة الذرّية الأمريكية - أن يحصل على التحويل اللازم لجعل ما رمى إليه حقيقة واقعة. ولتحقيق أهدافه، استخدم ريكوفر العون المقدم من شركتين صناعيتين ضخمتين هما وستنغهاوس وجنرال إلكتريك فسخرهما للعمل معه لصالح التطوير آنف الذكر. وقد شكّل هذا التطوير الأمريكي لمحطات توليد الطاقة الكهربائية الأساس لتصاميم وستنغهاوس وجنرال إلكتريك المنتشرة حالياً في أنحاء العالم.

وفي ذلك الوقت، كان هنالك إجماع عالمي على اعتبار الطاقة النووية هبة ونعمة. فأُعلن في جنيف، في عام 1953، برنامج الذرّة من أجل السلام الذي تبناه الرئيس الأمريكي أيزنهاور. ورغم ذلك، فشلت هيئة الطاقة الذرّية الأمريكية وكذلك اللجنة المشتركة لشؤون الطاقة الذرّية في التركيز على ضرورة الحصول على موافقة الرأي العام، وكان يُنظر إلى كلتا المؤسستين المذكورتين كسلطتين منفذتين لحكومة قوية وصناعة ضخمة، الأمر الذي جعل الطاقة النووية هدفاً جذاباً ومرغوباً به. وفي ذلك الوقت بالذات، كانت معظم الأنشطة موجهة للاعتراض على حرب فيتنام، بينما لم تكن توجد اعتراضات - باستثناء القليل منها - حول استخدامات الطاقة النووية. لكن أنشطة الاعتراض ذاتها تحولت - بعد الانتهاء من حرب فيتنام - إلى التركيز على الطاقة النووية.

وقد جرى تطوير عدد من أنواع المفاعلات، لكن السائد منها كان من نوع - مفاعل الماء - الخفيف بشكليه المضغوط والمغلي، مع أفضلية في النهاية لتصنيع مفاعل الماء - الخفيف بشكله المضغوط. ولغالبية هذه الأنواع من المفاعلات إمكانيات ضخمة؛ لكن وحسب اعتقاد ساورني لفترة طويلة، وضمن شروط شبه متماثلة، يُعدّ المفاعل الذي أُخضع لأقصى درجات التشغيل هو الأفضل نوعاً، وهذا ينطبق بسهولة على نوع مفاعل الماء - الخفيف.

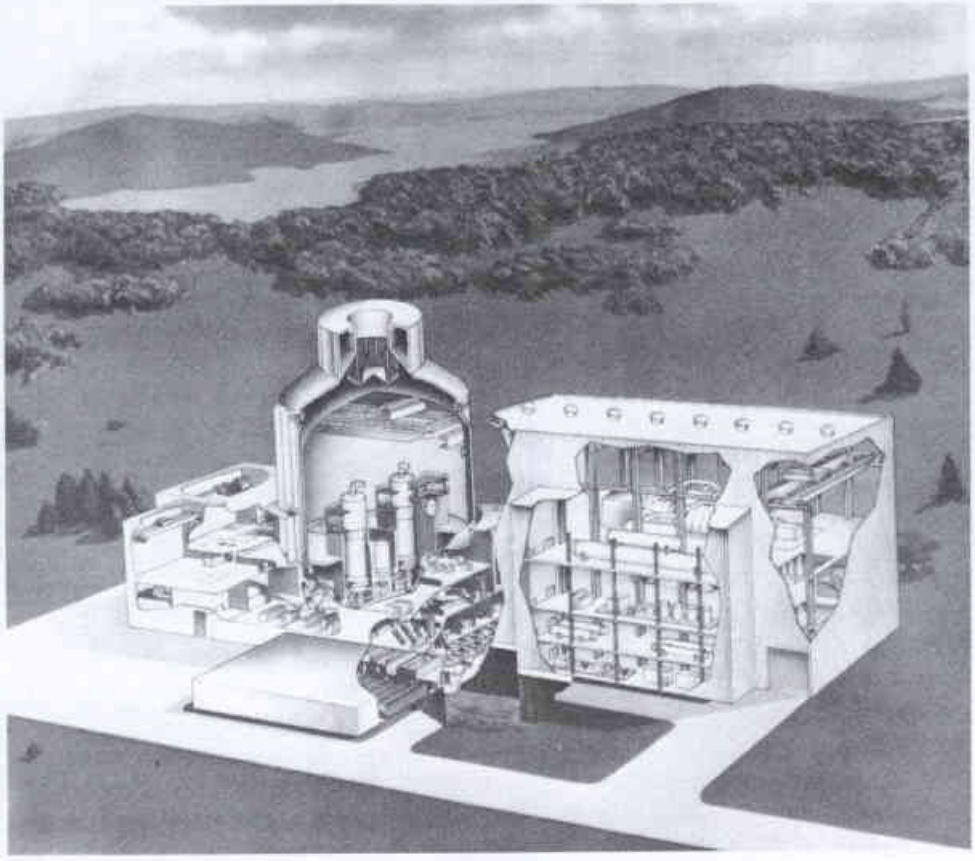
هذا وقد قام برنامج سلاح البحرية الأمريكية وكذلك محطة Shippingport للطاقة النووية بتقديم التطويرات الأساسية الضرورية بالنسبة لكل من نظرية المفاعل، وعلم تقانة المواد، وتدفق الموائع، إضافة إلى بدء تطوير بنية تحتية نووية صناعية جديرة بالاعتبار بين الشركات المنتجة.

وعموماً، يُعدّ توفير المنشآت الكهربائية من الصناعات التي تكره جداً خوض المجازفات؛ ولم تقتنع، بادىء ذي بدء، بتبنّي محطات التوليد النووية إلاّ بعد أن أدركت بأن شركتي وستنغهاوس وجنرال إلكتريك مستعدتان لتقديم مشاريع مكتملة الإنجاز "مفتاح باليد turnkey" وذلك لتحاشي معظم المجازفات المالية. وبعد أن ثبت نجاح هذه المحطات المكتملة الإنجاز تشجّع قطاع الخدمات الكهربائية وقام ببناء عدد كبير إضافي منها. وقرابة عام 1973 أدّى الحظر الذي فرضته الدول المنتجة والمصدرة للبترول

---

* نشر هذا المقال في مجلة *Nuclear News*, November 2000. ترجمة هيئة التحرير - هيئة الطاقة الذرّية السورية.

http://serversmiso.aecs.sy مكتب نظم المعلومات هيئة الطاقة الذرية السورية



مفاعل الماء المضغوط الخامل المتقدم AP-600 لشركة وستنغهاوس.

(OPEC) إلى حدوث تدهور في استخدام الطاقة الكهربائية. وبسبب وجود عدد كبير من المحطات في مواقع على امتداد خطوط الأنابيب ونظراً لعدم الحاجة إلى مزيد من الاستطاعة الكهربائية لم يحدث أن قُدِّمت، منذ ذلك الحين، طلبات من أجل بناء محطات توليد جديدة في الولايات المتحدة. كذلك، أدى إطلاق كميات ضخمة من الغاز الطبيعي في عام 1987 وكذلك إحداث محطات الطاقة التي تُدار بالعنفة الغازية ذات الدارة المغلقة إلى جعل الغاز الطبيعي الخيار المفضل لإنتاج أي سعات جديدة للطاقة الكهربائية.

وقد سبق أن عملت محطات الطاقة النووية المتوفرة حالياً، بنجاح، ولسنين عديدة، (يوجد في الولايات المتحدة الأمريكية أكثر من مئة منها)، كما تطورت وارتقت بنتيجة الخبرة المصداقية الهادفة، والإتاحية، وعوامل الأمان الخاصة بهذا النوع من محطات توليد الطاقة. وعلى الرغم من ذلك، لا تزال هناك بعض المشاكل الرئيسة، كحدوث تسربات أنبوبة توليد البخار، التي تطلبت إيجاد حلول تصميمية ابتكارية.

حادثان مفاجئان

وقعت بعد ذلك نكبتان بارزتان أثارتا مزيداً من الارتياب الشعبي بشأن استخدام الطاقة النووية، ألا وهما: ثري مايل آيلند Three Mile Island، وتشرنوبل Chernobyl.

فلا بد أن ينظر إلى حادثة "ثري مايل آيلند" بمثابة برهان على أمان وسلامة محطات الطاقة النووية وأن لا ينظر إليها خلافاً لذلك. ففي هذه الحادثة، لم يتخذ مسؤولو التشغيل، عند البداية، أي إجراء من أجل تخفيف أو منع وقوع الحادثة، فكانت النتيجة أن حدث انصهار شبه كامل لقلب المفاعل. ورغم ذلك، وبسبب إجراءات الاحتواء والحصر الخاصة بالمحطة، لم تتحرر أي إشعاعات مؤذية للناس المحيطين بها. وبالفعل، فإن قوة الإشعاع عند حدود المحطة كانت أقل من تلك التي تصدر عن حجر الغرانيت في مبنى مكتب مجلس النواب الذي أجريت به التحقيقات الأولية بشأن الحادثة. وبينت دراسة أجرتها ولاية بنسلفانيا أنه لم ينجم عن تلك الحادثة أي تأثير مؤكد إحصائياً وقابل للقياس على صحة العاملين بجوار المحطة - مع أن أسوأ التقديرات أفادت بمعاناة السكان المجاورين للمحطة من الخوف والذعر. إضافة لما سبق، تمت الاستفادة من تجربة الحادثة من أجل تحسين إجراءات التشغيل، تماماً كما يحصل عندما يستفاد من حادثة هندسية في تحسين التقانة.

أما حادثة "تشرنوبل" فقد كانت أسوأ لأن المحطة لم تكن مجهزة بوسائط للاحتواء والحصر. كان من المستحيل، في الولايات المتحدة، الحصول على ترخيص بتشغيل مثل هذا النوع من المفاعلات نظراً لعدم استقرارية درجة حرارته الأصلية وبسبب افتقاره لإجراءات الاحتواء والحصر. وفي الوقت الراهن، لا يمكن السماح بتشغيله حتى في روسية، وسوف تنسق من الخدمة جميع المفاعلات من هذا النوع في حال توفر مصادر أخرى بديلة لإنتاج الطاقة. ودون أدنى شك، فقد كانت هذه الحادثة قاسية جداً حيث توفي 32 شخصاً ممن كانوا عاملين آنئذ في موقع الحادثة وممن كانوا من عناصر التنظيف، كذلك انتشرت كميات ضخمة من الإشعاع على مساحة شاسعة من أوربا. وكان الخطر الرئيسي الذي نجم عن هذه الحادثة هو انتشار مرض ابيضاض الدم اللوكيميا leukemia بين الأطفال الصغار. إن هذا الأمر يعد سيئاً بالتأكيد لكن هناك وسائل لمواجهته والتعامل معه. ولكي يصبح بالإمكان إجراء تقييم جيد للحادثة فإنه لابد من انقضاء سنوات عديدة عليها وذلك بسبب فترة الكمون latency period التي ترافق أي تأثير إشعاعي. علاوة على ما سبق، فإن المشكلات التي ظهرت سوف تزداد تعقيداً أثناء عملية تقييم نتائج حادثة تشرنوبل بسبب الخدمات الصحية الشحيحة السائدة في أوكرانية وبسبب الافتقار لبيانات إحصائية سليمة، إضافة إلى المغالاة بنشر مُضخَّم للحادثة بهدف استدراج عملة صعبة من الدول الغربية. كذلك، استخدمت هذه الحادثة بشكل مبتذل من قبل بعض النشطاء المعارضين لاستخدام الطاقة النووية لزيادة الخوف بين الجماهير. هذا، وقُدِّر بأن فعل هؤلاء النشطاء قد

http://serversmiso.aecs.sy مكتب نظم المعلومات هيئة الطاقة الذرية السورية

تسبب في آلاف الضحايا بعد أن ذاعت في أوربا صرختهم للأمهات الحوامل من أجل إجهاض أجنتهن.

إن إثارة الناس تجاه خطر واقع أسهل من إقناعهم بعدم وجود خطر للطاقة النووية. وبشكل عام، تبنّت وسائل الإعلام هذا الموقف العاطفي لأن الأخبار السيئة تنتشر بسرعة وهي سوق رائجة بالنسبة لها، في حين بقيت الصناعة النووية ذاتها مقصرة في المحافظة على جمهور واسع الاطلاع.

إدراك الجمهور للإشعاع

أحد الأساليب الرئيسة التي اتبعتها الأنشطة المناهضة للطاقة النووية، توليد الخوف من أية سوية إشعاعية وإشاعته لدى الجمهور. وتكمن إحدى المشكلات الناجمة عن استخدام الإشعاع الذي صنعه الإنسان في أنه يمكن قياس كميات (ضئيلة جداً) منه. ويعتقد الكثيرون أن الإشعاع مصدر خطر طالما أنه بقي قابلاً للقياس. وفي الحقيقة، هناك مجموعة جيدة من الأدلة الإحصائية التي تؤكد وجود عتبة لشدة الإشعاع يصبح دونها الإشعاع غير مؤذٍ بل مفيد، في بعض الأحيان، للكائنات البشرية. ولا تتوفر معلومات موثوقة عن التأثيرات المؤذية للإشعاع، اللهم إلاّ في أحوال تزيد فيها الجرعات مئات أو آلاف المرات عن سويات الإشعاع السائدة عند مواقع المحطات النووية. ولسنوات عديدة، تبنّت اللجان الواضعة لأنظمة الوقاية من الإشعاع الموقف القائل بأن أي سوية للإشعاع يمكن أن تكون مؤذية. لذلك سيكون صعباً على هذه اللجان أن تغير موقفها، ونظراً لديمومة أعضائها، فإنه من غير المحتمل أن تتغير أنظمة الوقاية من الإشعاع آنفة الذكر.

ورغم الفزع السائد من الإشعاع، تشير الاستطلاعات إلى أن غالبية الناس يعتقدون بأن الطاقة النووية آمنة بقدرٍ كافٍ وبأن الحاجة إليها ستكون ماسة في المستقبل، لكنهم، وفي الوقت ذاته، يعتقدون أن بعضاً من الناس لا يشاطرونهم وجهة نظرهم هذه ولا شك بأن النشطاء المناهضين لاستخدامات الطاقة النووية سعداء في عدم مشاطرتهم وجهة النظر تلك.

الوضع المستقبلي

كيف سيكون الوضع في المستقبل؟ في الوقت الحالي، يجري على الدوام تشغيل محطات الطاقة النووية بعوامل سعة أعلى مما كانت عليه سابقاً مما يؤدي إلى خفض التكلفة بالكيلو واط الواحد، وهذا يزيد بدوره من استخدام الطاقة النووية من أجل توليد الكهرباء. وتلجأ عدة مؤسسات ضخمة إلى شراء المحطات النووية بأسعار تجعل تكلفة إنتاج الكهرباء منها في وضع اقتصادي منافس جداً. ورغم هذه الزيادة المؤقتة في النسبة المئوية لإنتاج الكهرباء من محطات الطاقة النووية إلا أن احتمال انخفاض هذه النسبة بعد فترة قصيرة يبقى كبيراً جداً نظراً لأن بعض هذه المحطات سيتوقف عن العمل عند انتهاء فترة عمرها التشغيلي وقبل أن يُعاد بناء أي مجموعات جديدة منها.

وفي الوقت الراهن، يتوفر لدى شركتي وستنغهاوس وجنرال إلكتريك ولدى شركات أخرى تبيع المفاعلات تصاميم جديدة موحدة القياس سبق وأن تم بسرعة الحصول على تراخيص بتشغيلها؛ وهي، إلى حد بعيد أبسط تصميماً وأرخص من محطات سبقتها، بسبب تشكلها النمطي ومرونتها الوظيفية حيث يمكن بناؤها في وقت قصير. ومن ناحية، ثانية، سيكون من المستبعد لأي مؤسسة خدمية أن تحاول بذاتها بناء محطة نووية من هذا القبيل لأن هناك احتمالاً قوياً بأن تظهر معارضة شديدة تعمل على تأخير عمليتي الترخيص والبناء إلى حد سيجعل هذه المحاولة غير مجدية أو تنافسية من وجهة نظر اقتصادية. والسيناريو الأعظم احتمالاً لبناء محطة أمريكية الطراز، هو أن يتم بناء هذا الطراز وتشغيله بنجاح في بلد كاليابان أو الصين، أو في أي بلد آخر مُطلٍّ على شواطىء المحيط الهادي؛ وأن تقوم إما شركة أمريكية أو شركة أجنبية، أو توليفة من كليهما معاً، ببناء مثل هذه المحطة النووية. وقد سبق فعلاً أن تحقق تنفيذ هذا السيناريو ببناء مفاعلي Kashiwazaki Kariwa رقم 6 و رقم 7 في اليابان؛ وهما من المفاعلات التي تصنف تحت مفاعلات الماء المغلي ذات التصميم المتقدم Advanced Boiling Water Reactors. هذا، ويجري حالياً تشغيل المفاعلين المذكورين من قبل شركة طوكيو للطاقة الكهربائية، وقد ساهمت في بنائهما توليفتا: توشيبا - جنرال إلكتريك للطاقة النووية، وهيتاشي - جنرال إلكتريك للطاقة النووية على التوالي. بدأ التشغيل التجاري للمفاعلين المذكورين في عامي 1996 و1997 على التوالي. وبينما نجد أن لهذه التصاميم المتقدمة العديد من صفات المفاعلات الخاملة passive reactors لكنها ليست ذات سلامة خاملة فعلاً. وعلى أي حال، لديّ شك حول إمكانية القيام مستقبلاً بالأبحاث والتطويرات اللازمة للتوصل إلى مفاعل خامل بالفعل. كذلك، لا أعتقد أن تظهر في المستقبل حاجة لهذا النوع من المفاعلات، اللهم إلاّ إذا أضحت الحاجة لها ملحة تماماً أو حدث تغيير في الرأي العام والمناخ السياسي بحيث يُصبحا مؤاتيين لتشييد أي نوع من المنشآت النووية؛ وعند ذلك فقط ستحظى بالقبول تلك التصاميم المتقدمة المتوفرة حالياً.

يعد الاستخدام الكبير للطاقة النووية العالمية أمراً حتمياً، لكن قد لا يتجلى لعدة عقود

وتحتاج الصين - وهي بلد يحتوي على ما يوازي أربعة أضعاف عدد السكان في الولايات المتحدة - إلى مقدار هائل من الطاقة، وبخاصة الكهربائية منها، وذلك من أجل رفع المستوى المعيشي فيها إلى سويات يمكن أن نسميها بالمقبولة. وفي القريب العاجل، سيزوّد "سد الممرات الثلاثة Three Gorges Dam" الجديد الواقع على نهر يانغتسي، ما يوازي 17% من الاحتياجات الحالية؛ ويجري التخطيط لأن تُزوّد الطاقة النووية جزءاً هاماً من الاحتياجات المتبقية. وتوجد حالياً عدة محطات نووية قيد البناء، والمستثمرون الغربيون توّاقون إلى بيع تصاميم جديدة وللمساعدة في بناء هذه المحطات وتشغيلها.

غير أن الصينيين قاموا مؤخراً بتجميد عدد من هذه المشاريع، ولم يفعلوا ذلك من أجل مزيد من عوامل الأمان بل من أجل خفض التكاليف. وما لم يجر خفض تكلفة التصميم المتقدم للمفاعل الأمريكي

http://serversmiso.aecs.sy مكتب نظم المعلومات هيئة الطاقة الذرية السورية

إلى سويات صينية منافسة فإنه لن تتوفر لنا فرصة إظهار كفاءته أو قبوله في الصين.

ويعد تعاظم استخدام الطاقة النووية عالمياً أمراً حتمياً ولو أن ذلك قد يتأخر لعدة عقود من الزمن؛ وفي غضون ذلك، ستُجدَّد تراخيص التشغيل لكثير من المحطات النووية القائمة لعدة عقود إضافية.

يأتي بعد ذلك موضوع سد الاحتياجات المستقبلية من الوقود (النووي)؛ فسوف يحدث نقص في تموين اليورانيوم بأسعار منافسة إذا ما شُيِّد العديد من المحطات النووية خلال فترة قصيرة. وهذا سيتطلب بالتالي وجود مفاعلات ولودة سريعة fast breeder reactors، وسوف يثير هذا الأمر، بالطبع، مجموعة جديدة من المشاكل.

ورغم بناء وتشغيل عدد من المفاعلات الولودة الصغيرة، إلا أنه لا بد من تحقيق الكثير من إجراءات التحسين والتطوير إذا اقتضت الحاجة بناء مفاعلات ولودة ضخمة تعمل بالوقود المعدني السائل، إذ لا بد أن تظهر للعيان مجموعة من المشاكل التي ستستهلك الوقت والمال.

أضف لما سبق، هناك مسألة تطوير دورة الوقود، بما في ذلك إعادة معالجة الوقود المستهلك والتي تعد خبرة الولايات المتحدة فيها ضئيلة. فمحطات إعادة معالجة الوقود المستهلك التي جرى تطويرها أو بناؤها (في الولايات المتحدة) لم تكتمل أو يجر تشغيلها بعد وذلك بسبب تعاضد مجموعة من الصعوبات الاقتصادية والفنية. وتقبع حالياً الخبرة في هذا المجال خارج البلاد في بلجيكة، والمملكة المتحدة، وفرنسة.

وتنتهي معظم التنبؤات، حول ما يتوفر من جميع أنواع الوقود النووي اللازم لتغطية النمو السكاني المتوقع، إلى الاستنتاج بضرورة التوجه مباشرة نحو إجراء تطوير للمفاعلات السريعة حتى يغدو بالإمكان نشر وتشييد المحطات النووية خلال فترة الثلاثين عاماً المقبلة عندما ستصبح الحاجة ماسة إليها.

ويبدو حالياً أنه سيحصل تغير في مناخ الرأي العام إذا ما حدث بالفعل ذلك العجز الشديد في الطاقة والوقود وما يتطلبه من تشييد لمفاعلات الوقود السريعة.

لكنه من المؤكد أن تظل بعض الجماعات مصممة على القيام بأنشطة تسبب تأخيرات ومزيداً من التكاليف، وأن تبقى لمثل هذه الجماعات قدرات لا حد لها في هذا المجال. وفي الواقع يشير تحليل لمواقف النشطاء تم إجراؤه مؤخراً إلى أنهم سيكونون ضد أي شكل من أشكال استخدامات الطاقة وبأنهم لن يغيروا موقفهم هذا حتى في حال ظهور أي نوع من أشكال عجز الطاقة.

ماذا بشأن طاقة الاندماج؟ لقد رحّب النشطاء باحتمال استخدام طاقة الاندماج كشيء يستحق الانتظار، لكن ذلك كان لمجرد استراتيجية تساعد على وقف مشاريع الانشطار الحالية. وقد بدأت بحوث وإجراءات تطوير طاقة الاندماج منذ حوالي 50 سنة مضت؛ ولا يرى أشد المناصرين تحمساً لهذا النوع من الطاقة إمكانية استخدامها كمصدر للطاقة التجارية إلاّ بعد انقضاء 40 سنة أخرى. وحتى عندما تتحقق هذه الإمكانية، هناك احتمال لأن تكون تكاليف إنتاج الطاقة عبر هذه الآلات المعقدة جداً أعلى بكثير من تلك الناتجة عن المفاعلات الولودة. لذلك، أرى أنه من الضروري أن تُستبعد حالياً مشاريع طاقة الاندماج اللازمة لتغطية الاحتياجات المستقبلية من الطاقة، رغم أن مثل هذه المشاريع توفّر جهوداً وتحديات عظيمة بالنسبة للمهندسين الجدد.

من أين سيأتي المال اللازم لتطوير المفاعل السريع ودورة الوقود؟ سيكون صعباً عليّ في البداية أن أتصور أو أتخذ قرارات بشأن أحداث سوف تقع مستقبلاً في مناخ من الرأي العام مؤاتٍ وفي ظروف تُواجه فيها حاجة حقيقية للمفاعلات الولودة. ومن الصعب أن ترى مؤسسات خدمية راغبة في صرف مبالغ ضخمة يتطلبها مثل هذا التطوير، ذلك لأن مؤسسات كهذه تستجيب قبل كل شيء لاحتياجات محلية ولاتأبه بالاحتياجات على صعيد وطني أو عالمي. وفيما إذا كانت الحكومة مستعدة لتخصيص الأموال اللازمة للبحث والتطوير في هذا المجال، فإن هذا الأمر يتوقف على عوامل عديدة، اجتماعية وسياسية، لا أشعر بأنني قادر على تقييمها.

النفايات

والسؤال عن كيفية تداول الوقود المستهلك وخزنه يُعدّ واحدة من المعضلات التي لا تزال تواجه الصناعة النووية. وقد جرى صرف عدة بلايين من الدولارات في محاولة لإثبات أن التخزين في مستودعات عميقة داخل جبل يوكا Yucca Mountain هو إجراء سيحقق الأمان المنشود. وبسبب نزعة الارتياب التي تبديها وكالة حماية البيئة يغدو ضرورياً إثبات أن عملية التخزين ستحقق الأمان لفترة تصل إلى 10 000 أو 100 000 سنة، أي ما يوازي عدة عصور جليدية، وبالطبع فإن هذا سيكون أمراً مستحيلاً.

إضافة لما سبق، وحتى لو أقرّت صلاحية موقع التخزين، فإن شحن الوقود المستهلك وإيصاله إلى هذا الموقع قد يكون مستحيلاً. فالمعارضون في الولايات المتحدة يطلقون على مثل هذه الشحنات اسم "شرنوبلات متحركة mobile Chernobyls وذلك على الرغم من وجود حركة روتينية للوقود المستهلك في معظم بلدان أوربا النووية. ورغم تطوير وصنع حاويات شحن قادرة على تحمل أشد الاختبارات قساوة؛ فإن هذا لن يكون كافياً؛ إذ لا بد لهذا الوقود أن يمر عبر العديد من التقسيمات السياسية الفرعية (كالولاية، والمقاطعة، والبلدية) التي يُحتمل في كل منها تأخير أو إيقاف للشحنة. هذا، ويجري حالياً نقل النفايات (TRU)، الناجمة عن أنشطة الحرب الباردة، عبر الطرق ذاتها إلى مخزن WIPP في ولاية نيومكسيكو. ولعلّ هذه التجربة الناجحة ستقنع الرأي العام بأمانة وسلامة هذا المخزن. وعلى أية حال، أعتقد أن الحل الأمثل هو أن تقوم مؤسسات الكهرباء بحفظ الوقود المستهلك في مواقع وجود المفاعلات بكل بساطة. وبما أنه سبق أن قام "الصندوق الوطني للنفايات National Waste Fund" بجمع البلايين من أموال المواطنين فإنه لا بد من استخدام هذا المال لتغطية تكاليف التخزين.

انتشار السلاح النووي

ماذا بشأن انتشار الأسلحة النووية؟ لقد أدى مبدأ "الدمار المؤكد المتبادل mutually assured destruction" أثناء فترة الحرب الباردة إلى عدم احتمال استخدام السلاح النووي، سواء من قبل الولايات المتحدة

هيئة الطاقة الذرية السورية مكتب نظم المعلومات http://serversmiso.aecs.sy

الأمريكية أو من قبل الاتحاد السوفييتي. لكن وبعد انهيار الاتحاد السوفييتي، أصبحت روسيا عامل تهديد بانتشار السلاح النووي أكثر من كونها قوة عدوانية بالنسبة إلى الولايات المتحدة الأمريكية. ومع انخفاض رواتب المؤسسة العسكرية الروسية وكون السيطرة المركزية أضعف مما كانت عليه في عهد الاتحاد السوفييتي فإن ذلك ينذر بتحويل المواد النووية إلى سلع رابحة. وبالرغم من ضعف احتمال حدوث ذلك، إلا أنه لا يمكن تجاهله تماماً. هذا، وقد أمكن تحقيق بعض التقدم في تدمير أعداد كبيرة من الأسلحة النووية وفي التخلص من البلوتونيوم القابل استخدامه كسلاح عسكري، لكن بعض التهديدات لا تزال قائمة.

إن وجود "دول حمراء rouge states يُعدّ، دون أدنى شك، من الأمور التي لا يمكن تجاهلها. فهناك بلدان كإسرائيل تمتلك أسلحة نووية يحتمل أن تلجأ إلى استخدامها لأغراض انتقامية ضد دول مجاورة؛ لكننا من جهة ثانية، لا نعلم عدد الدول الأخرى التي تمتلك أسلحة نووية. وهذا بشكل خاص من الأمور المزعجة، إذ لم يكن لدينا علم بأن الباكستان والهند تمتلكان مثل هذه الأسلحة إلى حين قيامهما بإجراء التجارب عليها.

وبالنسبة للدولة الحمراء، فإن السلاح الأكثر احتمالاً هو ذلك الذي سيجري تصنيعه من اليورانيوم عالي الإغناء وليس من البلوتونيوم، ولو أن هذا الأمر غير مضمون على الدوام. فالدولة التي لديها سلاح مصنع من اليورانيوم عالي الإغناء يمكنها أن تكون واثقة من فعاليته دون الحاجة إلى اختبار مسبق. وعلى وجه التقريب، يستطيع أي بلد أن يمتلك معرفة كافية لإحداث محطة من أجل فصل اليورانيوم عالي الإغناء دون أن يكتشف أمره أو يدري أحد بذلك، لأن التقانة اللازمة متوفرة في الأدبيات المعلنة.

أما إنتاج البلوتونيوم فهو عملية أصعب لكنها ليست بالأمر المستحيل، وعلى الأرجح يكون التحري وكشف هذا النوع من الإنتاج سهلاً. أما من حيث تقانة صنع الأسلحة النووية الحرارية thermonuclear weapons فهي تتطلب إلى حد بعيد قدراً أعظم من التقانة، ولا يحتمل لدولة حمراء أن تحاول ممارسة هذا النوع من التقانة لأنها، وبشكل مؤكد، ليست بحاجة إليها. وبناء عليه، يغدو ضرورياً عند إجراء تخطيط مستقبلي لخيار نووي، أن يؤخذ بعين الاعتبار جعله محصناً ضد الانتشار وذلك عبر مساعدة الوكالة الدولية للطاقة الذرّية.

نظرة شاملة

أعتقد بأنه ستكون هناك حاجة للخيار النووي من أجل تغطية المتطلبات المتنامية لسكان العالم. كذلك، تتوفر في الوقت الراهن تصاميم معتمدة على منظومات مائية، وذات عوامل أمان كافية، ولو أنه ينبغي جعلها مجدية من الناحية الاقتصادية حتى تتاح لها فرصة الانتشار. وبما أن كميات اليورانيوم محدودة والسعة الجديدة للطاقة النووية سوف تكون ضخمة، فلا بد والحالة هذه أن يحتاج العالم إلى المفاعل الولود، وتطويره يُعدّ أمراً ملحاً في الوقت الحاضر.

هذا، وتشير نتائج الاستطلاعات إلى أن معظم الناس يعتقدون بأن توليد الطاقة النووية قد أصبح يتمتع حالياً بقدر كافٍ من الأمان، وبأن هناك حاجة لمزيد من سعات القدرة في هذا المجال؛ ولو أنهم يعتقدون أيضاً بأن غالبية الأشخاص الآخرين لا يشاطرونهم هذا الرأي. لذلك كان من الضروري السعي لبناء الثقة لدى الغالبية العظمى من الناس والعمل على كسب قبولهم للخطط المستقبلية الهادفة إلى توفير طاقة نظيفة.■

☆ ★ ☆

http://serversmiso.aecs.sy مكتب نظم المعلومات هيئة الطاقة الذرية السورية

الطاقة النووية: تفادي كوارث الطاقة العالمية قبل وقوعها*

إن الحاجة إلى الكهرباء ستقود إلى انبعاث الطاقة النووية في القرن الحادي والعشرين

برترام وولف
من مونت سيرينو بكاليفورنيا

يُسقط هذا المقال ويبين لماذا ستكون الطاقة النووية مصدر الطاقة الرئيس في هذا القرن. كيف يمكن أن يكون ذلك، في حين لم تُطلب وتُشيَّد أية منشأة نووية جديدة في الولايات المتحدة منذ عام 1973؟

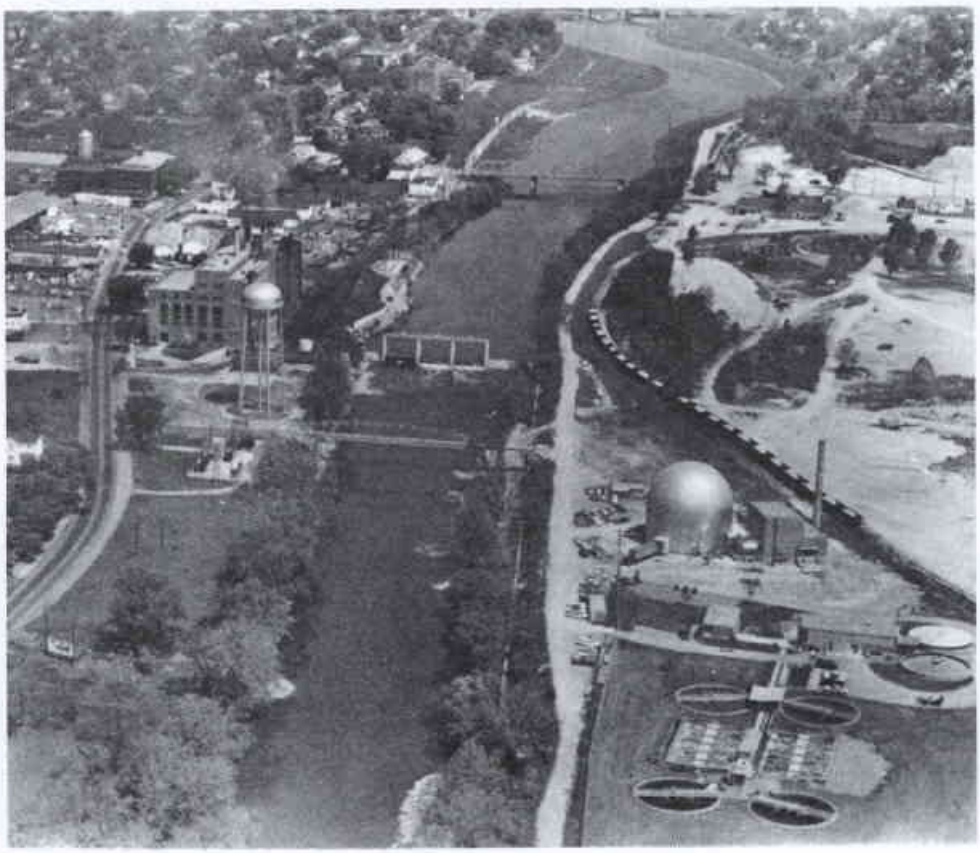
هناك جواب بسيط واحد – الحاجة!

نظرة تاريخية

كم عدد القرّاء الذين يعلمون، أو يتذكرون، أن نادي سييرا Sierra Club أيّد الطاقة النووية قبل عام 1973 ؟ في السنوات السابقة لعام 1973، كان نمو الطاقة في الولايات المتحدة يقارب 7% في السنة أي هناك مضاعفةلاستخدام الطاقة كل عشر سنوات. كان نادي سييرا مدافعاً رئيساً عن منشأة Diablo Canyon النووية المقترحة من قبل PG&E في كاليفورنيا، لأنهم أحسّوا بأن منشأة الفحم سوف تُبنى، لو كان الأمر على غير ذلك، مما يلوّث الجو. وبالمثل في فلوريدا، فإن ماك تشزني مارتن McChesney Martin الذي أصبح رئيساً للطاقة والضوء في فلوريدا Florida Power and Light (FP&L) آنذاك، وبعد تسلّمه تعليقات فظيعة بسبب الإصدارات من منشأة الفحم الجديدة لعام 1961، تعهد بأن FP&L لن تبني محطة فحم أخرى على الإطلاق. ونتيجة لذلك كانت الوحدتان النوويتان المبنيتان في موقعهما Turkey Point الجديد منشأتهما التالية.

النقطة التي يجب إثارتها هنا هي أنه مع ازدياد الحاجة إلى الطاقة يصبح من المعقول اختيار مصادر الطاقة المتوفرة الأنظف، والأقل ضرراً. وشعرت حركة أنصار البيئة بأن الطاقة النووية هي المصدر الذي ينبغي اختياره.

ثم جاءت المقاطعة العربية للنفط عام 1973. ارتفع سعر النفط من 2 دولار إلى 12 دولار للبرميل الواحد، وانخفض نمو الطاقة في الولايات المتحدة من 7% إلى 2% في العام، أي من المضاعفة كل عشر سنوات إلى المضاعفة كل 35 سنة. وكانت النتيجة فائضاً في الطاقة الكهربائية. ورغم أن حوالي 110 منشأة نووية وحوالي 50 منشأة أحفورية طُليت من قبل ثم ألغيت، إنما لايزال، حتى السنوات القليلة الماضية، هناك فائض كافٍ من السعة الكهربائية.



المفاعل بيكوا المبرّد والمهدّأ عضوياً في بيكوا.

نقص الحاجة

مع نقص الحاجة إلى طاقة جديدة، غيّرت حركة البيئة موقفها وعارضت كل مصادر الطاقة الجديدة. فمنذ عام 1973 عارض نادي سييرا الطاقة النووية، والفحم، والغاز، والنفط، والجيوحرارية، والسدود. ولم تدعم سوى الطاقة "المتجدّدة"، التي هي غير عملية كمصدر طاقة كبير. لم يكن هذا مهماً، لأنه كان هناك فائض كافٍ من الطاقة حتى عهد قريب. وفي الحقيقة،

---

* نشر هذا المقال في مجلة *Nuclear News*, November 2000. ترجمة هيئة التحرير – هيئة الطاقة الذرية السورية.

فإن ما حصل بعد عام 1973، هو أن بعضاً من المنشآت النووية التي طُلبت قبل ذلك العام قد وُضِعت قيد الاستعمال، وهكذا فإن الطاقة النووية تزوّد حالياً الولايات المتحدة بـ 20% من الكهرباء. وهذا أكثر من توليد الكهرباء الكلّي في عام 1954، قبل أن يبدأ برنامج الرئيس آيزنهاور السلمي للطاقة النووية. إن منشآت الفحم المضافة، التي طُلبت قبل عام 1973، أدت إلى تزويدنا بحوالي 55% من الكهرباء في الوقت الحاضر. من الواضح أنه لم تكن هناك حاجة لِطلب منشآت جديدة لتوليد الكهرباء، وهكذا فبإمكان المرء أن يكون ضد بناء أية منشأة جديدة- ذلك هو موقف حركة البيئة.

إن الفائض من الكهرباء يتلاشى الآن. وخلال الاضطرابات الجوية الكبرى في السنتين الماضيتين، حصل عجز وتمزق في الطاقة. ومن الواضح أننا بحاجة الآن إلى إمدادات كهرباء جديدة.

مواجهة متطلبات الطاقة الجديدة

نحن الآن في الولايات المتحدة نحتاج إلى توسيع إمدادنا بالطاقة. لكن الوضع أخطر من ذلك في شتّى أرجاء العالم. يُتوقع أن يرتفع تعداد سكان العالم في الخمسين سنة القادمة من 6 بلايين نسمة حالياً، إلى حوالي 10 بلايين. وهذا يعود بشكل أولي إلى معدّلات الولادة المرتفعة في البلدان النامية. تستخدم هذه البلدان أقل من عُشْر الطاقة للفرد الواحد التي تستخدمها البلدان الصناعية، ويعيش سكانها في الفاقة والبؤس. إن الطاقة هي مفتاح رفع المستوى النموذجي للعيش، وتقلل معدّلات الولادة، وتنظم التوزع السكاني في العالم وتجعله مستقراً . إذا افترضنا أن تعداد سكان العالم سيصل إلى 10 بلايين نسمة عام 2025، وبأنه نظراً للصيانة، فإن الاستخدام الوسطي للطاقة في العالم سيصل إلى ثلث المستوى الذي يستخدمه الفرد الواحد في الولايات المتحدة اليوم، عندئذ سوف يتضاعف استخدام الطاقة في العالم ثلاث مرات. كيف نستطيع تحقيق هذه المتطلبات؟

يُعدُّ الوقود الأحفوري مصدر الطاقة الأساسي اليوم في الولايات المتحدة والعالم. لكن إذا تضاعفت متطلبات الطاقة ثلاث مرات، فإنه يبقى موضع تساؤل أي الوقودين النفط والغاز سيكون متوفراً اقتصادياً خلال ما تبقى من هذا القرن والفحم خلال القرن القادم (القرن الحادي والعشرين). إن النقص في الطاقة المتوفرة قد يؤدي إلى حروب بسبب متطلبات الطاقة. تصور أن أحد الأسباب التي دخلت من أجلها اليابان الحرب العالمية الثانية كان اهتمامها بمخزونات الطاقة. ثم أسأل لماذا نحن (الولايات المتحدة) نحتفظ بجيوشنا في الجزيرة العربية الغنية بالنفط، رغم موت عدد منهم في صراعات عدائية.

وفضلاً عن ذلك يخطط لفواجع احترار عالمي مستقبلي تنشأ عن انبعاثات ثنائي أكسيد الكربون من الوقود الأحفوري. ويعتقد بعض العلماء، فعلاً، أن ظروف الطقس الحالية غير العادية ترجع إلى CO_2 المتزايد في الجو. إن أحد الأهداف الأساسية الكبرى لحركة البيئة هو تخفيف الاحترار العالمي. لكن حلّها الذي وضعته، وهو الطاقة المتجددة، ليس عملياً على نطاق واسع. إن منشأة شمسية تعطي خرجاً من الطاقة يبلغ 1000 MWe الذي تعطيه منشأة تعمل بالفحم أو بالطاقة النووية (والتي ستشغل مساحة بضعة أكرات acre فقط) ستتطلب حوالي 100 ميل مربع أو أكثر من الأرض. وهذا سيقدّم مشاكل بيئية، إضافة إلى أنه من المشكوك فيه أن يكون ذلك اقتصادياً. ويمكن أن يقال الشيء نفسه عن طاقة الرياح، التي تتطلب مزيداً من الأرض. يمكن لبعض مولّدات الطاقة الصغيرة الخاصة التي تعتمد على الطاقة الشمسية أو على طاقة الرياح أن يكون لها فوائد محلية، لكنها لا تستطيع أن تواجه أو تخفف بشكل ملموس التضاعف الثلاثي القادم لمتطلبات الطاقة في العالم. من المأمول أن تكون طاقة الاندماج في يوم من الأيام ذات جدوى، واقتصادية، لكن هذا غير متوقع قبل انقضاء عدة عقود- وربما لن يتحقق أبداً.وهكذا فإن الحل الوحيد المتوفر لكوارث الاحترار العالمي المتوقعة وللنقص المحتمل حصوله في الطاقة عالمياً، هو توسع كبير في الطاقة النووية يشمل كل أرجاء العالم.

تطوير الطاقة النووية

انطلقت الطاقة النووية السِلْميّة في هذا البلد (الولايات المتحدة)، ثم انتشرت في بلدان أخرى بعد إعلان برنامج آيزنهاور "الذرّة من أجل السلام" في عام 1953. وُضِع البرنامج في الأصل كي يسمح للدول الأخرى بمشاركة الولايات المتحدة في التقانة النووية السِلْميّة، مقابل موافقة هذه الدول على التخلص من تطوير الأسلحة النووية كلها. بدأ البرنامج عندما كانت حوالي 20 دولة تُطوّر تقانات نووية، وعندما طرح آيزنهاور تصوّره بأن "المعرفة التي تمتلكها دول عدة الآن، ستتقاسمها في النهاية دول أخرى- ومن المحتمل كل الدول الأخرى". ورغم اختبارات الهند والباكستان للقنابل النووية في عام 1998، فإن الرئيس آيزنهاور لابد أن ينظر إلينا بافتخار، آخذاً بالاعتبار الحد الأدنى لانتشار الأسلحة النووية وعدم وجود مبرر لاستخدامها.

بدأ البرنامج النووي السِلْمي في الولايات المتحدة بتطوير بضع عشرات من أنواع المنشآت النووية المختلفة. ففي عام 1959 تنبأت وزارة الطاقة بأن المفاعل ذا التبريد العضوي المنخفض الضغط Low- pressure organic- cooled reactor من المحتمل أن يكون المفاعل العملي الأفضل. أشار اختبار المفاعل العضوي إلى وجود مشاكل في المبرّد العضوي ترجع إلى الآثار الإشعاعية، ثم صُرِف النظر عن المشروع. لقد صُنعت مفاعلات الماء المغلي ومفاعلات الماء المضغوط على أنها أكثر المنشآت النووية وثوقية واقتصادية. ورغم أن المشاكل كانت مكشوفة عند إنشاء هذه المفاعلات ولدى تشغيلها على مدى العقود الماضية، فإن المشاكل حُلّت، أو عُدِّلت، بحيث أن مفاعل الماء الخفيف (LWR) أصبح الآن مصدر طاقة موثوقاً وآمناً.

لقد نجح الاحتواء بشكل جيد لدرجة أن الإشعاع الذي يصيب شخصاً جالساً عند سور المنشأة كان أقل مما قد يتلقاه من قضاء عطلة أسبوعين في دِنفر

كان الأمان العامل الأساسي في تطوير الطاقة النووية في الولايات المتحدة. فعند بداية البرنامج السِلْمي، كانت متطلبات التصميم الأساسية هي تحديد " الحادث الأجدر بالثقة والتصديق"، وأن يتم تصميم المنشأة

هيئة الطاقة الذرية السورية مكتب نظم المعلومات http://serversmiso.aecs.sy

بحيث لا يتأذى الناس من جرّاء حادث كهذا. لقد عُرِّف الحادث الأجدر بالثقة لمفاعل الماء الخفيف بأنه انصهار قلب المفاعل وفشل الأنابيب التي تحمل الماء المبرّد من وإلى المفاعل. وخلال هذا الحادث افتُرِض أن الوقود المنصهر سيلوّث المبرّد، وأن الأنابيب سيصيبها كسر "بالقطع" guillotine breake، مع تباعد نهايتي الأنبوبين مما يجعل الماء والمواد المشعّة مرغمة على الخروج من خلال الأنابيب المفتوحة.

ولمنع الأذى عن الناس، صُمِّمت المنشآت النووية في الولايات المتحدة مزودة ببناء احتواء يحيط بها، بحيث يستطيع أن يحتوي المواد من الحادث وأن يمنعها من الوصول إلى الناس. في عام 1978 زار وفد من الاتحاد السوفييتي جنرال إلكتريك (GE) لمناقشة تصاميم المنشآت التابعة لـ GE وللاتحاد السوفيتي. وفي نهاية اجتماع استمر يومين، كان رئيس الوفد السوفييتي يتناول القهوة معي حين عبّر لي عن شعوره وإحساسه بأن نهج الولايات المتحدة لتحقيق الأمان والسلامة كان غير ضروري ومُكلف جداً، كما أخبرني بأنه لو أحس السوفييت أن الطاقة النووية كانت خطيرة لهذه الدرجة ما كانوا ليُقْدِموا على بناء منشآت نووية. لقد برهن حادث تشرنوبل عام 1986 أنه كان على خطأ (إذ لم يكن لتلك المنشأة بناء يحتويها)، والآن تتبنى دول الاتحاد السوفييتي (سابقاً) معايير الأمن المطبّقة في الولايات المتحدة.

ولكن ماذا عن جزيرة ثري مايل Three Mile Island (TMI)؟ فرغم التقارير المرعبة التي توجهها منظمات البيئة ووسائل الإعلام إلى الشعب، فإنه يجب النظر لـ TMI على أنها عمل ناجح. إن حادث انصهار قلب منشأة الطاقة النووية في TMI هو الحادث الوحيد في الولايات المتحدة (وفي البلدان الغربية). ولقد أدى الاحتواء دوره بنجاح، حيث أن الإشعاع الذي يصيب شخصاً جالساً عند سور المنشأة كان أقل مما قد يتلقاه من قضاء عطلة أسبوعين في دِنْفَر. إن لدِنفر سوية عالية من الإشعاع النووي الطبيعي، ويتمتع ساكنوها بأمد من الحياة أطول من أولئك القاطنين في باقي الولايات المتحدة. تستطيع الصناعة النووية في الولايات المتحدة أن تفخر بأن مفاعلاتها التشغيلية لم تسبب أذية جسدية لفرد واحد من الشعب. ومن جهة ثانية، فإن الحركة المناهضة لما هو نووي قد تبتهج بسبب نجاحها في تخويف الناس.

النُفايات النووية

هناك عامل آخر يخيف الناس ألا وهو النُفايات النووية. وهذه النُفايات هي في الأساس نوعان: نُفايات ذات سوية عالية ونُفايات ذات سوية منخفضة. فالنُفايات ذات السوية العالية تتألف من عناصر الوقود النووي المستخدم، وهي تحتوي على يورانيوم منشطر ونظائر مشعة تنتجها عملية الانشطار. هذه الفعالية الإشعاعية تبقى نشطة لآلاف السنين، لكن عناصر الوقود المستخدم هذه هي أقل حجماً بـ 100 000 مرة من حجم الفضلات الناتجة من منشأة تعمل على الفحم. وفي الحقيقة، فإن مجموع الوقود النووي المستخدم في الولايات المتحدة بكلّيته يمكن أن يستوعبه ملعب لكرة القدم بارتفاع يبلغ حوالي 15 قدماً. الخطة الحالية هي أن يتابع تقييم موقع يوكا ماونتين Yucca Mountain، في نيفادا (يقع بجوار موقع اختبار نيفادا)، كمستودع تحت الأرض للوقود المستهلك ولنُفايات ذات السوية العالية. لكن ولاية نيفادا أخّرت بدء استثمار يوكا ماونتين ليضع سنين، بضغط من المنظمات المناهضة للأمور النووية، حتى هدّد الكونغرس بأنه سيقرّ تشريعاً يتجاوز بموجبه مماطلات الولاية. والآن فإن المجموعات المناهضة للأمور النووية تعلن للناس بأنه لا سبيل لأخذ الحذر من النُفايات.

إن النشاط الإشعاعي يبقى فعّالاً لآلاف السنين، لكن عناصر الوقود المستخدم هذه تَشْغَل حجماً أقل بـ 100 000 مرة من الحجم الذي تَشْغَله نُفايات منشأة تستخدم الفحم كوقود لها

أنجزت وزارة الطاقة دراسة أولية لمستودع يوكا ماونتين وتوصّلت إلى استنتاجات إيجابية. تقضي الخطة أن يستكمل الاختبار ودراسة الأمان في السنة القادمة، ثم تتقدّم للترخيص، وتنشىء التسهيلات اللازمة تحت الأرض، بحيث تكون قادرة على أخذ الوقود المستعمل في عام 2010. وأثناء ذلك، يُحتفظ بالوقود المستهلك في مواقع المفاعل، وأحياناً في مناطق خارجية خاصة بنيت خصيصاً لذلك على مواقع المفاعل. وكان هذا الأمر ضرورياً لأن المنظمات المناهضة للأمور النووية وحق النقض (الفيتو)، الذي استعمله الرئيس كلينتون مؤخراً لمشروع قانون كان سيرسّخ تسهيلات تخزين مؤقتة فوق الأرض في موقع يوكا ماونتين، منعت وزارة الطاقة من تحقيق متطلبات قانون سياسة النفايات النووية (NWPA) عام 1982 لقبول الوقود النووي المستهلك حتى 31 كانون الثاني من عام 1998. كانت الخطة تقضي بأن يُخزَّن الوقود في مخزن فوق الأرض في يوكا ماونتين، ثم يُنقل الوقود إلى مخزن دائم تحت الأرض عندما يصبح (المخزن) جاهزاً.

يبدو أنه لا توجد إعاقة تقانية حقيقية لإتمام يوكا ماونتين، لكن المنظمات المناهضة للأمور النووية تُخبر الناس باستمرار بعدم وجود سبيل لأخذ الحذر من النُفايات.

أما النُفايات ذات السوية المنخفضة فهي مواد جُعلت مشعّة بواسطة الإشعاع من مفاعل التشغيل. وفضلاً عن ذلك، هناك نُفايات مشعة ناتجة من المعالجات الطبية بالمواد المشعة لإنقاذ الحياة، التي قد تصل إلى 10000 حالة سنوياً، ومن استعمالات صناعية ذات نشاط إشعاعي، مثل تشعيع المقالي بجعل طلاء التفلون TEFLON الدائم غير لاصق، واستعمالات أخرى عديدة.

إن هذه النُفايات ذات السوية المنخفضة تضمحل في غضون 300 سنة تقريباً ، وليس في عدة آلاف سنة كما هو الحال في الوقود المستخدم. بعد تبنّي قانون سياسة النُفايات النووية (NWPA) لعام 1982، كان أول موقع تجاري خُطط له من أجل التخلص من النُفايات النووية المنخفضة السوية هو ورد فالي Ward Valley بكاليفورنيا (موقع بارنول جنوب كارولينا يسبق الـ NWPA). دُرِس ورد فالي وجرت معاينته على مدى عدة سنوات من قبل وزارة الخدمات الصحية بكاليفورنيا، ومن قبل عدة

هيئة الطاقة الذرية السورية مكتب نظم المعلومات http://serversmiso.aecs.sy

منظمات فِدِرالية، التي خلصت إلى نتيجة مفادها بأنه سيكون مخزناً آمناً. ولكي يبدأ العمل في المخزن، كان لابد من نقل الأرض إلى كاليفورنيا من قبل الحكومة الاتحادية.

قرّر أمين السر بروس بابيت Bruce Babbitt أن يقوم بدراسة مستقلة، قبل النقل، تجريها أكاديمية العلوم الوطنية المحترمة. تمخّضت هذه الدراسة التي دامت ثلاثة عشر شهراً عن نتيجة مفادها أن ورد فالي مستودع آمن، وبعد أن صدرالتقرير في أيار من عام 1995 قال أمين السر بابيت إنه سينقل الأرض في غضون أسبوع. إن المنظمات المناهضة للأمور النووية كانت ناجحة بشكل واضح لأن الأرض لم تُنقل بعد. وهم يخبروننا الآن بأن النفايات ذات السوية المنخفضة خطيرة وليس من سبيل للتخلص منها!

ولحسن الحظ فإن الصناعة النووية قادرة على تحمل التأخر في يوكا ماونتين ومستودعات تخزين النفايات ذات السويات المنخفضة. ولكن مع مرور الوقت سيكون لها آثار مدمرة، كما يأمل البعض. هكذا، ولمصلحة الأمة فإنه من المهم أن التحرك إلى الأمام نحو مستودعات تخزين النفايات، التي لن تسبب أي ضرر، مثل منشآتنا النووية.

المفاعل الولود

يتألف اليورانيوم العادي من 0.7% يورانيوم 235(U-235) انشطاري، و من 99.3% يورانيوم 238(U-238) غير انشطاري. إن المفاعل الولود "السريع" يقلب اليورانيوم 238 خلال التشغيل إلى بلوتونيوم قابل للانشطار. وهكذا، وباستعمال الولود، يمكن زيادة الطاقة المأخوذة من اليورانيوم بحوالي 60 إلى 100 مرة على ما هي عليه في مفاعلات الماء الخفيف (LWR) الحرارية الحالية. إن هذا سيقدّم تزويداً بالطاقة لا حدّ له لعدة آلاف من السنين أو أكثر. وفضلاً عن ذلك، فإن النفايات من المفاعل الولود تضمحل في بضع مئات من السنين، مثل النفايات ذات السوية المنخفضة. وعليه، فإن المفاعل الولود يتمتع بعدة مزايا: فهو أولاً عبارة عن مزوّد غير محدود للطاقة بصورة أساسية. وثانياً، هناك اضمحلال سريع لنفاياته المشعّة. وثالثاً، يستطيع بمنظومة إعادة المعالجة الخاصة أن يمنع تحول البلوتونيوم - ويستهلك، بالفعل، البلوتونيوم من مفاعلات الماء الخفيف LWR بحيث لا يمكن تحويله إلى مادة للسلاح.

من المقدّر أن تُستنفد إمداداتنا باليورانيوم الاقتصادي في منتصف القرن تقريباً. وعليه، ينبغي علينا أن نعدّ الولود breeder منذ الآن، لأننا اكتشفنا أن الأمر قد يستغرق عشرات السنين قبل حلّ المشاكل الناشئة عن النوع الجديد من المفاعلات.

مفاعلات جديدة أخرى

بعد دراسة حاجتها على مستوى عالٍ، رجعت حكومة الولايات المتحدة إلى دعم تطوير الطاقة النووية - وإن تكن على مستوى أخفض نسبياً إذا ما قورنت بالدعم السابق. المجال الأساسي الذي تفحصه هو المفاعل الصغير المبرّد بالماء، وهو مفاعل نمطي ذو طبقة حصوية (PBMR). ويتم تطويره في جنوب أفريقية. إن المطالعات والمراجعات حول هذا التصميم إيجابية وواعدة، وتقترح بعض الورقات العلمية أن هذا المفاعل يمكن أن يحل محل مفاعل الماء الخفيف (LWR). قد يكون الأمر كذلك، لكنه غير مؤكد بناءً على تجربة سابقة - لأنه منذ بداية الطاقة النووية السِلْمية، وجدنا مشاكل في كل الأنواع الجديدة من المفاعلات. في الحقيقة، إن اكتشاف المشاكل أثناء فحص تصميم مفاعل فورت سانت فراين الكبير والجديد المبرّد بالغاز أدى إلى إغلاق المنشأة عام 1989 وإلى ترك تطوير المفهوم. وهكذا فإن على المرء أن لا يقلل من أهمية الحاجة إلى مفاعلات الماء على أساس التطوير المنتظر القريب الأجل لمفاعل الغاز الصغير أو لأنواع أخرى جديدة من المفاعلات. وكما لاحظنا، فإن الدافع لبدء تطوير المفاعل الولود السريع الآن هو أن نضمن توفره عدة عقود عندما تدعو الحاجة إليه.

مفاعلات الماء الخفيف في الولايات المتحدة

كما أُشير من قبل، يُعدّ مفاعل الماء الخفيف منشأة نووية ناجحة. بعد تصحيح عدد من المشاكل على مدى السنين. بُني مثل هذه المنشآت خارجاً في غضون أربع أو ست سنوات. بدأ مفاعل الماء المغلي المتقدّم (ABWR) الجديد والناجح التابع لـ GE التشغيل التجاري في اليابان عام 1996، بعد أربع سنوات من إنشائه، وبدأ (ABWR) الثاني التشغيل التجاري عام 1997، وهو يتبع طوكيو إلكتريك بَوَر كمبوني.

في هذا البلد، وقبل عام 1973، بُنيت أيضاً منشآت جديدة في غضون أربع إلى ست سنوات. ولكن منذ عام 1973، عندما كادت الحاجة إلى منشآت جديدة أن تختفي، استغرقت عملية بنائها من 10 إلى 20 سنة، نظراً للبيروقراطية غير اللازمة والعوائق الشرعية. و هذا أدى إلى تكاليف إضافية غير ضرورية تقدّر بيلايين الدولارات. إن المنشآت النووية - ومعها المنشآت التي تُغذّى بالفحم - هي أقل المنشآت كلفة في التشغيل، لكن تكاليف رأس المال العالية غير الضرورية في المنشآت النووية يجعلها بلا منافس في الولايات المتحدة. ومع الزيادات الحالية في تكلفة الغاز، تستطيع المنشآت النووية في الولايات المتحدة، التي بُنيت في أربع إلى ست سنوات، أن تكون منافسة للمنشآت التي تُغذّى بالغاز. إضافةً إلى ذلك، وكما تقترح وكالة معلومات الطاقة التابعة لوزارة الطاقة، إذا كان من الضروري أن تُفرض غرامة تبلغ 250 دولاراً لكل طن من غاز ثنائي أكسيد الكربون CO_2 المنبعث؛ استجابة لأهداف كيوتو Kyoto في الاحترار العالمي، فإن الكهرباء الناتجة من منشآت الغاز ستكون تكلفتها ضعف تكلفة الكهرباء الناتجة من منشأة نووية. هكذا، ومن أجل مصلحتنا ومصلحة العالم ينبغي على الولايات المتحدة أن توضّح أن إجراء ترخيصها الجديد سيسمح ببناء منشآت نووية هنا لها من الفعالية ما للمنشآت الخارجية.

إنقاذ العالم بالطاقة النووية

مع الاحترار العالمي المتوقع، وزيادة حاجة العالم إلى الطاقة، وازدياد تكاليف الوقود الأحفوري، فإننا، بلا أدنى شك، سنرى زيادة كبيرة في الطاقة النووية. والسؤال الأساسي هو متى ستبدأ هذه الزيادة. هل علينا أن ننتظر حدوث احترار أرضي كبير، أم وقوع نزاع حول نقص الوقود

http://serversmiso.aecs.sy مكتب نظم المعلومات هيئة الطاقة الذرية السورية

الأحفوري؟ من المعقول جداً أن تقود الولايات المتحدة العالم في توسيع الطاقة النووية كي تواجه مشاكل العالم الكامنة قبل وقوعها. إن الطاقة النووية ستكون مصدر الطاقة الأعظم احتياجاً في القرن القادم. وإننا لنأمل أن يأخذ توسع الطاقة النووية مجراه الآن، لمنع المشاكل الكبرى المتوقعة، بدلاً من الانتظار ومحاولة تخفيفها بعد أن تقع المعاناة في الولايات المتحدة وباقي دول العالم.■

☆ ★ ☆

هيئة الطاقة الذرية السورية مكتب نظم المعلومات http://serversmiso.aecs.sy

ازدهار الطاقة النووية في القرن الحادي والعشرين*

من المقرر بناء محطات نووية جديدة في الولايات المتحدة، وبالتالي ستزداد الحصة النووية فيما يتعلق بتوليد الكهرباء على مدى العقود القادمة

كوربن.أ . مكنايل الإبن
رئيس CEO وشركة الطاقة PECO - فيلادلفيا

إن عملية التنبؤ تنطوي دائماً على مخاطر، فعندما تكون مصيباً؛ قِلة من الناس تتذكر ذلك، وعندما تكون على خطأ؛ قِلة منهم أيضاً تنسى ذلك.

فعلى سبيل المثال، من كان يستطيع أن يتخيل في شهر تشرين الثاني لعام 1900 أن مشروع الطاقة الكهربائية الحديث في ذلك الحين سيصبح بعد مئة عام العصب الأكثر أهمية في الصناعة؟

وما من أحد يريد أن يتذكّر التنبؤ الذي جاء به اللورد رذرفورد -الحائز على جائزة نوبل للسلام- في عام 1933 عندما قال:" إن الطاقة الناجمة عن اكتشاف الذرّة هي نمط متواضع جداً من الأشياء، وعندما يتوقع أي شخص مصدراً للطاقة من تحوّل الذرّة يغدو هذا "كلاماً فارغاً". وهذا "الكلام الفارغ" يحمل في طياته الآن أكثر من 440 محطة للطاقة الذرّية تنتج 17% من الكهرباء في العالم.

وثمة تنبؤان اثنان أود طرحهما: الأول هو أن محطات نووية جديدة سيتم بناؤها في الولايات المتحدة، والثاني أن حصة الكهرباء المتولدة من الطاقة النووية ستزداد على مدى بضعة عقود قادمة، رغم التصورات المعاكسة لذلك.

وليس من الضروري أن تكون مهندساً نووياً، أو متخصصاً في علم الاجتماع، أو رجل أعمال لكي تدرك الأسباب التي أدت إلى مثل هذا التنبؤ الذي يدعو إلى التفاؤل. وكما أن الاقتصاد العالمي مستمر في التوسع نتيجة الاستخدام المتزايد للتقانات الجديدة، كذلك الأمر سيزداد الطلب على الكهرباء.

ازدياد الطلب على الكهرباء

نظراً لازدياد الطلب على الكهرباء، ستظهر الحاجة إلى محطات جديدة لتلبية الطلب المتجدد عليها، ولكي تحلّ هذه المحطات محل تلك التي أُقيمت منذ 40-50 سنة. على أية حال، لن يقبل الناس محطات جديدة ستؤدي، بأية وسيلة، إلى إيقاع الضرر بالبيئة. وهذه هي النقطة التي يستطيع من خلالها مؤيدو الطاقة النووية أن يبنوا أقوى حججهم عليها.

يطالب الناس حالياً في كل أنحاء العالم ببيئة أكثر نظافة. والمسألة الأساسية تتمثل بكيفية تحديد "البيئة الأنظف". وعندما تحرّى الباحثون هذه المسألة بتعمّق، اكتشفوا أن المقصود بذلك، وفق ما تراه الأغلبية الساحقة من الناس، هو أنهم يريدون هواءً وماءً نظيفين، إذ أن الجمهور في الولايات المتحدة، وبصورة متزايدة في العالم كله، لم يعد يحتمل تلوث البيئة. فالاحترار العالمي يشكل قلقاً جدّياً. وهنالك تقارير تخبر عن وجود "بحيرات" في القطب الشمالي بدلاً من الجليد، مما يزيد من حدّة هذا القلق إلى مستويات أعلى.

ويرى الناس في تخفيض سويات ثنائي أكسيد الكبريت وأكسيد النتروز، وهما من غازات الدفيئة، خطوة مهمة نحو التقليل من الاحترار العالمي.

وبالرجوع إلى إحصائية واحدة فقط، في عام 1997 وحده، نجد أن إصدارات ثنائي أكسيد الكبريت في الولايات المتحدة كان من المتوقع أن تكون أعلى بمقدار 3 مليون طن، وأن إصدارات أكاسيد النتروجين كان من المتوقع أن تكون أعلى بمقدار 2.1 مليون طن، وذلك فيما لو قامت المؤسسات العامة ببناء محطات تعتمد على الوقود الأحفوري بدلاً من المحطات النووية. لوضع هذا الرقم في ضوء ماسبق نجد أنه يتطلب 50 000 عربة تعمل على سكة الحديد تُملأ بالفحم لإنتاج 2.1 مليون طن من ثنائي أكسيد الكبريت وأكسيد النتروجين.

ولسوء الحظ، إذا تقرّر في المستقبل إغلاق المحطات النووية الأمريكية البالغ عددها 103 محطات، واستُعيض عنها بمحطات تعمل بالوقود الأحفوري، فقد يكون ضرورياً إبعاد 90 مليون سيارة من الطرق الرئيسة في البلاد فقط للحفاظ على سوية الإصدارات عند السوية الحالية. وهذا العدد أقل قليلاً من نصف عدد السيارات الموجودة على الطرق والبالغ عددها 200 مليون سيارة.

إن بناء المزيد من محطات التوليد، التي تعمل بالطاقة الشمسية وبطاقة الرياح، يمثل أحد السبل للحدّ من إصدارات الدفيئة. وخلال العقدين القادمين سيتم بناء المزيد من منشآت التوليد التي تعمل بطاقة الرياح والطاقة الشمسية. غير أن الطاقة الشمسية وطاقة الرياح لن تكونا كافيتين لتلبية الطلب المتزايد على الكهرباء خلال العقود القادمة، ناهيك عن استبدالها بمحطات قديمة. كما ستقدم التقانات الأخرى، كخلايا الوقود، مساهماتها في هذا الشأن، لكنها لن تحلّ محل المنظومات الموجودة.

إن أفضل طريقة موثوق بها من الناحية البيئية لتلبية الطلب على الكهرباء لابد أن تكون من خلال الطاقة النووية. وهذا يعني أنه ينبغي على مشغّلي المحطات النووية في العالم الحفاظ على محطاتهم من أجل إطالة عمرها التشغيلي، ويجب أيضاً بناء محطات جديدة.

---

* نشر هذا المقال في مجلة *Nuclear News*, November 2000. ترجمة مكتب الترجمة والتأليف والنشر - هيئة الطاقة الذرّية السورية.

http://serversmiso.aecs.sy مكتب نظم المعلومات هيئة الطاقة الذرية السورية

لكن ثمة عامل آخر يجب أخذه بعين الاعتبار عندما نكون بصدد بناء محطات نووية في القرن الحادي والعشرين: إنه عامل المنافسة.

لقد تمّ بناء المحطات النووية في الولايات المتحدة منذ الخمسينيات وخلال الثمانينيات بموجب "ميثاق رقابي" قديم. ومفهوم "ميثاق رقابي" كان يستلزم من مؤسسات المرافق العامة أن يكون لديها توليد كهربائي كافٍ لتلبية جميع الزبائن ضمن إقليم خدمات جغرافي محدد. وبالمقابل، كان يُسمح لمؤسسات المرافق العامة بكسب نسبة مسموح بها من العائدات، وأن يكون لها احتكار ذلك ضمن منطقتها الخدمية المحددة.

بدايات زوال الرقابة

بدأ العالم المشجّع لمؤسسات المرافق الاحتكارية المنظّمة بالتغيّر في صيف عام 1992، عندما وقّع الرئيس بوش ميثاق السياسة النووية. وبموجب هذا الميثاق زالت الرقابة عن مبيعات الكهرباء في سوق البيع بالجملة. وفي غضون بضع سنوات، خطت نصف الولايات تقريباً نحو إزالة الرقابة عن مبيعات الكهرباء على مستوى البيع بالتجزئة. ومن أهم الولايات التي قادت حركة إزالة الرقابة عن سوق البيع بالتجزئة: بنسلفانيا، وكاليفورنيا ونيويورك. لكن مالبث أن انضم إلى هذه الولايات 24 ولاية أخرى تقريباً، معظمها من الشمال الشرقي والولايات الغربية الوسطى.

مع تزايد الطلب على الكهرباء، ستكون هنالك حاجة إلى محطات جديدة تلبي الطلب المتجدد على الكهرباء ووتحل محل المحطات التي تم بناؤها منذ 40 أو 50 سنة

لقد أحدثت إزالة الرقابة عن سوق البيع بالتجزئة ثورة على صعيد صناعة مؤسسات المرافق العامة الكهربائية في الولايات المتحدة، على غرار ماحدث في المملكة المتحدة منذ بضع سنوات، وعلى غرار ما يحدث الآن في دول الاتحاد الأوربي.

لكي تصبح مولّدات الطاقة النووية منافسة في هذه السوق الجديدة، لابد من تخفيض التكاليف. ولهذا الغرض بدأ مشغّلو المحطات النووية البحث عن وسائل فعّالة أكثر ونجحوا في ذلك.

في عام 1990 بلغ متوسط مدة الانقطاع عن إعادة التزويد بالوقود في الولايات المتحدة حوالي 75 يوماً. ومع نهاية العقد الماضي، كان متوسط مدة الانقطاعات 42 يوماً آخذة بالتناقص. وبإيجاد وسائل لصيانة المحطات وتشغيلها بصورة فعّالة أكثر، أصبحت الطاقة النووية الآن تملك فرصة المنافسة على توليد الكهرباء اعتماداً على الفحم الحجري، الذي بقي أكبر مصدر للكهرباء في الولايات المتحدة، إذ بلغت نسبة حصته في السوق 56%، هذا إذا ما قورن بالطاقة النووية التي بلغت نسبتها 21%.

وإذا كان لابد من زيادة حصة المحطات النووية في السوق، فمن الضروري إجراء تخفيضات إضافية في التكاليف. ومن بين التحديات التي تواجه مشغّلي المحطات النووية في الولايات المتحدة هو أن العديد من الشركات تقوم بتشغيل عدد ضئيل من المحطات النووية. وهذه المحطات لن تكون قادرة على تخفيض تكاليف توليد الكهرباء إلى حدّ المنافسة مع الفحم الحجري بسبب التكاليف الباهظة بالنسبة للهيئات الصغيرة.

ولهذا السبب، تواجه مؤسسات المرافق العامة الأمريكية موجة من عمليات الاندماج والاكتساب على مدى السنوات القليلة القادمة عندما حدّدت هذه المؤسسات المسار الذي ستتخذه في الأسواق الجديدة التي زالت عنها الرقابة مؤخراً.

نتيجة لذلك، تسعى شركة PECO Energy مع عدة شركات أخرى لشراء محطات طاقة نووية. وحتى هذا التاريخ، قامت شركتا PECO Energy و British Energy بشراء ثلاث محطات عن طريق شريكتهما Amer-Gen Energy. وتمّ شراء محطات في إيلينوي، وبنسلفانيا ونيوجرسي.

وثمة نتيجة أخرى مهمة للمنافسة تتمثل باندماج مؤسسات المرافق العامة الذي ازداد على نحو مذهل في الأعوام القليلة الماضية.

وتقوم شركة PECO Energy حالياً بالاندماج مع شركة يونيكوم Unicom في شيكاغو. وعندما تصبح جميع عناصر الاندماج في حالتها النهائية، تقوم الشركتان بإعادة بناء عملياتهما النووية تحت اسم شركة تابعة جديدة هي إكسيلون جنريشن Exelon Generation، التي ستغدو أكبر شركة لتشغيل محطات الطاقة النووية في الولايات المتحدة وثالث أضخم شركة تشغيل في العالم.

يمكن الحصول على مردود الكلفة بتقسيم المحطّات إلى مجموعات تشغيل إقليمية (ROGS)، بحيث تغطي كل واحدة من هذه المجموعات منطقة جغرافية محددة، ولها طاقم خاص بأعمال الصيانة والإدارة، الذي يستطيع أن يخدّم عدداً من المحطات. وهكذا، من خلال تخفيض التكاليف الإضافية يمكن أن تنخفض تكاليف التوليد بشكل واضح مما يضع المحطات في مركز المنافسة مع المحطات التي تعمل بالفحم الحجري.

ومن خلال استراتيجية التشغيل هذه، التي تجعل المحطات النووية في حالة تنافس، نستطيع أن نلفت انتباهنا إلى المزايا البيئية التي تتمتع بها المحطات النووية مقابل محطات الوقود الأحفوري التي تنافسها أيضاً بشكل فعّال في سوق مفتوحة.

وفي بحثٍ بعنوان "المنافسة في سوق الكهرباء والطاقة النووية"، قدّمتها كارولين فيرلي C. Varley وجون بافينبارغر J. Paffenbarger في الندوة الدولية السنوية الثالثة والثلاثين لمعهد اليورانيوم وَرَدَ مايلي: "إذا كانت تكاليف بناء محطة تعمل بالغاز وذات دورة متكاملة أقل لكن تكاليف تشغيلها أعلى بكثير مما هو الحال في محطة نووية، فإن الكهرباء التي تولّدها ستكون تكاليفها عالية جداً، مما يحول دون منافسة الكهرباء المتولّدة من المحطات النووية. وستكون المحطة النووية طيلة الوقت قادرة على بيع طاقتها في سوق الكهرباء، في حين تبقى المحطات ذات الدورة المتكاملة عاطلة عن العمل، أو تحقق أرباحاً أقل بسبب تكاليف تشغيلها المرتفعة".

هيئة الطاقة الذرية السورية مكتب نظم المعلومات http://serversmiso.aecs.sy

وما من شك في أن أسطول المحطات النووية الحالي يمكن أن يكون فعّالاً من حيث الكلفة إلى درجة منافسته لمحطات الوقود الأحفوري. وحتى مع ازدياد المردود والتوسع المسموح به فإن المحطات الجديدة ستكون ضرورية في العشرين سنة الأولى من القرن الحالي.

وطيلة السنوات العشر الماضية كانت الولايات المتحدة وكثير من الدول الأخرى في العالم تتمتع بازدهار اقتصادي لامثيل له، ومعظم هذا الازدهار سببه زيادة الإنتاجية التي تعود أسبابها إلى استخدام التقانة الحديثة.

وفي أحوال كثيرة، من الصعب أن نتذكر تلك الفترة التي لم تكن الحواسيب تشكل فيها جزءاً مكمّلاً في حياتنا. مع ذلك، وقبل مدة عشر سنوات فقط لم نكن نسمع فعلياً بالحواسيب الحضنية التي كانت تزن أكثر من 10 باوند. ولم يسألك أحد عن عنوان بريدك الإلكتروني لأنه لم يكن لديك بريد إلكتروني. كما أن الحواسيب التي لاتتجاوز حجم الكف لم تكن قد اخترعت بعد، واستُخدمت معظم الحواسيب من أجل معالجة الكلمة - أي أن الحواسيب كانت بشكل أساسي عبارة عن مجرد آلات عالية الكفاءة.

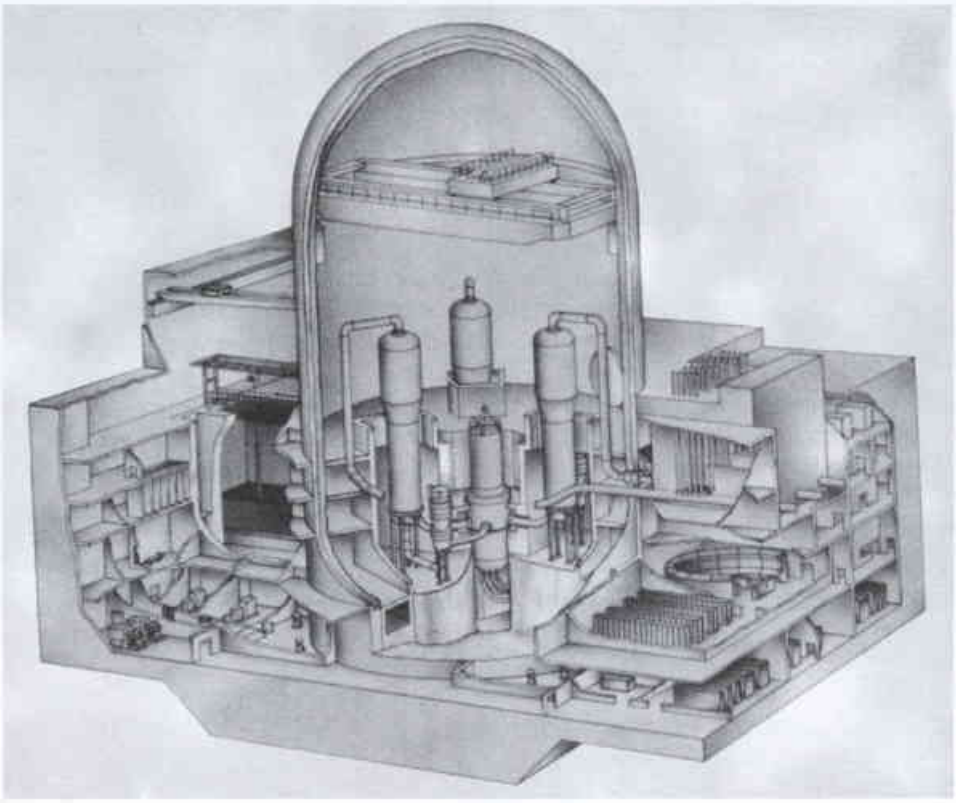
وخلال عشر سنوات فقط، تغيّر كل شيء. فالتطور الاقتصادي المستمر ساعد في رفع مستوى معيشة الملايين من الناس، كما أنه أدى بالمقابل إلى الطلب المتزايد على الكهرباء.

وإذا مأأخذنا مثالاً بسيطاً عن كيفية حدوث ذلك، لابد لنا من التمعن بالحواسيب الشخصية. فالحاسوب والطابعة يمكنهما استهلاك كمية من الكهرباء في السنة مثل ثلاجة المنزل النموذجية.

وفي مجال العمل التجاري والصناعة يحتاج جميع أرباب العمل تقريباً إلى الحاسوب من أجل القيام بأعمالهم.

إن الازدهار المحتمل في أنحاء العالم كافة واضح لأي شخص يعمل في صناعة المرافق الكهربائية. وبناءً على تقديرات وزارة الطاقة الأمريكية، فإن الطلب الإجمالي العالمي على الكهرباء سيرتفع بين عامي 1995 و2020 من 12 تريليون كيلوواط ساعة إلى 23 تريليون كيلوواط ساعة، أي بزيادة نسبتها تماماً أقل بقليل من مئة بالمئة خلال ربع قرن.

يمكن تلبية جزء من هذا الطلب الجديد على الكهرباء، فقط ببناء محطات طاقة نووية جديدة. ولدى البحث عن أفضل السبل الممكنة في بناء هذه المحطات، ينبغي ألا نركّز ببساطة على شركات بناء المحطات في



مفاعل وستنغهاوس APWR.

الولايات المتحدة. فنحن اليوم نعيش في ظل نظام اقتصادي عالمي، وينبغي أن نقبل بقدوم التقانات الجديدة من أي مكان على الكرة الأرضية. ويجب على مالكي المحطات ألا يتردّدوا في النظر إلى أبعد من حدودنا كشركاء في بناء محطات جديدة.

المفاعل النموذجي ذو طبقة الوقود الحصوية PBMR

ولهذا السبب أعلنت مؤخراً شركة PECO Energy أنها كانت تستثمر 7.5 مليون دولار أمريكي في مشروع مفاعل نموذجي ذي طبقة وقود حصوية (PBMR) الذي تقوم بتطويره شركة إسكوم Eskom، وهي شركة كهرباء تابعة لحكومة جنوب أفريقية.

وهذا التصميم للمحطة الجديدة يجذب الانتباه العالمي لكونه يمثل تقانة نووية تنطوي على مزايا مستقبلية ممكنة مثيرة للإعجاب. ومن المحتمل أن يستغرق تصميم التقانة وبناؤها وتشغيلها، وإنجاز الإمكانيات الفنية والاقتصادية كلياً خمس سنوات: وهذا الاستثمار في مجال البحث والتطوير الذي تقوم به شركة PECO Energy في إحدى تقانات التوليد المستقبلية يبدي إمكانيات هائلة.

يُعدّ مفاعل PBMR، الذي هو قيد التصميم في جنوب أفريقية، فعّالاً من حيث الكلفة، وتقانته قابلة للتكيّف، فإذا ما أثبت جدواه، سيتم إدراجه ضمن مزيج الطاقة المستقبلي في البلاد وسيُصدَّر بالتالي إلى بلدان أخرى.

وتشكّل التقانة المذكورة ميّزة للمفاعلات النموذجية الصغيرة المبرّدة بالهليوم، التي تزيد استطاعتها عن 100 ميغاواط والتي تُعدّ آمنة بطبيعتها،

http://serversmiso.aecs.sy مكتب نظم المعلومات هيئة الطاقة الذرية السورية

حيث لايمكن أن ينصهر الوقود بموجب أي احتمال. وهذا يقود إلى تصميم أبسط للمحطة وتكاليف مادية أقل من المفاعلات الأخرى. فمفاعلات PBMR صُمّمت بحيث يتم تزويدها بالطاقة من جسيمات أكسيد اليورانيوم، المطلية بكربيد السليكون والمغلفة بالغرافيت لتشكّل وقوداً حصوياً ، أو كرات، بحجم كرة التنس تقريباً. ومن الممكن تركيب مفاعل أو أكثر من مفاعلات PBMR على المواقع الحالية. هنالك مزية أساسية لهذه التقانة وهي أن إعادة التزويد بالوقود يمكن أن تتم بصورة مباشرة.

إن المفاعل وتقانة الوقود مشابهان للمفاعل المبرّد بالغاز، ذي درجة الحرارة العالية، والذي تم تشغيله في الوحدة الأولى من محطة Peach Bottom للطاقة الذرّية التابعة لشركة PECO Energy بين عامي 1967 و1974، إلا أنه أُجري خلال الثمانينيات عدد من التحسينات البارزة على مفاعلات الغاز في ألمانية.

ولابد من تقديم المزيد من العمل والجهد قبل أن تتخذ إحدى الشركات أي قرار حول جدوى بناء مفاعل PBMR في الولايات المتحدة، لكن الاحتمال قائم حيث يمكننا أن نتصور مفاعلات PBMR وقد بُنيت لتحل محل المحطات المحالة على التقاعد، وأيضاً لتوسيع الأسطول النووي في الولايات المتحدة مستقبلاً.

المستقبل

مع أن هناك عدة أسباب تدعونا للتفاؤل بشأن مستقبل الطاقة النووية في العالم، ينبغي أن نبقى حذرين من الجماعات التي تعمل على تخفيض أو إزالة توليد الطاقة النووية. ومن السهل جداً على البعض منا في مجال الصناعة النووية صرف النظر عن مثل هذه الأفكار وكأنه لم يتم العلم بها، غير أنه لايمكننا سوى تجاهل التأثير السياسي الذي يستخدمه معارضو الطاقة النووية.

ومؤخراً، تحرك عدد من الدول الأوربية لإزالة الطاقة النووية. فالقلق العالمي الناجم عن الحوادث في موقع Three Mile Island-2 عام 1979 وفي تشرنوبل عام 1986 هو قلق حقيقي وينبغي معالجته.

إن الزيادة في الطلب والحاجة إلى هواء وماء نظيفين تمنحاننا فرصة لا تشبه أية فرصة كانت الصناعة تنعم بها في العشرين سنة الماضية

بعضنا، ممن يدرك ويقدّر الدور المهم للطاقة النووية في مجال توليد الكهرباء التي سيحتاجها العالم على مدى الخمس والعشرين سنة القادمة، لايمكن أن يقف مكتوف الأيدي ويهزّ برأسه وينتظر من معارضي الطاقة النووية أن يبدأوا بوضع العقبات التي تعترض سبيلنا.

ومن الضروري لنا أن نقتحم ميدان المنافسة – وأن نكون واثقين من أن الهيئات التشريعية في العالم تسمع أصواتنا. ولايمكننا أن نسمح للإمكانيات الهائلة للطاقة النووية أن تتقلص بسبب مخاوف قلة من الأشخاص المنظمين.

ومن ضمن مسؤولياتنا أن نُعْلِم الناس وقادتهم السياسيين بأن قضايا السلامة وتخزين الوقود المستَهْلَك قد بوشر العمل بهما، وأن المخاوف من الطاقة النووية لا أساس لها من الصحة.

إن نظرتنا المتفائلة لإمكانيات الطاقة النووية في القرن الحادي والعشرين مبنية على أسس متينة. وإن تزايد الطلب على الطاقة النووية المقترن مع الحاجة إلى هواء وماء نظيفين يعطينا فرصة لا تشبه أية فرصة كانت الصناعة تنعم بها في العشرين سنة الماضية.

وليس بوسعنا أن ندع هذه الفرصة تفلت من بين أيدينا، فالقرن الحادي والعشرون يمكن أن يكون هو القرن الذي يحقق فيه السباق البشري أخيراً الإمكانية الكاملة بأن الطاقة النووية يمكن أن تجلب للبشرية في العالم إنتاجية أعلى ومستوى معيشة أفضل.■

☆ ★ ☆

http://serversmiso.aecs.sy مكتب نظم المعلومات هيئة الطاقة الذرية السورية

المتطلبات لنهضة نووية ثانية في القرن الحادي والعشرين: عرق وطموح وإلهام*

تُعدّ النهضة النووية امراً منطقياً وحتمياً من وجهة نظر تاريخية، ذلك لأن الطاقة النووية صديقة للبيئة ويمكنها ان تغطي احتياجات الكهرباء على المدى البعيد وبصورة آمنة

تشانغ كون لي

مفوض هيئة الطاقة الذرية في جمهورية كوريا وأول نائب رئيس ورئيس منتخب للمجلس العالمي للجمعيات النووية (INSC)

كثيرون من أفراد المجتمع النووي يتكلمون عن مجيء نهضة نووية ثانية خلال العقود الأولى من القرن 21. ويعتمد جدلهم هذا على سببين رئيسين: الأول هو طبيعة الطاقة النووية الودودة للبيئة، والثاني هو قدرة هذا النوع من الطاقة على تغطية احتياجات المدى البعيد من الطاقة الكهربائية الآمنة. من هذا المنظور، يغدو استخدام الطاقة النووية أمراً منطقياً وحتمياً ولا بدّ من استثمارها بشكل واسع واقتصادي وآمن.

من ناحية أخرى، يمكن لنهضة نووية ثانية قادمة أن تحدث فقط في حال وجود إجماع مجتمعي وتوفر عقول خلاّقة مسخرة من أجل المواجهة والتغلب على مختلف أنواع التحديات التقانية. وبالتحديد، لا بدّ أن يشتمل الوسط النووي على أفراد مبدعين، من أمثال ليوناردو دافنشي في عصر النهضة، ممن أكدوا على أهمية إجراء ملاحظة دقيقة فاحصة، ومن زوايا عديدة، للظواهر الفيزيائية والتي مكّنت بالتالي من إعطائه الحلول لكثير من القضايا البارزة في عصره.

في أوج عصر النهضة، قام ليوناردو دافنشي باختراع الدراجة، والحوّامة، والطائرة، والزورق الطائر، ومجلخة العدسة، وكثير من المنتجات الهندسية الأخرى دون أن يتوفر لديه إرث سابق أو توجيه من ناصح مخلص. وبنفس الأسلوب، أظهر إنريكو فرمي إبداعه العلمي من خلال تصميمه أوّل مفاعل نووي وتنبؤه الدقيق بالتفاعل النووي التسلسلي البدئي initial nuclear chain reaction معتمداً بذلك تماماً على حساباته الخاصة.

وبالمقارنة مع تلك الأزمنة، فإن الوسط الإجتماعي الراهن لدفع المشاريع النووية هو أفضل وأنضج كثيراً مما كان عليه في الماضي، ذلك لأن البنية التحتية قد أضحت الآن موجودة في مكانها. وللأسف، يبدو أن جميع المحترمين في المجال النووي أصبحوا غير مبالين ومحتجزين في شرك عالمهم الخاص، وهم كالغازات الخاملة غير فعّالين اجتماعياً. ومن الواجب أن تُحرَّم مثل هذه المواقف التسامحية، كما لا بدّ أن يُستبعد التساهل الذاتي أثناء تنفيذ أعمالنا وعند الإعلان أو الدعاية عن إنجازاتنا.

ولا بدّ للمجتمع النووي أن يزيد قدر اهتمامه بما يفعله الآخرون، وبخاصة أولئك النشطاء المناهضين للاستخدام النووي. فهؤلاء مُحرَّضون إلى أقصى الحدود ويعملون على إثارة الرأي العام ووسائل الاعلام مما يشجع الكثيرين على القيام بفعل محدد.

البحث عن الأجوبة

إن ما تحتاج إليه قريتنا النووية هو عَرَقنا وطموحنا من أجل متابعة وتنفيذ مهمة نووية مع المواظبة على اختراق ما يبدو منيعاً من المعيقات الهندسية التي ستواجهنا.

وإضافة للعرق والطموح اللازمين من أجل تنفيذ المشاريع، لا بدّ من القيام بمحاولة استثنائية من داخل المجتمع النووي والتي يمكن أن يطلق عليها اسم "الإلهام inspiration". هذا ولا يمكن للإلهام أن يتولد عن الجهود العادية لأفراد يعيشون في عالم ذي رؤية محدودة، وإنما يوحى كشعاع برق يهبط من علو من السماء، كما سبق وأفاد بذلك توماس كارليل Thomas Carlyle في كتاب له بعنوان: "حول الأبطال، وتأليه البطل، والأفعال البطولية في التاريخ On Heroes, Hero Worship and the Heroic in History (1841)"، والأبطال فقط، من أمثال ليوناردو دافنشي وإنريكو فرمي، هم الذين يوهَبون مثل هذه القدرات. وإذا ما جمعنا العَرَق مع الطموح، فإن هذا الجمع سيُحدِث مفعولاً تعاضدياً وسيقودنا في نهاية المطاف إلى الأجوبة التي نبحث عنها.

لقد حان الوقت بالنسبة لنا كي نهزَّ السماء والأرض حتى نحقق اختراقاً إلهامياً مبدعاً. ويُعدُّ واحداً من المشاريع الهامة إحداث مزيد من التطوير وكذلك الاستخدام التجاري لمفاعل درجات الحرارة العالية ذي التبريد الغازي a high-temperature gas-cooled reactor (HTGR) الذي سيُستخدم في تصنيع الحديد والفولاذ وكأفران أخرى لصهر المعادن وما شابه ذلك. وسوف يصبح علماء المواد والغازات والفلزات، واختصاصيو التعدين وآخرون من ذوي العلاقة، في موضع التحدي من أجل دفع مشاريع البحث والتطوير التقاني الضرورية لجعل الطاقة النووية سائدة وعامة الانتشار في العديد من الصناعات عالية درجة الحرارة وسيكون هدفنا هو إنتاج كميات وفيرة ورخيصة من الهدروجين مع الآلات النووية الذي سيحل، في نهاية المطاف، محل الهدروكربونيات في قطاع النقل ويقضي بذلك على سيطرة المنتجات النفطية.

ويُعدّ استخدام الطريقة الإلكتروليتية داخل مفاعل الماء الثقيل المضغوط a pressurized heavy-water reactor أحد التطورات المثيرة لإنتاج الهدروجين؛ حيث ينتج التفاعل فُضالة يمكن الحصول منها على مكونات الماء الثقيل. بعد ذلك، يجري تحسين نوعية هذه الفُضالة ومن ثم

---

* نشر هذا المقال في مجلة *Nuclear News*, November 2000. ترجمة هيئة التحرير – هيئة الطاقة الذرية السورية.

http://serversmiso.aecs.sy مكتب نظم المعلومات هيئة الطاقة الذرية السورية

إدخالها إلى مفاعلات الماء الثقيل. ورغم عدم اعتماد هذه الطريقة على ما يُستقى مجال درجات الحرارة العالية إلا أنها تُقدِّم مدلولاً هاماً من خلال إظهارها للقدرات المتعددة للمفاعلات النووية - وأعني بذلك إنتاج الهيدروجين والماء الثقيل، وتوليد الطاقة الكهربائية.

وهناك مشروع جنوب إفريقي يطلق عليه اسم "المفاعل النمطي ذو طبقة الوقود الحصوية pebble bed modular reactor (PBMR) والذي يتضمن بناء سلسلة من وحدات HTGR قد يصل عددها إلى 10 ؛ وهو من المشاريع التي يجب إنجاحها لأنها تلعب دور رأس جسر من أجل التوصل إلى تصميم ناجح في بناء مفاعلات ذات درجة الحرارة الأعلى.

ولا يقتصر تصنيع كميات وفيرة ورخيصة من الهيدروجين على المجتمع النووي فقط بل هو أيضاً مهمة تخص جميع الهيئات العلمية والهندسية المنتشرة في أنحاء العالم. لذلك كان لزاماً على المهندسين البطوليين والعلماء المخلصين أن يتعهدوا بهز السماء والأرض من أجل توظيف أقصى

مقارنة مع تلك الأزمنة، يُعدّ الوسط الاجتماعي الراهن لدفع المشاريع النووية أفضل وأنضج كثيراً مما كان عليه، ذلك لأن البنية التحتية قد أضحت الآن موجودة في مكانها

ما يمكن من "إبداعهم المتعدد" وذلك حتى يصبح مجتمعنا فيّاضاً بالطاقة وتغدو بيئتنا نظيفة في الوقت ذاته. لقد قال ألبرت أينشتاين في إحدى المرات: "العلماء هم أولئك الذين يقومون بحل المشاكل القابلة للحل؛ والمهندسون هم أولئك الذين يقومون بحلّ المشاكل الواجب حلُّها".

ويجب بالتأكيد حلُّ المعضلة التي ستؤدي إلى قدوم نهضة نووية ثانية في القرن الواحد والعشرين.

إزالة الملوحة

ومن المجالات الأخرى الواجب أخذها بعين الاعتبار مع قدوم القرن المقبل إزالة ملوحة مياه البحر باستخدام الطاقة النووية. وقد قيل بأن القرن العشرين هو قرن النفط، لكن القرن الواحد والعشرين سيكون قرن المياه، أو بتعبير أكثر تحديداً قرن شُح المياه. لذلك، من واجب الخبراء النوويين التوصل إلى حل لهذه المعضلة العالمية. فالماء هو الذي يُولد الحياة وهو الأكثر قيمة بين الحاجات الانسانية الأخرى. هذا، وليس بالإمكان الاعتماد بشكل دائم على مياه الأمطار؛ وتوفر المياه الجوفية، في كثير من المواقع إما بكميات محدودة أو مستنفذة والتي ربما تكون ملوثة.

ولحل هذه المعضلة، يقوم المهندسون العاملون في معهد بحوث الطاقة الذرية الكوري وبرعاية من الوكالة الدولية للطاقة الذرية، بتطوير مفاعل صغير إلى متوسط الحجم مستخدمين الوقود النووي المتوفر حالياً إضافة إلى تجهيزات وتقانات نووية أخرى. والأمل معقود في أن يُبنى مفاعل إزالة الملوحة المنوه به في منطقة عطشى للمياه وفقيرة من حيث إنتاجها للطاقة الكهربائية ولإظهار قدراتنا النووية التقانية. ومن المفترض أن يأتي ذلك اليوم حيث فيه المجموعات السكانية العطشى للمياه التي تطلب منا بناء مفاعل لإزالة الملوحة داخل مجمعهم الزراعي - الصناعي. ولا بدّ لنا نحن المحترفين النوويين أن نكون مستعدين للتعامل مع طلب كهذا.

ومن المذهل حقاً أن نتذكر أنه في عام 1887 أي بعد ثمانية أعوام فقط من اختراع توماس أديسون لمصباح الضوء الكهربائي، عُرِفت الكهرباء، لدى المجتمع الكوري، باسم "مبخرة السمك fish steamer"، ويعزى سبب هذه التسمية إلى أن الدفق المنفرغ الناجم عن رمي ماء تبريد المولدة في بركة تقع داخل القصر الملكي كان يعمل على قتل الأسماك وأزهار اللوتس بتعريضها للبخار. ولربما كانت هذه أول حادثة تلوث بيئي ينجم عن الصناعة جرى تسجيلها في التاريخ الكوري. ولأن الماكنة المذكورة كانت شديدة الضوضاء وكثيرة الأعطال فقد أطلق عليها العامة اسم "الكسول الذي لا يُعتمد عليه" وبالإضافة لما سبق، كان المخزون الاحتياطي للفحم يُصدر الكثير من الهباب الأسود.

وفي حال حدوث جفاف شديد في البلد، كان الفلاحون الغاضبون والجياع يلجأون إلى تنظيم المظاهرات ويحاولون إيجاد كبش فداء؛ ولم يكن الرجل الجائم على العرش هو كبش الفداء لغضبهم بل كان الأسلاك الكهربائية الشبيهة بخيوط العنكبوت والتي جرى تركيبها بموافقة من صاحب الجلالة. وقد ادّعى الجمهور المتظاهر آنذاك بأنه لا بدّ وأن الأسلاك الحاملة لضوء "العفريت" هي التي قامت بطرد وإبعاد الغيوم والمطر مما تسبب في حدوث الجفاف. وهكذا، نجد أن البداية لتوليد الكهرباء ترافقت مع أشكال عدة من التلوث وكانت صعبة الفهم والإدراك من قبل آبائنا الأول.

ومهما يكن من أمر، فقد ولّت وإلى الأبد تلك الأيام التي كان يُوجه اللوم فيها إلى وحدة توليد الطاقة كماكنة مبخرة للسمك "الكسولة التي لا يعتمد عليها" والمرفوضة من عامة الشعب. ومع انقضاء الزمن، مرَّ تاريخ كوريا المعاصر بفترات ثرية وأخرى شحيحة، أو بفترات من النهوض والانحدار، وذلك في جميع المجالات تقريباً بما في ذلك قطاع الطاقة الكهربائية.

بعد الحرب الكورية (1950 - 1953)، كان على الجماهير الكورية، بسبب أوضاعها البائسة، أن تدبر بشق النفس أمور معاشها؛ فغالبية الناس كانت تعاني من عجز شديد في الاحتياجات المعاشية الأساسية، وكانت المشكلة الأعظم إلحاحاً في تلك الأيام ملء البطون الخاوية لعامة الشعب. ورغم هذه الظروف، قررت الحكومة الكورية تدريب صغار السن من العلماء والمهندسين خارج البلاد في مجال التقانة النووية، وكان ذلك يشكل، بالطبع، ضغطاً على الخزانة الوطنية التي كانت أصلاً بحالة مزرية.

وكان عون الولايات المتحدة في مجال التدريب يُعدّ مساعدة عظيمة لنا من أجل إرساء البنية النووية الأساسية. ولقد كانت كوريا سعيدة الحظ باتباعها مساراً نووياً سلمياً يتمثل بتوظيف محترفين نوويين أكفاء ممن تلقوا بانتظام التدريب الصارم والمتكرر. وتُعدّ الطاقة البشرية الجيدة التدريب أصولاً حقيقية للقطاع النووي الكوري، أما الأصول غير الملموسة فتكمن في القدرات التقنية والخبرة لهذه الطاقة البشرية وفي تفانيها في العمل على مدار الساعة.

http://serversmiso.aecs.sy مكتب نظم المعلومات هيئة الطاقة الذرية السورية

محطة إعادة المعالجة لاهاغ (La Hague).

ويُكلّف تدريب واحد من المحترفين النوويين الكوريين مقداراً يعادل وزن جسمه ذهباً. لذلك، فإنني أفضل أن أدعو كل واحد من هؤلاء باسم "السيد الذهبي Mr. Gold". وإذا كانت حساباتي التقريبية صحيحة، فإن كل مفاعل كوري للطاقة مزوّد بحوالي 15 من هؤلاء السادة الذهبيين ممن يقومون بأعمال التصميم والتصنيع والتركيب والاختبار والتشغيل والصيانة والتفتيش وتحليل عوامل الأمان، إضافة إلى أعمال داعمة في البحث والتطوير وأعمال أخرى تنظيمية. ويجري دعم السادة الذهبيين آنفي الذكر بمجموعة أخرى من سادة "شبه - ذهبيين" يتراوح عددهم ما بين 70 - 80 ، إضافة إلى العديد من "السادة الفضيين" ممن يعملون في الأجنحة الداعمة.

وبناء على ما سبق ذكره، نجد أن للطاقة النووية نصيب الأسد من إمدادات الطاقة المتوفرة في كوريا. فخلال عدة سنوات مضت، جرى تشغيل 16 ماكنة نووية بمتوسط معامل إتاحة يزيد على 88%، كما توجد قيد البناء أربع وحدات باستطاعة MWe - 1000 لكل منها. ومن المتوقع قريباً أن يمنح عارض رابح عقوداً لبناء وحدتين نوويتين جديدتين، وسوف يعقب ذلك في الحال بناء وحدتين إضافيتين. وكحصيلة إجمالية، ستنضم 12 ماكنة نووية إلى الأسطول النووي (الكوري) العامل حالياً عند مطلع عام 2015، الأمر الذي سيؤدي بالتالي إلى توليد ما يقارب 45% من إجمالي الطاقة الكهربائية المتوفرة في كوريا.

والمهمة الملحّة التي أضحت تواجه المجتمع النووي هي تحسين تقانة إطالة عمر المفاعلات المنتِجة للطاقة؛ فنحن نحتاج إلى جعلها أرخص وأكثر كفاءة. كما أنه من الواجب حتماً رفع سوية تقانة التعامل مع النُفايات المشعّة، بحيث تصبح النُفاية أرخص وأقل حجماً وأكثر تقبلاً من قبل عامة الشعب، بالإضافة إلى تأمين مواقع من أجل التخلص منها. ويجب أن لا تبقى أحلامنا بتصنيع نماذج من المفاعلات آمنة ومَنيعة ضد الحوادث الخطيرة موضع الأمل المرجو بل يجب أن تصبح هذه الأحلام حقيقة واقعة.

دورة الوقود

يقول البعض أنه ليس من المنطق أو الأخلاق في شيء أن تستخدم الصناعة النووية نسبة تقل عن 1% من مصادر اليورانيوم الطبيعية. لكن الأمر يغدو أكثر لا منطقية ولا أخلاقية إذا ما جرى التصرف بما يزيد عن 99% من النُفايات المشعة المتولدة بتركها آلاف السنين تعبث بذريتنا وبالوسط المحيط بنا. وبناء عليه، يُعدّ من واجباتنا الأساسية تطوير دورة وقود نووي يمكنها مستقبلاً أن تحقق أقصى معدل استفادة للمصادر الطبيعية وأن تجعل من نفاية الوقود المتخلف عنها نفاية ودودة وغير ضارة بالبيئة. ومن الممكن تحقيق هذه المتطلبات التقانية والاجتماعية بتبني خطة لإعادة تدوير للوقود مع تحويل طفري transmutation للنكليدات المشعة طويلة العمر. وكحّل جزئي لهذه المسألة هو تبنّي ما يعرف بطريقة DUPIC*، أي الاستخدام المباشر للوقود المستنفذ الخاص بمفاعل الماء المضغوط (PWR) في مفاعل "كاندو Candu reactor" (وهو مفاعل كندي يعمل باليورانيوم الطبيعي ويجري تبريده بالماء الثقيل). وسوف تضمن هذه الخطة تحقيق هدفين في آن واحد، ألا وهما: الاستخدام الفعّال لمصادر اليورانيوم والإقلال من حجم الوقود المستنفد. والأهم من كل ما سبق هو أن يجري تنفيذ هذه الأنشطة جميعها تحت مظلة نظام عدم الانتشار النووي.

ويجب أن يكون نموذج المفاعل الواجب تطويره مع دورة وقوده المرافقة، من ذلك النوع الذي يمكن إعطاؤه حتى إلى دولة حمراء أو عدائية دون أن يترتب على ذلك الكثير من البلاء أو القلق. وفي حين لا يمكن أبداً التوصل إلى الكمال المطلق في تصميم يستجيب لجميع متطلبات عدم الانتشار النووي آنف الذكر، إلا أنه من الممكن أن تشكّل مفاعلات KEDO**، التي سبق أن جرى توريدها إلى كوريا الشمالية، مثالاً يُحتذى به في هذا السياق. وعملية استرداد الوقود المشعّ من البلد المتلقي، التي جرى تنفيذها في عهد الاتحاد السوفياتي، تقدم أيضاً بعض الإجابات حول هذا الموضوع.

وقد تأثرنا وأُعجبنا بفكرة "مفاعلات الجيل الرابع" . إذ يطرح القائمون على أعمال البحث والتطوير تصميماً لمفاعل قابل للتشغيل بشكل مستمر

* يصنع وقود DUPIC بنزع كساء الوقود المستنفد لمفاعل الماء المضغوط من خلال عملية إرجاع وأكسدة؛ ورغم الإبقاء على نواتج الانشطار في الوقود المستنفد إلا أنه يجري فصل الأجزاء المتطايرة، وبخاصة غازات الانشطار؛ ومن مسحوق الوقود المستنفد تُصنع حبيبات جديدة مناسبة لحزمة مفاعل Candu يجري بعد ذلك وضعها في داخل كسوة الوقود لهذا المفاعل.

** مفاعلات KEDO: مفاعلات تبنّتها "منظمة شبه جزيرة كوريا لتطوير الطاقة Korean Peninsula Energy Development Organization".

http://serversmiso.aecs.sy مكتب نظم المعلومات هيئة الطاقة الذرية السورية

لمدة 12 - 15 عام دون حاجة لإعادة تزويده بالوقود؛ حيث يُلجأ، بعد انقضاء هذه المدة، إلى إزالة كامل وعاء المفاعل واستبداله بوعاء مفاعل جديد مُزوَّد بوقود حديث العهد. ويجري شحن وتوريد الوعاء القديم للمفاعل إلى الشركة الصانعة له من أجل إعادة تعميره بالوقود. وإذا ما أضحت الفكرة السابقة حقيقة واقعة فإنها ستساهم كثيراً في تعزيز نظام عدم الانتشار النووي.

هذا، ولا بدّ للكهرباء النووية من أن تصبح في القرن الحادي والعشرين أشد منافسة لأي وسيلة أخرى من وسائل توليد الطاقة بما في ذلك تلك الناتجة عن العنفات الغازية ذات الدارة المشتركة والمتصلة مباشرة بخطوط أنابيب نقل الغاز، أو حتى في الفترات التي تصل فيها أسعار النفط إلى أدنى مستوياتها. وينبغي، من الآن فصاعداً، ألاّ تُفسح المجال لأن تتأثر الطاقة النووية بأزمة نفطية، أو بحرب خليجية...

البلوتونيوم

يصبح البلوتونيوم مشكلة اجتماعية عندما يجري إدخال المفاهيم اللاتقانية والسياسية - الدبلوماسية إلى المعادلة. فالعديد من مناهضي الاستخدامات النووية قاموا برسم صورة مظلمة لهذا العنصر وكأنه مادة مؤذية ملازمة وغير طبيعية ذاتياً؛ ويدعّي بعض المتعصبين من بين هؤلاء أن البلوتونيوم لم يكن موجوداً على كوكب الأرض عند ولادته وبأنه ليس مادة صنعتها يد الله لكنها صُنعت في هذا القرن فقط من قبل أولئك المنحدرين من قابيل، ذلك الفتى ذو الأيدي الملطخة بالدماء؛ ولهذا، يمضي البلوتونيوم عكس النظام الطبيعي للأشياء.

والبلوتونيوم في حد ذاته ليس سوى أحد العناصر الكيميائية الشائعة المصنفة كمعدن ثقيل له صفات انشطارية ونشاط إشعاعي؛ ورغم ذلك فقد تعرضت هذه المادة الطبيعية إلى هجوم ثقيل مشحون بالعاطفة.

ومجازاً، يمكن القول بأن "السيد بلوتونيوم" قد ألقي إلى داخل بحر عاصف رهيب من قبل بعض المتدينين المتعصبين وجمهرة من المتطرفين أصدقاء البيئة المناهضين للاستخدامات النووية. ودون إثارة للرؤى الخاصة بمراحله الختامية، أصبحت دورة الوقود النووي مشكلة عالمية وتناقص معدل الاستفادة من استخدام البلوتونيوم.

والنتيجة الحسنة هي أن هذا الهجوم على البلوتونيوم قد أدى إلى منع حدوث انتشار أفقي لتقانة الأسلحة النووية.

وبينما يُعدّ بلوتو pluto إله الموتى وحاكم الجحيم حسب التقاليد اللاتينية، يَدُلّ بلوتوس ploutos، من وجهة النظر الإغريقية أو اليونانية، على الثروة والغنى والرخاء والوفرة المادية.

ومن وجهة نظرنا، يُعد البلوتونيوم مماثلاً للذهب من حيث امتلاكه قيمة مادية، ومن حيث قدرته على الوفاء بوعده لتعزيز وجودنا ورخائنا. وفي الحقيقة لا تُعزى كثيراً قيمة البلوتونيوم إلى صفاته الذاتية كمادة طبيعية بل إلى الطاقة الكامنة فيه.

وقد أدى اكتشاف البلوتونيوم، كما عبرت عن ذلك كلمات "غلن سيبورغ Glenn Seaborg"، إلى "بزوغ فجر عصر جديد" وإلى التنبؤ سلفاً بقدرتنا على ضبط الطبيعة عند سوية تكوين المادة ذاتها. وقد شكّل تحول اليورانيوم إلى بلوتونيوم فصلاً نهائياً باهراً في الضالة المنشودة التي طالما سعى إليها الكيميائيون القدامى وضللت رجال العلم خلال أزمنة القرون الوسطى. لكن الذهب الذي صنعه الانسان في هذا العصر، عصر الطاقة النووية، كان إلى حدٍّ بعيد أعظم قيمة وفعالية من أي ذهب معدني سبق أن سعى إليه أولئك الكيميائيون القدامى.

لا بدّ للكهرباء النووية أن تصبح في القرن الحادي والعشرين أشد منافسة لأي وسيلة أخرى من وسائل توليد الطاقة

والثروة، في الحقيقة، خليط من نِعَم إلهية. فالثروة المادية والمقدرة التقنية المقرونتان بالمبادىء الأخلاقية العامة يمكنها العمل بشكل تعاضدي من أجل دفع عجلة التقدم الحضاري وتعزيز الرفاه الاجتماعي. وقد نسأل أنفسنا.. لماذا حلّت المضامين الخيِّرة للإله بلوتوس في العصر اليوناني محل المعاني المنحطة للإله بلوتو pluto في الأزمنة الرومانية اللاحقة؟ أعتقد بأن ذلك قد حدث بفعل انحطاط وانحلال المجتمع الروماني.

وما نحتاج إليه الآن هو انبعاث حاسم وكبير. وتماماً كما حصل عندما أعاد عصر النهضة الإيطالية التقاليد الإنسانية المتمدنة التي كانت سائدة في اليونان القديم، أو عندما أحيا البارون الفرنسي بيير دو كوبرتين Pierre de Coubertin، بجهده المنفرد، التعاليم الأولمبية في عصرنا الحديث، ينبغي علينا أيضاً أن نعيد التألق الأصلي غير المحرَّف للإله بلوتوس. ويُعدّ التزاماً تاريخياً علينا أن لا نعمل على انحدار البلوتونيوم إلى المسار الهدام المتمثل بالحرب النووية والدمار الشامل، بل يجب علينا أن نعزز خصائصه المولدة للثروة وأن نعمل على توجيهها نحو استخدامه كمُورِد يُعتمد عليه لإنتاج طاقة نظيفة غير ملوثة للهواء. وفوق كل ما سبق، ينبغي علينا إنقاذ "السيد بلوتونيوم" الذي أُغرق في البحر اللاتيني الرهيب.

وسيكون من المفيد لنا أن نتذكر الشرطين اللازمين لاستخدام البلوتونيوم. الأول، هو أنه ينبغي على جميع المشتغلين به أن يتقيدوا بإخلاص بالشروط والبنود الخاصة بمعاهدة عدم الانتشار النووي (NPT). والثاني، هو أنه ينبغي بذل أقصى درجات العناية لتحقيق حماية طبيعية لهذه المادة بحيث لا يمكن على الإطلاق تعرضها إلى "حوادث" كالاستيلاء أو السرقة أو التجارة غير المشروعة من قبل مجموعات متطرفة أو عناصر متعصبة. وفي الوقت ذاته، ينبغي علينا، وبأنواع الوسائل كافة، ألاّ نساعد أو نُحرِّض الدول الحمراء ذات الشراهة الخطرة للأسلحة النووية. كذلك يجب على جميع الفرقاء الالتزام بقواعد تنفيذ إجراءات التفتيش الوقائي.

هيئة الطاقة الذرية السورية مكتب نظم المعلومات http://serversmiso.aecs.sy

منظورات عالمية

ولا بدّ أن يتحكم في أفعال وقرارات محترفي الاستخدامات النووية أخلاقيات تسمو وفق المصالح الوطنية الضيقة، ولا بدّ أن يسترشدوا برؤىً ذات طبيعة عالمية تتطلع بالفعل نحو المستقبل.

لقد شهد التاريخ بأن الخطأ يُولِّد التجديد أو الابتكار. وعُرِف، في القطاع النووي، أن الحادث المؤسف أو حتى الإخفاق التام يقدم قفزة كمية في الطريق نحو أفق أسمى وأعظم أمناًوسلامة.وفي هذا السياق، تراكم لدى المجتمع النووي العديد من الدروس المفيدة التي أصبحت كافية كي تُحرِّض على قدوم نهضة نووية ثانية خلال القرن القادم.

ومعروف أن الضفدع يقفز إلى الأمام بعد وقفة قصيرة أو حتى بعد قيامه بقفزة إلى الوراء. وحتى تاريخه، مارس الضفدع النووي ما يكفي من الوقفات القصيرة. ومع فجر القرن الواحد والعشرين سيقبل الربيع في وقت ستكون الحاجة فيه ماسة إلى مزيد من العرق والطموح والإلهام.■

☆ ★ ☆

http://serversmiso.aecs.sy مكتب نظم المعلومات هيئة الطاقة الذرية السورية

الحفاظ على مستقبل الطاقة النووية*

إن الجدوى الاقتصادية، وعدم وجود إصدارات لغاز الدفيئة، إضافة إلى الرقم القياسي المثير في مجال السلامة، كل ذلك أدى إلى ازدياد ثقة الجمهور بالطاقة النووية

دون هينتز
رئيس اتحاد الطاقة - نيو أورلينس

بالنسبة لي، إن الأخذ بعين الاعتبار الدور الذي تقوم به الطاقة النووية في القرن الحادي والعشرين يعزّز وجهة النظر البارزة إلى حدٍّ ما حول وجود دورٍ لها بأية حال. ورغم ذلك، يبدو أنه قُدِّرَ للطاقة النووية في السنوات القليلة الماضية، أن تصبح شيئاً مفيداً صنعه الإنسان في عصر آخر. البعض من النقّاد والمحللين المتخصصين بالطاقة قلّل من أهميتها ووصفها بالديناصور. فهي، كما يقولون، صناعة مليئة بالعراقيل وغير مفيدة، ومثقلة بالتكاليف الباهظة وبمعارضة عامة الناس، وإن تلك الصناعة في طريقها إلى الانقراض.

> *وبخلق شبكة من المنشآت النووية، ستكون مؤسسات المرافق العامة قادرة بشكل أفضل على تحقيق القدر الحاسم والضروري من تشغيل المحطات بشكل آمن ومربح*

لقد كان هؤلاء النقاد على خطأ فيما يقولون، فالمحطات التي تعمل بشكل جيد لم تصبح فقط ذات جدوى اقتصادية، بل إن القلق بشأن الآثار البيئية الناجمة عن توليد الطاقة بالاعتماد على الوقود الأحفوري التقليدي المقترن بالرقم القياسي المثير في مجال السلامة الذي سجلته الطاقة النووية أدى إلى ازدياد تدريجي ومستمر في ثقة الجمهور بها.

وهذه مكانة محظوظة للصناعة النووية كي تكون أفضل حالياً طالما أن مشروع توليد الطاقة يواجه مسألة إعادة بناء أساسية. وفي الوقت الذي سيكون فيه الهدف الجوهري من توليد الطاقة هو التكاليف المنخفضة بالنسبة إلى الجمهور، فإنه يعني أيضاً تركيز مشروع تشغيل أسطول المحطات النووية الوطني في أيدي بضع شركات رئيسة.

إن هذا الاتجاه زاد من حدة القلق بشأن السلامة، وليس فقط بين أوساط نقّاد الصناعة النووية، وإنما حتى أولئك الذين كانوا يؤيدون الطاقة النووية بشكل تقليدي تساءلوا عن آثار اندماج أكبر للشركات. ففي بيئة غير مشمولة بالرقابة والتنظيم، هل ستأخذ السلامة مقعداً خلفياً بالنسبة إلى المربحية وهل سيساعد اندماج أكبر في التوصل إلى خبرة أبعد وأعمق، أم أنه سيخلق شركات ضخمة لها فِرَقٌ إدارية ينحصر تركيزها في الحصول على الدولار أكثر من تركيزها على المراقبة الدقيقة للعمليات يوماً بيوم؟ باختصار، هل سيتفوق الضغط من أجل دخول حلبة المنافسة على مسؤولية تشغيل المحطات بأمان؟

إن دواعي هذا القلق مشروعة. ورغم ذلك أود القول إنها بدأت بمقدمة خاطئة. فإذا كانت التجربة - الصناعة النووية - قد علمتنا أي شيء، فإن السلامة وفعّالية الكلفة لم يكونا على طرفي نقيض، وفضلاً عن كونهما مسألتين حصريتين بصورة مشتركة، فإن المسؤولية المالية والالتزام بالسلامة العامة أصبحتا في حالة تعاون تام.

في الواقع، لم تكن السلامة مجرد هدف، بل إنها تمثّل بطاقة لدخول اللعبة. وينبغي علينا أن نكون قادة متمرسين في مجال السلامة النووية إذا أردنا أن ندخل اللعبة بأية حال. فإدارة أية عملية آمنة بصورة ثابتة هي بالفعل أفضل طريقة للتحكم بالتكاليف ولإطلاق الوثوقية. وبمجرد الحفاظ على الوثوقية يمكننا أن نتوقع زيادة في الإنتاج النووي.

بمعنى آخر، تُعدُّ المحطة غير الآمنة محطة مغلقة. والتشغيل الآمن، الذي يسمح بعوامل تحميل عالية وسويات إنتاج عالية، هو الطريقة الوحيدة لتحقيق تكاليف منخفضة للوحدة التي ينبغي علينا أن ننافس بها.

إطلاق الأداء العالي

في بيئة خالية من التنظيم والرقابة، خلصت شركات كشركاتنا إلى نتيجة مفادها أن محطات الطاقة النووية يمكن أن تكون منافسة للغاية مع المصادر الأخرى لتوليد الطاقة - شريطة أن تعمل عند سويات عالية الأداء. وقد تم طرح شركة ذات شبكة واسعة من المنشآت النووية لإطلاق ذلك الأداء العالي.

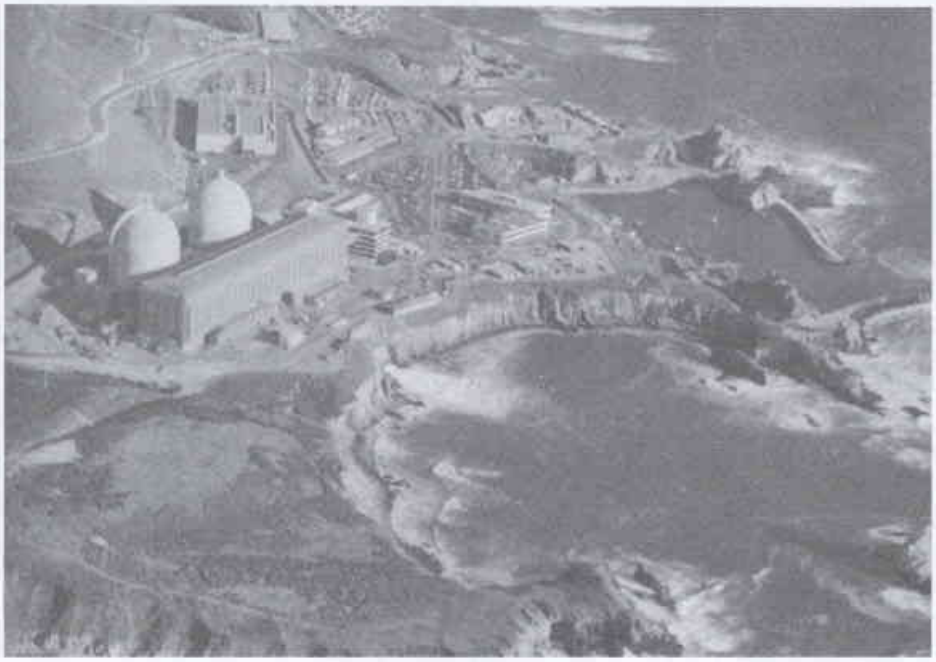
إن هذا الأمر لا يقلل من أهمية أداء شركات التشغيل الأصغر، التي حافظ العديد منها على محطات حققت أرقاماً قياسية مثالية للسلامة. وكما أشار شيرلي آن جاكسون S. A. Jackson، المدير السابق لهيئة الرقابة النووية، فإن الحجم لوحده لا يضمن تحقيق أداء أفضل للسلامة. لكنني أعتقد، وأظن أن زملائي يوافقونني الرأي، أن مبدأ خفض التكاليف عن طريق زيادة الانتاج (اقتصاديات السلّم) سيجلب معه فرصاً أكبر من أجل الربح والسلامة معاً.

ما الذي يجعل هذا ممكناً؟ إنها التجربة التي جلبتها الشركات الكبيرة إلى طاولة البحث. وبشكل مثالي، إن اندماجاً كبيراً يعادل تركيزاً كبيراً

---

* نشر هذا المقال في مجلة *Nuclear News*, November 2000. ترجمة مكتب الترجمة والتأليف والنشر - هيئة الطاقة الذرية السورية.

http://serversmiso.aecs.sy مكتب نظم المعلومات هيئة الطاقة الذرية السورية



محطة الطاقة النووية دیابلو كانیون المكونة من مفاعلین PWR باستطاعتین 1120MW(e) و1139MW(e) في أفیلاینتش - كالیفورنیا - الولایات المتحدة الأمریكیة.

للموهبة. فالشركات ستكون قادرة على جذب واستبقاء العمال الذين شهدوا نشوء الصناعة النووية وكانوا جزءاً مكملاً فيها. وهذه الشركات الكبيرة ذاتها ستكون قادرة أكثر على جذب الأشخاص ذوي المهارات الجيدة والمرغوبين بكثرة، الذين بدأوا عملهم في مهنهم للتو. وهؤلاء الأشخاص الموهوبون سيطبقون مهاراتهم في تشغيل المحطات على نحو جيد، والمحطات التي تُدار بشكل جيد تعني طاقة إنتاج أكبر، وبالتالي تؤدي إلى مُربحية أكبر. إن خفض التكاليف عن طريق زيادة الإنتاج سيقلل أيضاً إلى أدنى حدٍّ ممكن من عمليات الإغلاق، سواء أكانت مدرجة في جدول الأعمال أم لا. وفي هذا أيضاً فائدة تتعلق بالسلامة، فعلى سبيل المثال، تسبب عمليات الإغلاق ضغوضاًمنافسة غير عادية على المشغّلين الصغار. وليس أمام البعض في هذه المجازفة سوى تخفيض التكاليف- وتلك التخفيضات يمكن أن تعرّض السلامة للخطر.

ومن خلال إحداث شبكة من المنشآت النووية، فإن مؤسسات المرافق العامة ستكون أقدر على إنجاز الجزء الرئيسي الحاسم والضروري من تشغيل المحطات بشكل آمن بحيث يجلب أرباحاً جيدة. وستتمكن من جمع أفضل الأفرقة من المحترفين ذوي الخبرة الممتازة، وستكون لدنيا القدرة على تطبيق أفضل الإجراءات من محطة إلى محطة لضمان تناقص ظهور المشكلات غير المتوقّعة، وللتأكد من أن الموارد تعالج المشكلات عند ظهورها. فالحجم سيمكّن عمالقة الصناعة من استخدام أفضل قوة عمل نووية وأكثرها براعة، وأن تكون لديهم القدرة على نقل الخبرات من موقع إلى آخر كلما دعت الحاجة. ومثل هذا التعاون يؤدي إلى المزيد من فعّالية الكلفة، وهذا بدوره يعني أنه يمكن توجيه الموارد الإضافية إلى الأعمال التي تركز على السلامة.

الاتصال الفعّال

عندما تتقدم عملية اندماج الشركات إلى الأمام، من الأهمية بمكان تركيز التهديدات القصيرة الأمد على عمليات التشغيل الآمنة للمحطة النووية التي يمكن أن تثيرها فورة الصناعة. وقد سبق لي أن تحدثت عن هذا الموضوع، لكنه يستحق التكرار: فالمشغلون النوويون بحاجة للاتصال بشكلٍ علني ومتكرر مع العمال خلال عملية دمج الشركة أو تملكها كي يضمنوا أن دواعي القلق بشأن إعادة البناء لن تصرف انتباههم عن التزامهم بالسلامة.

وأثناء تملّك شركة بيلغرم Pilgrim. أسست شركة Entergy فريقاً مستقلاً لتطوير المشاريع من أجل معالجة تفاصيل عملية الشراء، وأثناء التحول بقيت إدارة Pilgrim تقدّر جهد العمال فيما يتعلق بالتطوير وركّزت على مهامهم الفردية. و ساعد إبقاء خطوط الاتصال مفتوحة على جعل التحول أكثر سلاسةً من أية طريقة أخرى تم اتباعها.

ومع ذلك، فالناس هم من يجعلون أية شركة من الشركات ضخمة، وينبغي على مؤسسات المرافق العامة ألا تقلل من أهمية المسائل التي تُعدّ مهمة بالنسبة إلى العمال. وعندما تقوم محطات أخرى بتغيير عمالها، فإن الشكوك وعدم الاطمئنان ستظهر بصورة ثابتة؛ ومن المؤكد أن المشترين والبائعين لن يدعوا تلك الأمور المقلقة تؤثر سلباً في أداء العمال، وهذا الهدف يمكن بلوغه فقط من خلال الاتصال الفعّال.

إن الجمهور أيضاً، سيراقب ذلك، فقد أصبح إدراك الجمهور للصناعة النووية، على مدى سنوات، أفضل، وهذا يعود، على الأغلب، إلى مدى التزام الصناعة بالسلامة. إذ تبين الدراسات التي أجراها معهد الطاقة النووية أن ثقة الجمهور في قدرة المشغّلين على إنتاج الطاقة النووية بصورة آمنة قد ازدادت خلال العقد الماضي، وأن عدداً كبيراً من الناس يؤيدون التوليد المستمر للطاقة النووية. فالصناعة، التي كانت تبدو سابقاً غير قابلة للتحقيق، انتزعت ثقة الجمهور.

وينبغي ألا تغيب عن نظرنا أهمية تلك الثقة خلال عصر التغيرات القادم. في الواقع إن الاندماج وانعدام الرقابة والتنظيم يقدّمان فرصة لتعزيز هذه التغييرات. وبما أن انعدام الرقابة والتنظيم يؤدي إلى خلق شركات مرافق عامة أقوى، أعتقد أنه ينبغي علينا الالتزام بالموارد اللازمة من أجل العمل المرتكز على السلامة، وذلك للحفاظ على الثقة في صناعتنا. وتبين الدراسات أيضاً أن الاهتمام المتزايد بمواصفات الهواء يجعل الناس يتقبلون، بصورة أكثر، الطاقة النووية كمصدر طاقة خالٍ من الإصدارات.

http://serversmiso.aecs.sy مكتب نظم المعلومات هيئة الطاقة الذرية السورية

ومع ذلك، فنحن – في مجال الصناعة – نعرف مدى سرعة تدهور تأييد الجمهور لها – وهذه الحقيقة تلفِتُ الانتباه إلى السلامة، وهي الموضوع الأكثر إحراجاً. فالتحوّل غير الملائم يمكن أن يخرج عدم التنظيم عن مساره بشكل فاعل؛ وربما يثير القلق العام انتباه الحكومة، ومن الممكن أن يتراجع التقدم الذي أحرزته الصناعة نحوالمربحية إلى الوراء بضع خطوات.

فالقدرة على الإدراك هي حقيقة. وعلينا أن نتأكد من أن الإدراك العام هو حقيقة تشمل الطاقة النووية.

فنحن، الذين اشتركنا في مشروع الطاقة النووية لمدة تزيد عن 20 عاماً وعانينا من حادث ثري مايل آيلند، تعلّمنا الكثير من ذلك. وأحد الدروس التي تعلّمناها هو الرقابة الذاتية التي علّمتنا أن التركيز على السلامة يمكن أن يقابل المفهوم السلبي الذي يحمله الناس. ومن خلال الحفاظ على التزامنا بالرقابة الذاتية، يمكن للصناعة أن تحافظ على دعم الحكومة والشعب لها. أثناء عمليات التحوّل إلى المنافسة.

المستقبل

ماذا يحمل القرن الجديد للطاقة النووية؟ لا أحد بإمكانه أن يقول شيئاً بالتأكيد، تماماً مثلما كان المتنبؤون غير قادرين على التنبؤ بطاقة الذرّة في نهاية القرن الماضي. ربما تقدّم الأجيال الجديدة إلى العالم مصادر غير معروفة حتى الآن من الطاقة. وحالياً، يبدو أنه ليس هناك نهاية – في المنظور القريب – للطلب المتزايد على الطاقة – هذا الطلب الذي يترافق بزيادة في الإنتاج الآمن والنظيف. إن هذا الاتجاه أحيا من جديد الصناعة النووية. ونحن أثبتنا أن تشبيه الطاقة النووية بالديناصور كان خطأ في الواقع، يمكننا تحقيق الوعود الأولى للطاقة النووية على أنها طاقة القرن المقبل.■

☆ ★ ☆

http://serversmiso.aecs.sy مكتب نظم المعلومات هيئة الطاقة الذرية السورية

تحدّيات السلامة النووية في القرن الحادي والعشرين*

ان التغيرات التي حدثت في القرن العشرين ستفرز تحدّيات للطاقة النووية في القرن الحادي والعشرين

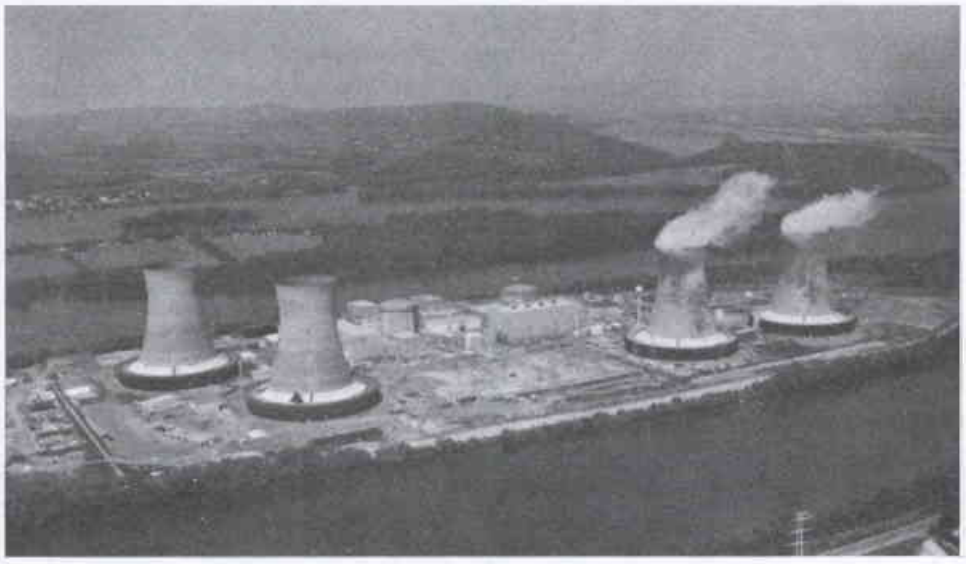
نورالس ج. وليمز
مفتش رئيسي للمنشآت النووية ومدير في مديرية السلامة النووية في المملكة المتحدة

قبل النظر إلى المستقبل، ربما يكون مفيداً العودة لإلقاء نظرة خاطفة على الماضي، لمعرفة كيف وصلنا إلى ما نحن عليه في الوقت الحالي. فالصناعة النووية لا يتجاوز عمرها 50 عاماً، وفي بعض الدول أقل من ذلك. في بداية الخمسينيات من القرن الماضي كانت الطاقة النووية البريطانية تركّز بشكل رئيس على تطوير الأسلحة النووية، إلاّ أن بعض الناس بدأ يدرك إمكانيات الطاقة النووية في توليد الكهرباء تجارياً. فالمفاعلات النووية الثمانية المبرّدة بالغاز، في كالدر هول Calder Hall وتشابلكروس Chapelcross (التي بدأ تشغيل أولها في عام 1956 ولا يزال يعمل حالياً)، كانت مخصصة بشكل رئيس لإنتاج البلوتونيوم من أجل البرنامج العسكري، لكنها بُنيت كمحطات للطاقة وزوّدت الشبكة الوطنية بالطاقة الكهربائية.

لقد كان قدوم أحد البرامج التجارية للطاقة النووية دافعاً لحثّ بعض الناس في مفوضية الطاقة الذرّية بالمملكة المتحدة (وهي منظمة البحث والتطوير التي أُوكِل إليها مهمة تطوير الطاقة النووية واستغلالها) على التفكير بالحاجة إلى منظّم نووي مستقل لمراقبة السلامة النووية. وقد عزّز هذه الفكرة حادث ويندسكيل Windscale الذي وقع عام 1957. وفي عام 1959 قدّمت الحكومة مشروع قانون المنشآت النووية الذي أسس "هيئة لتفتيش المنشآت النووية" رغم أنه كان قانوناً للتأمين والترخيص بصورة أساسية. ولم تصبح هيئة تفتيش المنشآت النووية NII، التي أترأسها حالياً، مستقلة بصورة فعلية إلاّ في عام 1975، عندما تحوّلت إلى ما يسمى بالهيئة التنفيذية للصحة والسلامة.

وخلال مدة الأربعين عاماً التي مضت على وجود هيئة تفتيش المنشآت النووية، شهدنا الكثير من التغيّرات في الصناعة النووية، وكان لابد من تكييف نمط التنظيم والرقابة لدينا لضمان تحسين مستمر في مجال السلامة. وقد رأينا التوسع والتراجع اللاحق في أبحاث السلامة النووية، وهذا ما ترك في بريطانية عدداً من مواقع البحث النووية المتقادمة التي ينبغي الآن إيقاف تشغيلها. وكانت هذه المواقع مستثناة من عملية الترخيص ومن التنظيم المستقل، ولم تخضع هيئة تفتيش المنشآت النووية للرقابة الموجهة إلاّ في عام 1990.

كذلك تغيّرت صناعة الطاقة النووية. ففي المراحل الأولى، كان هنالك العديد من شركات التصميم والإنشاء، وكانت محطات الطاقة مملوكة ومشغّلة من قبل شركتين كبيرتين... مندمجتين وتابعتين للدولة: الهيئة المركزية لتوليد الكهرباء لإنكلترا وويلز، وفي الجنوب الهيئة الاسكتلندية لتوليد الكهرباء لاسكتلندا. وكانت هاتان الشركتان تملكان، فيما بينهما، موارد علمية وهندسية ضخمة للإشراف على تصميم محطات الطاقة النووية وإنشائها وتشغيلها. والآن، تملك شركة الوقود النووي البريطانية BNFL محطات الجيل الأول، ماغنوكس Magnox.



محطة ثري مايل آيلاند لتوليد الطاقة النووية مع الوحدة 2، موقع حادث عام 1979 على اليسار، والوحدة 1 ما تزال قيد التشغيل على اليمين.

أما محطات الجيل الثاني والثالث فتملكها شركة الطاقة البريطانية ملكية خاصة. ولا تزال الشركتان المذكورتان تليبان 30 % من متطلبات بريطانية من الكهرباء، وتعملان في سوقٍ للكهرباء تتميز بطابع المنافسة وانعدام الرقابة.

* نشر هذا المقال في مجلة *Nuclear News*, November 2000. ترجمة هيئة التحرير – هيئة الطاقة الذرّية السورية.

http://serversmiso.aecs.sy مكتب نظم المعلومات هيئة الطاقة الذرية السورية

إن المصادر التقنية الهائلة التي كانت تدعم البرنامج النووي انخفضت بشكل مذهل، كما أن أفراد الطاقم الذين يديرون المحطات المتقادمة أصبحوا كباراً في السن. وكذلك الأمر بالنسبة للمنظمات المتعاقدة معهم - وأقولها بجرأة - هيئة تفتيش المنشآت النووية التي تتحمل مسؤولية ترخيص هذه العمليات النووية. كما أن الجامعات التي قدّمت المهندسين النوويين والعلماء توقفت عن التزويد بالمقرّرات لمراحل ما قبل التخرج، وتناقصت سلسلة مقرّرات ما بعد التخرج بصورة مذهلة. وهنالك بعض مفاعلات الطاقة من الجيل الأول أصبح قيد التوقّف عن التشغيل، إضافة إلى مجموعة متنوعة من منشآت البحث، بما فيها المفاعلات الولودة السريعة ومنشآت دورة الوقود. أما النُفايات النووية التي تراكمت منذ سنوات عديدة، فهي الآن بحاجة إلى عمليات معالجة وتخزين بطريقة آمنة وكامنة إلى حين التخلص منها نهائياً. وهذه التركة تمثل تحدياً هاماً في الوقت الحاضر.

ثمة ازدياد في المعارضة لاستخدام الطاقة النووية. والحقيقة أن السلامة النووية ليست من بين الأولويات العشر في اهتمامات أغلبية الناس، لكن هنالك عدد متزايد من المنظمات التي ترفض الموافقة على أي توسع في الطاقة النووية، وهي في الواقع تعارض الاستخدامات الحالية، لا سيما عمليات إعادة معالجة الوقود المستهلَك. ويغدو الانفتاح والشفافية على وجه السرعة المعيار لإغناء المناقشات، وهذه الحالة لم تكن موجودة في المملكة المتحدة حتى فترة قريبة نسبياً، وهذا يطرح تحدياً للصناعة والرقابة على حد سواء. وتواجه هيئة تفتيش المنشآت النووية هذا التغير بطرح مبدئها الأساسي بدايةً من أجل التأثير في صنع القرار وتفسير قراراتها المهمة في الوثائق العامة.

لم يكن الوضع في المملكة المتحدة فريداً، فالعديد من البلدان التي توجد فيها برامج للطاقة النووية تواجه تغيرات مماثلة. والتغيرات التي شهدناها في القرن العشرين ستقدّم تحديات للطاقة النووية في القرن الحادي والعشرين.

ما هي التحديات المستقبلية؟

ستكون الصناعة النووية موضع مناقشة الآخرين سواء أكان لها مستقبل في القرن الحادي والعشرين أم لم يكن. وما أعرفه أنا، رغم ذلك، هو أنه إذا كان استخدام الطاقة النووية وتطويرها سيستمر في المستقبل، فإن السلامة ينبغي أن تأتي في المرتبة العليا. ومن الممكن ألاّ يكون هنالك مستقبل للطاقة النووية إذا لم يثبت أنها آمنة.

للوصول إلى الأمان النووي الفعّال، فإنني أرى ضرورة التركيز على عدد من القضايا الأساسية، وهذه القضايا يمكن تصنيفها في أربع فئات رئيسة: قضايا اجتماعية اقتصادية، وقضايا بيئية، وقضايا الناس، وأخيراً القضايا الفنية. وسأحاول في الجزء المتبقي من هذا المقال التركيز على هذه القضايا من منظور تنظيمي رقابي.

القضايا الاجتماعية الاقتصادية

كما أسلفتُ سابقاً، إن السياسيين هم من سيحدّدون ما إذا كان القرن الحادي والعشرون سيشهد تدهوراً في الطاقة النووية والصناعة النووية بالاعتماد أكثر فأكثر على إيقاف تشغيل المواقع النووية الحالية وجعلها آمنة بالنسبة للأجيال القادمة، أم أنه سيشهد توسّع الصناعة النووية من خلال تصاميم مفاعلات نووية جديدة لتلبية الطلب المتزايد على الكهرباء وخفض إصدارات ثنائي أكسيد الكربون. وكلا هذين الخيارين يطرح تحدّيات تواجه الصناعة النووية والمنظمين.

بالنسبة لي، يتمثّل التحدي الأول للقرن القادم بضمان الاستخدام الآمن للطاقة النووية في الدول التي وضعت برامج نووية وفي الدول النامية. فنحن نعلم أن تطوير واستخدام دورة الوقود النووي في الغرب يقدّم مصادر كهربائية آمنة وموثوقة، ولكن قد تكون خطرة، وكما بيّنت

يتمثل التحدي الذي يواجهنا، جميعاً، في مجال الصناعة والرقابة، بكيفية تحقيق الانسجام في المعايير الاستثنائية

الحوادث في ويندسكيل Windscale وتشيرنوبل Chernobyl، فإن النشاط الإشعاعي لا تقف في وجهه الحدود الدولية.

في الوقت الحاضر، وبموجب المعاهدات الدولية، تمثّل السلامة النووية مسؤولية الدول الوطنية. ومن هنا ينبغي أن تكون لدينا الثقة بمعايير السلامة لدى كل دولة لضمان تصميم المنشآت النووية وبنائها وتشغيلها وإيقاف تشغيلها وفق معايير مماثلة. والتحدي الذي يواجهنا جميعاً، في مجال الصناعة والتنظيم والرقابة، يتمثّل بمدى قدرتنا على تحقيق الانسجام اللازم في المعايير الاستثنائية. وأعتقد أننا قطعنا شوطاً طويلاً في السنوات الأخيرة، وأن هنالك توقعاً بأنه يمكن تحقيق هذا الهدف المهم من الناحية الحيوية في المستقبل القريب. وحالياً، هنالك الكثير من الفرص أمام الناس لتحقيق المعرفة والخبرة والإسهام فيهما. وثمة إدراك متنامٍ في الصناعة بأن المساهمة في العلوم حول السلامة النووية ليست قضية تؤثر في المنافسة، لكنها تمثل ضرورة بالنسبة لنا جميعاً.

من الناحية التنظيمية، يمثل الاتحاد الدولي للمنظمين النوويين (INRA) فريقاً يتألف من منظمين رفيعي المستوى من ثماني دول تملك برامج كبيرة للطاقة النووية. وهو يجتمع مرتين سنوياً لمناقشة تطورات السلامة النووية، ويشترك في الخبرة التنظيمية والرقابية. وفي أوربة الغربية تمّ تشكيل المنظمين في مجموعات (WENRA) للنظر في الطرائق التي يمكن من خلالها تحقيق الانسجام بين المعايير التنظيمية والرقابية وتقديم الاستشارة للجهات المسؤولة بخصوص السلامة النووية في البلدان الراغبة بالانضمام إلى الاتحاد الأوربي. وهنالك منظمون يجتمعون لتشكيل مجموعات أخرى للإسهام في المعرفة والخبرة.

ربما تكون الوكالة الدولية للطاقة الذرّية التابعة للأمم المتحدة هي مصدر المساهمة في تطوير معايير السلامة النووية الدولية. وقد تأسست الوكالة مبدئياً لتعزيز استخدام الطاقة النووية. ومنذ حادث تشيرنوبل قامت الوكالة بدور متزايد في مجال تعزيز السلامة النووية. وقد تمّ تطوير معايير السلامة النووية في محطات الطاقة النووية ومفاعلات البحث. والآن، هنالك خطط لتطوير المعايير الدولية في المنشآت النووية الأخرى، كمحطات

هيئة الطاقة الذرية السورية مكتب نظم المعلومات http://serversmiso.aecs.sy

تصنيع الوقود، ومحطات الإغناء ، ومحطات إعادة المعالجة، ومنشآت معالجة النُفايات النووية وتخزينها. ويُعدّ تطوير واستخدام المعايير المقبولة دولياً أمراً أساسياً لأي استخدام للطاقة النووية في المستقبل. كما أن دخول اتفاقية السلامة النووية وقدوم الاتفاقية المشتركة حول سلامة إدارة الوقود المستَهْلَك وسلامة إدارة النُفايات المشعة سيشكلان مساهمات مهمة نحو إنجاز معايير عامة.

ويطرح علم الاقتصاد تحدياً آخر للاستخدام الآمن المستمر للطاقة النووية. على المدى البعيد، إن توفّر مصادر وقود بديلة سوف يؤثر في منافسة الطاقة النووية، ولكن في المدى القريب، سنشهد تحدياً للطاقة النووية يبرز من عدم وجود تنظيم اقتصادي لسوق الكهرباء ومن المنافسة الناجمة عن توليد الكهرباء باستخدام طاقة الغاز مما يؤدي إلى خفض أسعار الكهرباء. هذا يعني أن المولّدات النووية تخضع إلى ضغوط متزايدة من أجل تقليل التكاليف إلى أدنى حدّ ممكن. ويمثّل تخصيص ملكية المولّدات النووية تحدياً آخر. ففي الماضي، كانت مرافق الكهرباء في معظم الدول عبارة عن منظمات كبيرة وموحّدة تابعة للدولة، ومع ذلك، فقد تفككت هذه المنظمات وتمّ بيعها للقطاع الخاص. وقد أدت هذه التغيرات إلى نشوء منظمات مختلفة بمصادر تقنية أقل، وهيكل إداري مختلف، كما أنها تفتقر إلى المعرفة النووية المشتركة، وتُعدّ أبحاثها المتعلقة بالسلامة النووية قليلة بشكل عام.

القضايا البيئية

هنالك وعيٌ متزايد للمسائل البيئية، ويرى بعض الناس في استخدام الطاقة النووية فائدة للبيئة التي يمكن أن تقوم بمساهمة هامة في تحقيق التنمية، لكن هذا الرأي لا يشترك فيه الجميع. وهذا هو الواقع، لا سيما فيما يتعلق بالنُفايات النووية وكيفية معالجتها. إن قضية النُفايات مسألة معقدة. فكل المنشآت النووية تنتج نُفايات مشعّة، يُفرّغ البعض منها بشكل دوري في البيئة إما بشكل سائل أو غازي. وكانت الخطّة في الماضي تقوم على تنظيم هذه التفريغات بإحكام على أساس التمديد والتبدّد. وبينما تشكل هذه التفريغات جزءاً صغيراً جداً من الجرعة السنوية المشعّة لأفراد من عامة الناس وتكون أدنى من السويات التي قد تكون ضارة، فإن طريقة التمديد والتبدّد قد تقع تحت تأثير ضغط متزايد، لا سيما بالنسبة إلى التفريغات الناتجة من محطات إعادة المعالجة. ففي أوربة، تتطلب اتفاقية أوسلو/باريس الأخيرة OSPAR المتعلقة بتلوث البيئة البحرية تخفيض التفريغات المشعّة إلى سويات قريبة من الصفر بحلول عام 2010. وهذا ما يطرح تحدياً رئيساً في مجال تطور التقانة لاستخلاص نكليدات مشعّة من سيول النُفايات، كما تتطلب أيضاً تطوير منشآت لمعالجة وتخزين النفايات المستخلصة والمركّزة. وسوف يتحوّل التوازن تدريجياً من التمديد والتبدّد إلى التركيز والتخزين. وستكون السويات العليا لسلامة الاحتواء ضرورية لأن تركيز النُفايات سيزيد من احتمال الخطورة التي ترافق ظهور الحوادث.

ولابد من اتخاذ إجراءات بخصوص قضية الوقود النووي المستَهْلَك في هذا القرن. فبعض الدول أعادت معالجة هذا الوقود لفصل اليورانيوم والبلوتونيوم اللذين يمكن إعادة استخدامهما والناجمين عن نواتج الانشطار من النفايات. وقامت دول أخرى بتخزين وقودها المستَهْلَك بانتظار التخلص منه مباشرة. وكما رأينا آنفاً، يمكن أن تنطوي عملية إعادة المعالجة على مضامين لعمليات تفريغ النُفايات النووية، لكن الشيء الأكثر أهمية هو أنها تُفضي إلى الحاجة لإدارة معالجة وتخزين النُفايات التي تولّد الحرارة وذات السوية العالية. ففي بريطانية وفرنسا أُجريت عمليات المعالجة بأمان منذ عدة سنوات، وتخضع النُفايات العالية السوية لعملية التزجيج بغية التخزين الآمن بصورة كامنة إلى حين التخلص منها. ويمكن، مرة أخرى، تخزين البلوتونيوم واليورانيوم المستعادين بصورة آمنة إلى حين صدور قرار حول الاستخدام المستقبلي لهما. والمجتمع هو الذي سيحدّد ما إذا كان البلوتونيوم نُفايات أم أنه مادة مفيدة للأجيال القادمة، فإذا ما أُعلِن عن نواتج نُفايات، سيكمن التحدي في كيفية التخلص منها بصورة آمنة.

إن تراث النُفايات النووية الذي خلّفته العمليات السابقة سيظل قضية حرجة في الجزء الأول من هذا القرن (والتي لابد من معالجتها بعد ذلك). فبعض هذه النُفايات يُعدّ ضاراً إلى حدٍّ كبير ويُخزَّن في منشآت تم تصميمها وبناؤها منذ بضع عشرات السنين. أما الجزء الآمن المتبقي حتى الآن فلابد من معالجته اعتماداً على المعرفة الفنية والفهم العميق، وعدم تركه للأجيال القادمة كي تعالجهُ.

وتمثّل إدارة النُفايات المشعّة الصلبة تحدياً آخر في القرن الحادي والعشرين. ففي بريطانية، على غرار العديد من الدول الأخرى التي تملك برامج عسكرية متقدمة للطاقة النووية، توجد كميات كبيرة من النُفايات المشعّة تراكمت من مصادر مختلفة. وهذه النُفايات ستزداد عندما تتوقف المنشآت عن التشغيل، فهنالك تحدٍّ حقيقي يتعلق بكيفية معالجة هذه النُفايات. إن غياب سلسلة كاملة من منشآت طرح النُفايات من شأنه أن يعقّد المسألة وبالتالي يقود إلى الحاجة لفصل النُفايات ومعالجتها وتخزينها بحالةٍ آمنة وكامنة. أقصد بذلك الحالة التي تتطلب تدخلاً بشرياً بسيطاً جداً للحفاظ على أمانها. على أية حال، يمكن التخفيف من حدّة المشكلة بفصل النُفايات وفقاً لعمرها النصفي. فالنُفايات ذات العمر النصفي القصير - أي خمس سنوات أو أقل - يمكن تخزينها بأمان لمدة 60 عاماً تقريباً ومن ثم يعاد تدويرها أو تُرسل إلى مدافن أرضية عادية. ويمكن أن يتمّ التخلص من النُفايات ذات العمر النصفي المتوسط- أي 30 سنة - في منشآت خاصة لذلك قرب السطح، تمّت هندستها بشكل جيد، وقد تكون ضرورية للحفاظ على صلابتها فقط لمدة تقارب 300 سنة. أما الكميات الصغيرة من النكليدات المشعّة الطويلة العمر فيمكن تخزينها كما هي الآن، وذلك كي تقرر الأجيال القادمة ما إذا كان التخلص الجيولوجي العميق هو أفضل حل مناسب لها.

إن مفاعلات الطاقة الفائضة المتوقفة عن التشغيل تطرح تحدياً حقيقياً أمام الصناعة والمنظمين والقضية هي مسألة توقيت. يعتقد البعض أنه من الأفضل القيام بأدنى ما يمكن فعله، كنقل المعدات والمحطة الخارجية، وحصر قلب المفاعل في بناء مقاوم للعوامل الجوية، وتركه 100 سنة إضافية للأجيال القادمة كي تعالج مشكلته، في حين يقول آخرون إن إيقاف التشغيل ينبغي أن يتم عندما يكون إجراؤه ممكناً بصورة عقلانية للحصول على الفائدة القصوى من المعرفة الحالية، وللتخفيف من العبء الملقى على كاهل أطفالنا وأحفادنا، وذلك تماشياً مع مبدأ المشاركة بين الأجيال. ولابد من اتخاذ القرارات مباشرة لدى اقتراب مفاعلات الجيل الأول من نهاية عمرها التشغيلي. لكن لا يمكن اتخاذ قرارات إيقاف التشغيل بشكل

هيئة الطاقة الذرية السورية مكتب نظم المعلومات http://serversmiso.aecs.sy

فردي، فهي ترتبط بصورة أساسية مع القرارات المتعلقة بالتخلص من النفايات المشعّة، وبالناحية الاقتصادية بلا شك. والمفاعلات المتوقفة عن التشغيل تستهلك الأموال بدلاً من استثمارها، ومن هنا، من الأهمية بمكان اتخاذ التدابير المناسبة لتغطية تكاليف أنشطة التوقف عن التشغيل.

قضايا الناس

استفادت الصناعة النووية على مدى عدة عقود من كونها صناعة جديدة ومذهلة وعصرية وقادرة على التحدي تقنياً من أجل أن يعمل الناس بها. وفي الستينيات، حيث كانت "تقانة الحرارة البيضاء"، لم يُرَ تجنيد الخريجين المتألقين في هذه الصناعة المثيرة والنابضة بالحيوية أية مشكلة. أما الآن فقد تغير الزمن ولم يعد يُنظر إلى الصناعة النووية على أنها صناعة مغرية للعمل، فالخطوات الساذجة صوّرت هذه الصناعة بأنها غالباً معارضة لمصلحة المجتمع، حتى أن الشباب من الناس لا يُقْدِمون على التفكير بمهنة في أي مجال له علاقة بشيءٍ اسمه نووي. وهذه مشكلة حقيقية يجب متابعتها في المستقبل. والصناعة النووية لن تختفي بين ليلة وضحاها، فهي ستبقى معنا على مدى عدة عقود من الزمن، حتى إن لم يتم بناء مفاعلات طاقة جديدة. والمفاعلات الحالية ستكون بحاجة للتشغيل والصيانة، وتحتاج المنشآت القديمة إلى التوقف عن التشغيل كما تحتاج المواقع أن تكون آمنة للأجيال القادمة، وإنجاز ذلك سيستغرق عقوداً من الزمن، كما أن النفايات المشعة بحاجة للتخزين الآمن أو للتخلص منها، وكل هذه الأنشطة ستحتاج إلى التنظيم الفعّال لتأمين سلامة الناس. ولم أذكر الاستخدامات العسكرية للطاقة النووية لكن الأمر ذاته يصحّ سواء أكنا نتحدث عن الأسلحة أم عن وحدات الدفع البحرية.

أين الناس الذين سيتصدّون لتأمين التشغيل المستمر والآمن وإدارة هذه الأنشطة؟ في بريطانية نحن نعرف المشكلة، والمنظّم يعمل في البحث وفي الصناعة لتحديد المهارات المستقبلية ومتطلبات التدريب؛ مع الأخذ بعين الاعتبار إعادة إحياء مقرّرات مراحل قبل التخرج وبعده. وتماشياً مع مستلزمات جذب الشباب وتدريبهم، فنحن بحاجة للاحتفاظ بمعرفتنا. وكما لاحظنا، إذا لم تكن هنالك إدارة مناسبة، فإن تقليص حجم الصناعة وإعادة البناء يمكن أن يدفع الأشخاص ذوي الخبرة والمعرفة إلى ترك الصناعة. وينبغي علينا اغتنام فرصة إدارة المعرفة وإدراك أهميتها بالنسبة إلى السلامة النووية؛ إذا كان علينا أن نضمن السلامة النووية للمستقبل، فالتقانة في القرن الحادي والعشرين تقدّم إمكانيات مثيرة ينبغي علينا تشجيعها واستخدامها.

وثمة كلمة أخيرة بشأن قضايا الناس هي أن ثمن السلامة هو الحذر والاحتراس الدائم، ولذلك ينبغي ألا ننسى أهمية التثقيف في مجال السلامة لدى جميع المنظمات التي يمكن أن يكون لها تأثير في موضوع السلامة النووية. والتحدي في المستقبل لا يكمن فقط في الحفاظ على تقدّم ثابت تمّ إحرازه، بل في الكفاح لنشر صناعة، بحيث يحترس بالفعل كل شخص ينفذ عملاً يتعلق بالسلامة مما يقوم به، وفهم استخداماتها ليس من أجل نفسه فقط بل من أجل زملائه ومن أجل الناس بشكل عام.

قضايا تقانية

يقوم مؤيدو الطاقة النووية بتطوير تصاميم مفاعل جديدة من أجل تلبية المتطلبات المستقبلية على الطاقة. وهذه التصاميم تتناول مفاعلات الماء الخفيف الأكثر تقدماً ذات هوامش السلامة المتطورة، ومفاعلات ذات طبقة وقود حصوية مبرّدة بالغاز وعالية درجة الحرارة، من أجل تزويد البلدان النامية بمحطات صغيرة للطاقة النووية. أما المفاعل الولود السريع فلم يُنظَر إليه على أنه مفاعل مأمول فيه من الناحية الاقتصادية، لكن من يدري ما إذا كان سيعود في فترة ما من هذا القرن؟ ومن وجهة النظر التنظيمية، إن توقع تغيّر جذري في مصير الصناعة النووية له مشكلاته. ففي هيئة تفتيش المنشآت النووية لم يكن ينبغي علينا تقييم تصميم محطة جديدة للطاقة النووية على مدى 15 عاماً تقريباً. فالعديد من أفراد الطاقم تركوا العمل أو استقالوا. لذلك هنالك تحدٍّ مهم يواجه مسألة الحفاظ على إمكانية الإبقاء على اتصال مع التطورات الجديدة. وهذا لا يتطلب فقط تطوير واستخدام إدارة فعّالة للمعارف بهذا الخصوص، كما أشرنا من قبل، بل يتطلب أيضاً تجنيد واستبقاء متخصصين نوويين من ذوي الكفاءات العالية في الهيئة الرقابية.

وإذا كان للطاقة النووية ثمة مستقبل فمن المحتمل أن تؤدي بضعة تصاميم مقبولة دولياً إلى خفض التكاليف من خلال زيادة الإنتاج على نطاق اقتصادي. لذلك لابد أن يكون للمراقبين تأثير في عملية تطوير هذه التصاميم على المستوى الدولي. إما من خلال المعايير الدولية التي وضعتها الوكالة الدولية للطاقة الذرّية، أو من خلال الترتيبات ثنائية الجانب أو المتعددة الجوانب. وهذا سيشكل تحدياً وضِعَتْ له القواعد اللازمة.

استعراض

سيعتمد الاستخدام المستقبلي للطاقة النووية من أجل توليد الكهرباء على متطلبات المجتمع من الكهرباء، وعلى إمكانية توفر وقبول الوقود الأحفوري المحترق، وعلى الناحية الاقتصادية للمصادر المتجدّدة من الطاقة وتوفرها، تبعاً للتزايد المستمر في سكان العالم وانتشار التطور المحقق. وفي هذا المقال، حاولتُ توضيح عدد قليل من التحديات المهمة التي سنواجهها في هذا القرن فيما لو تقرّر إدارة الطاقة النووية بصورة آمنة، فأنا أعتقد بأنه ثبت - خلال الخمسين سنة الماضية من التطوير - أن الطاقة النووية يمكن التعامل معها بشكل آمن شريطة وجود معايير مناسبة، وتوعية متطورة خاصة بالسلامة، وبنية تحتية رقابية قوية. وأعتقد أن السبيل الناجح لمواجهة هذه التحديات في المستقبل يكون من خلال تعاون دولي أفضل، لضمان توفر ونشر تطبيقات السلامة الجيدة بالنسبة للجميع.■

☆ ★ ☆

http://serversmiso.aecs.sy مكتب نظم المعلومات هيئة الطاقة الذرية السورية

نظرة إلى مستقبل الطاقة النووية*

من المرجح أن تكون حرية الحصول على مصادر الطاقة عاملاً محدداً لاستخدام الطاقة النووية من قبل بلدان مختلفة

توشياكي إينوموتو

المدير الفني ورئيس العاملين النوويين في شركة طوكيو للطاقة الكهربائية. تمتلك هذه الشركة وتشغل 17 من وحدات مفاعل الماء المغلي التي تزود ما يزيد على 40 % من الطاقة الكهربائية التي تستهلكها العاصمة طوكيو والمناطق المحيطة بها، والتي تشكل عُشر مساحة اليابان ولكنها تغطي ثلث استهلاك هذا البلد من الطاقة الكهربائية

يمكن مستقبلاً أن تصنف البلدان أو المناطق المستخدمة للطاقة النووية ضمن فئتين اثنتين وذلك تبعاً للظروف الخاصة بكل بلد أو منطقة، كتوفر المصادر الطبيعية، والحالة الجغرافية، ....إلخ.

تتألف الفئة الأولى من بلدان لديها وفرة نسبية من الوقود الأحفوري، أو يمكنها بسهولة استيراد هذا النوع من الوقود عبر وسائط النقل أو عبر خطوط أنابيب الغاز، أو أنها تستطيع بسهولة أيضاً الحصول على الطاقة الكهربائية من بلدان مجاورة. وبغض النظر عن بعض الخصوصيات، تُصنف بلدان أوربا وأمريكا الشمالية ضمن هذه الفئة. وإذا استمر، في بلدان هذه الفئة، التحرير المتواصل لأسواق الكهرباء لدفع إدارة مؤسسات النفع العام كي تركز على اقتصاديات قصيرة الأجل فلن يكون هناك ضمانة أن يتعافى، أو يعود لسابق عهده، الاستثمار المكثف لرأس المال في محطات الطاقة النووية، وهذا صحيح على الأقل عندما تكون الاتجاهات المستقبلية للسوق على درجة عالية من الغموض والتقلب. بناءً عليه، سيكون من الصعوبة بمكان بناء محطات جديدة، اللهم إلاّ في حال وضع مبادرة سياسية قوية (أو تشريع) يهدف إلى الإقلال من إصدارات غاز الدفيئة الناجمة عن قطاع توليد الطاقة. ويبدو أن التوجه الأخير نحو تحرير أسواق الكهرباء في الولايات المتحدة يبين بوضوح المنحى الآنف ذكره.

أما الفئة الثانية فتتألف من بلدان كتلك الواقعة في شرق آسيا كاليابان، وكوريا، والصين، وغيرها؛ وهي بلدان تمتلك قدراً أقل من المصادر الطبيعية أو تعاني صعوبة في الحصول على هذه المصادر بسبب عوائق جغرافية، لذلك فإنها تعمل على تنويع مصادر توليدها للطاقة إلى الحد المسموح به اقتصادياً. وفي الوقت الراهن، تلجأ الصين إلى استيراد النفط؛ كما أن منطقتها الشاطئية، التي يرتفع فيها استهلاك الطاقة، تعاني صعوبة في نقل الفحم إليها من مناطق داخلية؛ لذلك فإنها تسعى إلى تنفيذ برنامج لإنتاج الطاقة النووية. وسوف تبقى الطاقة النووية خياراً حيوياً وقابلاً للتطبيق في بلدان الفئة الثانية تلك.

إيجاد موازنة

مهما كان نوع الفئة التي ينتمي إليها بلد محدد، فإن القضية الهامة هي إيجاد موازنة ما بين البرنامج البيئي والاقتصاديات قصيرة الأجل. ولكي يستطيع رأس المال المكثف في توليد الطاقة النووية أن ينافس خيارات أخرى في سوق توليد الطاقة، هناك حاجة لإجراء تعديل ما على نموذج السوق الحر بشكل كامل، وذلك كي لا تتخلى مؤسسات النفع العام عن الخيار النووي الذي يُعدّ ذا أهمية حيوية من أجل تحقيق البرنامج البيئي العالمي.

وتوليد الطاقة النووية – وهو استثمار غير مجز وفق الاقتصاديات قصيرة الأجل لكنه جذّاب عقب استهلاك الموجودات – يمكن مقارنته بعدّاء سباق الماراثون الذي سوف يربح في سباق المسافات الطويلة لكنه سيخسر بالتأكيد في سباق المسافات القصيرة. ومن الطبيعي تماماً أن توضع مواصفات انتقاء مختلفة من أجل تصنيف ملائم لعداء الماراثون في سباق الـ 400 متر. لكنه يبدو أن المشكلة تكمن في عدم وجود ضمانة، حتى يومنا هذا، بأن يكون السباق ماراثونياً في حالة يتم فيها التغاضي بشكل كامل عن أبعاد أخرى كالمضامين البيئية؛ لكن الذي نحتاجه في نهاية المطاف هو عالم نشط اقتصادياً وصحيح معافى من الناحية البيئية.

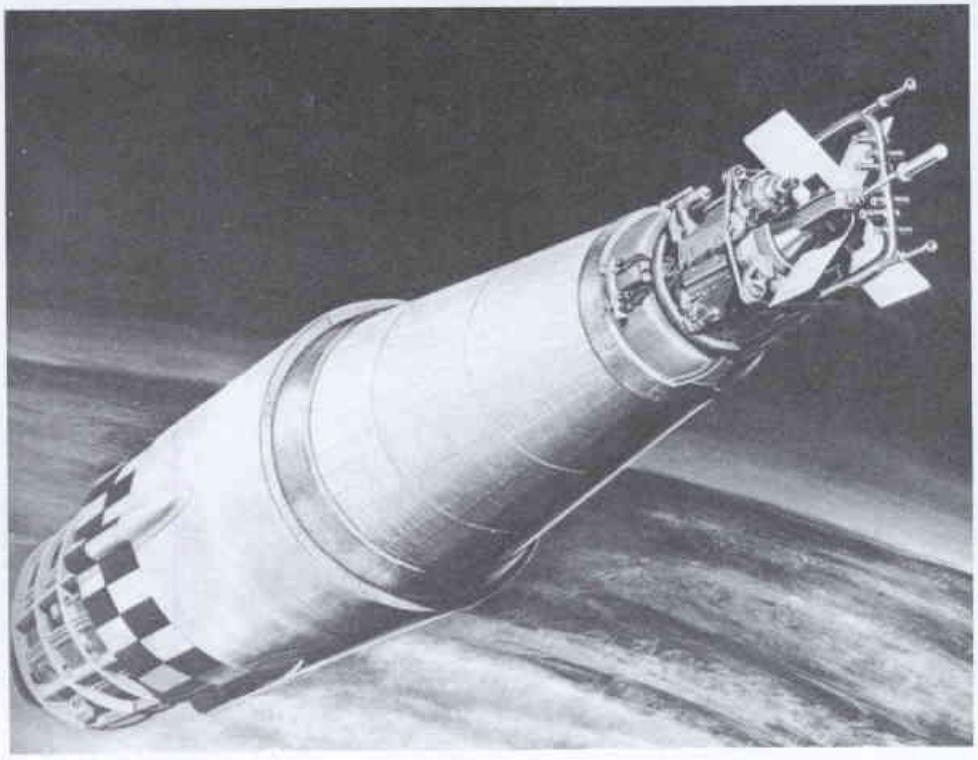
> *القضية الهامة ستكون إيجاد موازنة ما بين البرنامج البيئي والاقتصاديات القصيرة الأجل*

ومع تحول بلدان أمريكا الشمالية وأوربا من طور هندسة وبناء محطات الطاقة النووية إلى طور التشغيل والصيانة، فمن الطبيعي أن تواجه صعوبات شتى الحافز لتحسين أو إحداث تغييرات جوهرية على تصاميم مفاعل الماء الخفيف. من ناحية ثانية، توجد في الوقت الراهن قيد الإنجاز برامج تصميم لمحطات مفاعل الماء الخفيف LWR ذات الاستطاعة الكبيرة، وذلك لدى البلدان الراغبة في الحفاظ على سوية الإسهام النووي التي وصلت إليها، أو تلك البلدان التي تنوي بشكل جدي الاستعاضة عن محطاتها النووية الحالية بمحطات نووية جديدة. ويجري، ضمن هذه الجهود، تحديد احتياجات المنفعة العامة والتي من بينها التنافسية الاقتصادية في الحمل الأساسي لسوق الكهرباء. والسيناريو السائد في مثل هذه البلدان هو بناء محطات جديدة ضخمة الاستطاعة بحيث يمكنها تعويض فقد الاستطاعة الناجم عن تفكيك المحطات النووية القديمة واستبعادها من

---

* نشر هذا المقال في مجلة *Nuclear News*, November 2000. ترجمة هيئة التحرير – هيئة الطاقة الذرية السورية.

http://serversmiso.aecs.sy مكتب نظم المعلومات هيئة الطاقة الذرية السورية



تصور فني للمفاعل النووي SNAP-10A على مساره.

الخدمة، أو تغطية تزايد الطلب المستمر على الكهرباء. وعلى سبيل المثال، سوف يؤدي مفاعل ABWR-II باستطاعة 1700-MWe (مفاعل الماء المغلي المطور II)، الذي يجري تطويره حالياً في اليابان، إلى خفض كبير في تكاليف رأس المال، كما سيعمد تصميمه الجديد إلى خفض احتمال وقوع حوادث أليمة. وسوف تستمر هذه الأنواع من الأنشطة في بلدان أوربا وشرقي آسيا، كفرنسة واليابان وكوريا.

تصاميم أخرى للمفاعلات

ستوفّر التصاميم الجديدة لمفاعلات صغيرة أو متوسطة الحجم تحدياً ممتازاً للمهندسين الشباب اللامعين. وعلى أية حال، إن الهدف من تطوير واستخدام مثل هذه المفاعلات لا بد أن يخضع لمناقشة جدية؛ كما يجب على المرء إدراك أن مجرد تجميع تصاميم للمفاعلات على الورق لن يؤدي إلى شيء - ولا حتى إلى مواقع قريبة في مجال إنشاء المشاريع النووية الحقيقية. كذلك لا يمكن أن تتوفر الضمانة بتميز المفاعلات الصغيرة عن المحطات الضخمة، وذلك بكونها أكثر أمناً وأعظم فائدة في كسب القبول العام، أو أنها أشد سحراً وجاذبية من وجهة النظر الاقتصادية. ولدى عكس عملية ارتفاع الأسعار التي لوحظت خلال تطور مفاعل الماء الخفيف في الخمسينيات، والتي كانت في معظمها مسيّرة باقتصاديات الشلّم economics of scale (أي خفض التكاليف عن طريق زيادة الإنتاج)، فإن ورود التقانات المرافقة وندرة مواقع تشييد المفاعلات لن يكون ممكناً - إلاّ من خلال إيجاد تصاميم جديدة للمفاعلات ذات سوية عالية من الابتكار.

وأنا، شخصياً، لدي توقعات إيجابية عالية بشأن مستقبل كل من المفاعل النمطي السريع modular fast reactor والمفاعل المبرّد بالغاز gas-cooled reactor. ومن خلال استخدامه لمبرّد بديل، أتوقع للمفاعل النمطي السريع أن يفتح الباب لإمكانيات تقانية جديدة، كما أتوقع للمفاعلات المبرّدة بالغاز أن تمنح الفرصة لتوسيع أُفق استخدام الطاقة النووية داخل المجتمع. وبالتأكيد، لن يكون الاستخدام السلمي للطاقة النووية بالضرورة مقتصراً على توليد الكهرباء. وإن تحقيق سويات منخفضة للعتبة من أجل إطلاق برنامج للطاقة النووية - بدلالة رأس المال المطلوب والبنية التحتية المجتمعية في البلدان الأقل تطوراً - سيكون مفيداً في استراتيجيات التغلب على مشكلة الاحترار العالمي عبر زيادة إسهام الطاقة النووية في البلدان المتطورة، وفي الوقت ذاته، ينبغي اتخاذ الاحتياطات اللازمة بشأن عدم انتشار السلاح النووي.

وختاماً، دعني أشير إلى أن إحدى العوائق المتوقعة لأي تطور مستقبلي في المجال النووي هي نقص الأموال المخصصة للبحث فيه، وهذا عائد إلى الزيادة في توزيع ميزانيات بحوث الطاقة لدعم خيارات طاقية جديدة أو قابلة للتجدد. وأمام هذا الارتياب العالي في الجدوى لمختلف الخيارات التقانية المستقبلية، يصبح التعاون العالمي المقرون بخطة تمويل تشاركية حاجة وضرورة ذات أهمية متزايدة.■

☆ ★ ☆

http://serversmiso.aecs.sy مكتب نظم المعلومات هيئة الطاقة الذرية السورية

الطاقة النووية تضيء طريق المستقبل في كندا وحول العالم*

ستغدو الطاقة النووية، بسبب طبيعتها الودودة للبيئة وأمانها وقدرتها على المنافسة الاقتصادية، لاعباً هاماً في صناعة الكهرباء

جين برستون

تشغل منصب نائب الرئيس المنفذ ورئيس الخبراء النوويين في مؤسسة أونتاريو لتوليد الطاقة في مقاطعة أونتاريو بكندا

تقف الصناعة النووية في الوقت الراهن عند مفترق طريق مهم. فبينما تُواجه الطاقة النووية معارضة كبيرة في بعض أجزاء العالم، نلاحظ عودة الاهتمام بها في أجزاء أخرى منه - كما هو الحال في أمريكة الشمالية. ورغم أن هذا الاهتمام لا ينعكس دائماً في العناوين الرئيسة، إلاّ أن هناك إعجاباً مُتنامياً بفوائدها العديدة وإمكانياتها المستقبلية. وكما أفادت مجموعة واشنطن للطاقة العالمية في العدد الصادر عام 1999 في مجلتها "Energy Industry Outlook" بأنه: "تنامت، ولأول مرة منذ أمد طويل، النزعة التفاؤلية المشرقة حول الطاقة النووية"

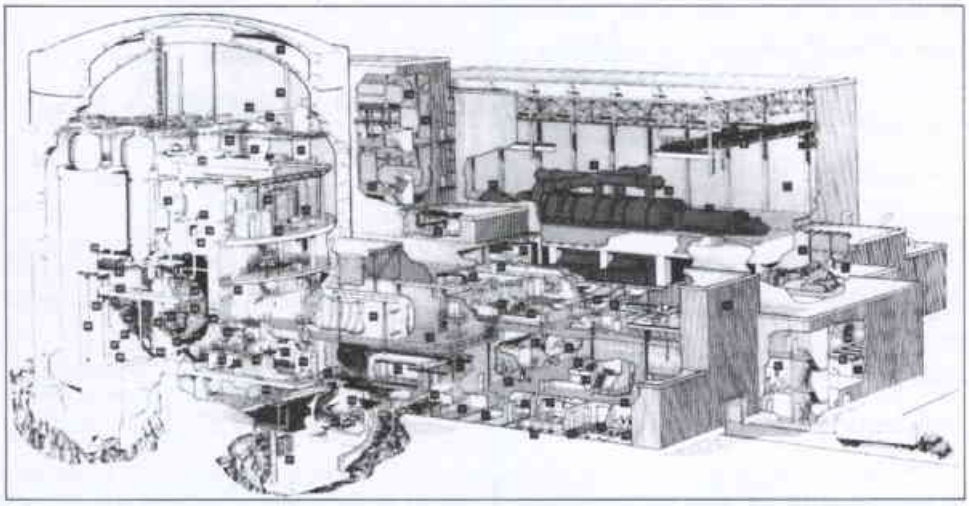
ماذا وراء هذه النزعة التفاؤلية المشرقة؟ ربما تكمن الإجابة الجزئية على هذا السؤال في مقال نشر في مجلة Washington Times بقلم فرد سنغر Fred Singer، الأستاذ الفخري في علوم البيئة لدى جامعة فرجينية، والتي تقول: "من خلال حماستهم للقضاء على الذرّة، تجاهل منتقدو الاستخدامات النووية الحقيقة بأن المحطات النووية لا تعيق تجوال أسماك السلمون، ولا تلوث الجو، كما لا يمكن لومها كمسبب للضباب الدخاني أو الأمطار الحمضية أو الاحترار العالمي".

وبصورة خاصة، أصبح دور الطاقة النووية معترفاً به كأحد المكونات الرئيسة في الجهود العالمية للإقلال من إصدارات غاز الدفيئة. وجاءت كلمات ليولا دي بالاسيو Loyola de Palacio لتعبر عن هذه الناحية حيث قال: " إذا تخلينا عن الطاقة النووية.. فلن نستطيع على الإطلاق أن نحقق (في أوربا) أهدافنا الرامية إلى إحداث تغيير في مناخنا". لكنه يوجد للطاقة النووية فوائد أخرى - فهي آمنة أيضاً وذات سعر منافس. وهذه الفوائد نجمت عن تحسينات حققتها صناعتنا في مجالي الأمان والأداء التشغيلي.

التوجهات

إلى جانب فوائد الطاقة النووية، فإننا نشهد حالياً عدة توجهات تسعى نحو مزيد من التطوير لكامل صناعة الكهرباء. فسكان العالم يزدادون باستمرار، وحسب تقديرات أجراها معهد بحوث الطاقة الكهربائية (EPRI) سيصل عدد سكان العالم إلى 10 بلايين نسمة بعد 50 سنة من الآن. وفي ذات الوقت سيزداد الطلب أيضاً على الكهرباء وبخاصة في البلدان النامية. التي تمثل حالياً حوالي 80% من سكان العالم لكنها تستأثر بـ 20% فقط من الطلب العالمي على الكهرباء. وقد قدّر معهد بحوث الطاقة الكهربائية آنف الذكر بأن العالم سيحتاج على الأقل إلى 1000 kWh للفرد الواحد سنوياً مما يعني ضرورة إضافة محطة توليد للطاقة باستطاعة 1000 MW كل يومين خلال فترة الخمسين سنة المقبلة.

وماذا بشأن العرض؟ قد يكون مجدياً في بعض الأمكنة استخدام مصادر بديلة للوقود كالرياح، والشمس، والكتلة الحيوية، والطاقة الكهرمائية لكنها بالتأكيد لا تشكل الإجابة الكاملة على السؤال المطروح.



مفاعل كاندو 600-MW(e).

في الوقت ذاته، لا بد أن تعالج بعناية احتياطيات النفط والغاز وإلاّ ستنضب في وقت أسرع مما كان متوقع لها. أما الفحم فهو متوفر بكثرة لكنه يشكل معضلة بسبب إصداراته الكربونية. هذا، ويتضح لي أن الاحتياجات المستقبلية للطاقة ستعتمد على مزيج من مصادر توليد الطاقة.

ولهذا السبب، ستستمر الطاقة النووية بلعب دور مهم في مستقبل الطاقة لكندا وأمريكة الشمالية والعالم أجمع. وفي الحقيقة بمجرد أن تصبح

---

* نشر هذا المقال في مجلة *Nuclear News*, November 2000. ترجمة هيئة التحرير - هيئة الطاقة الذرّية السورية.

http://serversmiso.aecs.sy مكتب نظم المعلومات هيئة الطاقة الذرية السورية

المحطات الحالية أعظم كفاءة وأن تعود إلى الخدمة وحدات توقفت عن العمل وأن يجري رفع السوية لمحطات عاملة، فإن هذا يعني زيادة في إجمالي الإنتاج النووي. وأعلى معامل سعة أمكن تسجيله في الولايات المتحدة، قدره 86.8%، كان في عام 1999 والذي سبب زيادة قدرها 8% في خرج التوليد - وهو إنجاز اعتبره البعض قبل 10 - 20 سنة مضت مستحيل التحقيق.

ونحن في كندا على مسار مماثل؛ فبزيادة كفاءة الأداء لمفاعلاتنا الحالية سنزيد من إسهامها في تغطية احتياجات بلدنا من الطاقة كما سنمهد الطريق لمشاريع الطاقة النووية المستقبلية.

وحتى في البلدان الأكثر تقدماً أو تطوراً لا تتضاءل الحاجة للكهرباء لكنها تزداد مع اعتمادنا أكثر فأكثر على تقانة المعلوماتية في كل قطاع من مجتمعنا.

وما أن يثبت أننا نمتلك، في أمريكة الشمالية وفي البلدان المتطورة الأخرى، تقانة لإنتاج الكهرباء آمنة وفعالة وودودة بيئياً، فعندئذ أعتقد أن القطاع النووي سيساهم بنصيب متنام من طاقة الكهرباء المولدة في العالم. وهذا، وبشكل خاص، صحيح في البلدان النامية التي لا تزال بحاجة إلى توظيفات ضخمة من رأس المال من أجل تغطية احتياجاتها من الطاقة.

وسوف أعود ثانية إلى المسألة المتعلقة بما سيكون عليه شكل الجيل الجديد من المفاعلات عند مناقشتي لأعمال البحث والتطوير؛ حيث ينبغي

إلى جانب فوائد الطاقة النووية، فإننا نشهد حالياً عدة توجهات تسعى نحو مزيد من التطوير لكامل صناعة الكهرباء

علينا أيضاً أن نتغلب على بنىً ذات رأس مال عالي التكلفة وذلك كي نضمن معدل دخل مرض من هذا الاستثمار.

وبينما نحضّر لأن نكون جزءاً رئيساً وفاعلاً في المستقبل، لا تزال صناعتنا تواجه بعض التحديات. ولا بد لنا أن نتصدى لهذه التحديات وجهاً لوجه إذا كنّا نرغب لهذه الصناعة أن تتنامى في القرن الحادي والعشرين. وهذه التحديات، كما أراها، تشمل تحسين الأمان والأداء التشغيلي، كما تشمل كسب الرأي العام والقبول السياسي وحل مشكلة إدارة ومعالجة النفايات النووية، وكذلك التأكد من أننا نجذب الجمهور وبشكل إيجابي، إلى صناعتنا.

وبصفتي كنائب للرئيس التنفيذي وكرئيس للعاملين النوويين في شركة أونتاريو لتوليد الطاقة Ontario Power Generation (OPG)، فإنني أتفهم جيداً هذه التحديات. وتُعدّ OPG إحدى أضخم الشركات المولدة للكهرباء في أمريكة الشمالية والتي يوجد مقر إدارتها في مقاطعة أونتاريو بكندا. ونحن نمتلك حالياً خمس محطات توليد نووية تضم في مجموعها 20 من مفاعلات كاندو Candu reactors ذات سعة قدرها 13900 MW. ونحن نُشغّل في الوقت الراهن 12 من هذه المفاعلات التي أنتجت في العام الماضي 61.4 TWh (ترليون واط/ساعة)، أي ما يعادل 47% من إجمالي طاقة توليد OPG. والتحدي بالنسبة لنا هو رفع النسبة الأخيرة إلى أقصى ما يمكن توليده، أي إلى 60% أو أكثر.

مواجهة التحديات

إذن، كيف نواجه هذه التحديات؟ قبل كل شيء يجب أن ندرك بأن أيّ من هذه التحديات لا تقف بمفردها. فقبول الجمهور والقبول السياسي كلاهما للطاقة النووية يُعدّان المفتاحين لتعزيز عمل المحطات الحالية المولدة للطاقة النووية، وهما، بالتأكيد، المفتاحين أيضاً لأي توسع مستقبلي. ويتوقف القبول المنوه به على قدرتنا في أن نبين للعالم أجمع على أن تشغيلنا لهذه المحطات النووية آمن وفعّال، وأنه لدينا الحل لمشكلة النفايات النووية على المدى الطويل. ويجب أن يكون التركيز الأساسي لأي مشغل نووي في هذه الأيام على عامل الأمان. فينبغي، إلى جانب حسن الإدارة، أن يكون أيضاً للمحطات، التي بلغت سوية القمة في أدائها، سجلات ممتازة للأمان.

وفي الوقت نفسه، أضحت عملية تحسين الأداء النووي أمراً مهماً بعد أن تم تحرير اقتصاد صناعة الكهرباء عبر أنحاء أمريكة الشمالية. فالمنافسة هي التي تحثنا جميعاً إلى التطلع نحو طرق فعّالة ذات تأثير في التكلفة من أجل بلوغ سويات أعلى من الأمان والأداء التشغيلي. فالناس يوظفون أموالهم حيث الأفضل لأن ذلك يجلب لهم مداخيل قوية وموثوقة، وتخضع جميع القرارات لسوية عالية من البحث والتدقيق لكن الأمان يبقى له المقام الأول. فأين هو ذلك الذي يوظف أمواله في شركة تتخذ الإدارة فيها قرارات غير سليمة أو آمنة؟ ويُعدّ هذا الأمان المُسيِّر المهم في السوق التنافسية - وهذه أنباء مفرحة لصناعة الكهرباء وللمستهلكين ولمستقبل الطاقة النووية على حد سواء.

وتحسين أدائنا النووي هو رحلة مستمرة ليس لها نقطة نهاية. ولهذا، فإننا نرحب دوماً في محطاتنا بالمفتشين وبآخرين كطرف ثالث من مؤسسات التقويم، مثل الرابطة العالمية للمشغّلين النوويين World Association of Nuclear Operators. وواجب علينا ليس فقط الاستمرار في التطوير، بل يجب أن نثبت للآخرين بأننا نتطور فعلاً إذا توخينا المزيد من الدعم لصناعتنا.

وكأمر له الأهمية الموازية في صناعتنا هو إيجاد حل اقتصادي مقبول بيئياً واجتماعياًلمشكلة التعامل مع النفايات النووية على المدى الطويل. ففي عدد من البلدان، يقوم المشغلون النوويون مع حكوماتهم وآخرون ممن يودع الرهان عندهم بالعمل حالياً على حل هذه المشكلة، وقد تمخض عملهم هذا عن عدد من المقترحات ثبت بأنها سليمة من وجهة نظر تقنية في أوربا وفي أمريكة الشمالية على حد سواء. لكن القبول الاجتماعي لهذه المقترحات يظل معضلة كبيرة لدى معظم البلدان. وهذا يعود بي ثانية إلى المفهوم الشامل للقبول. ففي عملياتنا، يجب أن نكسب ثقة الرأي العام والحكومة وذلك كي تتولد لديهم الثقة في قضايا تقنية أخرى كتلك المتعلقة بالتعامل مع النفايات النووية.

ونحن، في كندا، نعمل باتجاه إنشاء مؤسسة خاصة بالتعامل مع النفايات النووية ستشمل المشغلين النوويين كافة. ومن بين المهمات الأولى لهذه المؤسسة هي إجراء مراجعة للفعاليات طويلة الأمد وهذا، كحد أدنى،

http://serversmiso.aecs.sy مكتب نظم المعلومات هيئة الطاقة الذرية السورية

يشمل موقع الخزن المديد والخزن المتمركز والطرح الجيولوجي العميق في الصخر البلوتوني للحائل الكندي Canadian Shield. وعقب دراسة الخيارات، سوف يُقدَّم النهج المفضل إلى الحكومة الفيدرالية والتي بدورها ستقرر الخطوات المستقبلية. وأعتقد بأن هذا سيكون أحد المتطلبات الأساسية كي تقوم الحكومة بوضع هيكل عام أو إحداث مجموعة من السياسات لدعم الاستخدامات الحالية والمستقبلية للطاقة النووية في كندا.

فالمنافسة هي التي تحثنا إلى التطلع نحو طرق فعالة ذات تأثير في التكلفة من أجل بلوغ سويات أعلى من الأمان والأداء التشغيلي

القبول الجماهيري

ومهما يكن من أمر فأنا أدرك أيضاً أن الحكومة ستتأثر بالرأي العام، لذلك ينبغي علينا أن نعمل بقدر ما نستطيع كي نؤثر على هذا الرأي العام إلى جانب تحسين أماننا وأدائنا التشغيلي. وإن إحدى العلامات المشجعة، هو حدوث تحول في الموقف الجماهيري، فقد تبين في إحصاء أجري في الولايات المتحدة، في شباط من عام 2000، أن ما يزيد على 60% من خريجي الجامعات المسجلين كمنتخبين ومن الجماهير العامة يدعمون الطاقة النووية. كذلك أظهر إحصاء آخر، أجري قبل ذلك في كندا، أن 77% من المستجيبين يعتقدون بضرورة زيادة استخدام الطاقة النووية من أجل توليد الكهرباء خلال الخمسين سنة المقبلة، وبأن 68% منهم يعتقدون بأن توليد الكهرباء من محطات الطاقة النووية سيكون ضرورياً لتغطية احتياجات كندا من الطاقة المستقبلية.

وأحد مفاتيح القبول الجماهيري هو التأكيد على أننا منفتحون ويمكن الوصول إلينا. كما ينبغي علينا أن نقدم للجماهير، وبخاصة تلك التي تعيش أو تعمل في مجتمعات تأوي مرافق نووية، حقائق تساعدهم على فهم الطاقة النووية. ولا يجوز أن نخجل من سرد قصتنا بل لا بد لنا أن نشرح سجلنا في الأمان، والنظافة (البيئية) للطاقة النووية، وكذلك مقدرتنا التنافسية. وفي الوقت ذاته، يجب علينا أن نُصْدقهم القول عندما تختل الأمور وتحدث أخطاء وأن نتوصل إلى سوية ما من الثقة مع مجتمعاتنا وحكوماتنا. ويمكن، من خلال هذا الانفتاح وهذه المسؤولية، أن نحظى بالقبول الجماهيري. كذلك، علينا أن ندرك أنه مهما بذلنا من الجهد الشاق في محاولتنا ستظل صناعتنا تواجه خصوماً أقوياء. وفي الحقيقة، تعد المناقشة مع الجماهير أمراً صحياً وسبق لها أن ساعدتنا في تطوير طرق أفضل لتبادل المعلومات ولتبديد الخرافات النووية.

وضروري أن تستمر الجهود من أجل تحديث القوانين والبرامج الخاصة بدعم الطاقة النووية. ففي شهر حزيران من هذا العام، تأسست وانطلقت الهيئة الكندية للأمان النووي Canadian Nuclear Safety Commission (CNSC) وهي الوكالة الفدرالية الجديدة التي حلت محل مجلس ضبط الطاقة النووية الذرّية (AECB)؛ وتعمل هذه الهيئة على تنفيذ قانون الأمان والضبط النووي الذي أصبح نافذ المفعول في 31 أيار من عام 2000 والذي جاء بديلاً عن قانون ضبط الطاقة الذرّية الذي سبق إقراره في عام 1946. ويمثل هذا القانون المنقَّح مع تنظيماته أول تجديد وفحص دقيق لبرنامج حكومي في كندا يُنظم الاستخدامات النووية منذ إحداث AECB في فترة ما بعد الحرب. وعموماً، تُبذل جهود مماثلة لما سبق ذكره من قبل سلطات منظمة في أنحاء العالم كافة؛ وهذا، بحد ذاته، يساعد أيضاً على زيادة الثقة والقبول لدى الجماهير.

كذلك، تولي السلطات التنفيذية اهتماماً بالغاً بالتأثيرات البيئية للطاقة النووية. ولدى صناعتنا قصة حسنة يمكن سردها حول ما يتعلق بالفوائد البيئية للطاقة النووية، فهي تُعَد مساهماً أساسياً لإصدارات هوائية مرغوبة. فكل 750 MW من التوليد النووي للكهرباء يُجنِّب إصدارات من ثنائي أكسيد الكربون توازي تلك التي تنجم عن 2 مليون سيارة في العام الواحد. ولو لم يكن لدى كندا توليد نووي لتضاعف إصدار غازات الدفيئة الناجمة عن توليد الكهرباء؛ ولولا الطاقة النووية لما تمكنت كندا وعديد من البلدان الأخرى من تحقيق الخفض المنشود في إنتاج CO_2 الذي التزمت به في مؤتمر قمة كيوتو.

وهكذا، يبدو واضحاً أن للاستخدامات النووية دوراً حيوياً تلعبه في حماية البيئة العالمية من تغير المناخ. وتعد المواصفة ISO 14001 في إدارة النظم البيئية لدى العديد من المحطات النووية دليلاً على الالتزام بحماية البيئة على الصعيدين المحلي والعالمي على حد سواء. ويستخدم مشغلوا المصانع المواصفة ISO 14001 من أجل المساعدة على تحسين إدارتنا البيئية وذلك بالطريقة المماثلة ذاتها التي يجري فيها استخدام مؤشرات WANO (الرابطة العالمية للمشغلين النوويين) لتحسين أماننا وأدائنا التشغيلي.

ونحن في كندا، نعمل باتجاه إنشاء مؤسسة خاصة بالتعامل مع النفايات ستشمل المشغلين النوويين كافة

اجتذاب مواهب جديدة

مع افتراض أننا تمكنا من تحسين أدائنا ومن تأمين القبول للتقانة، فإن التحدي الرابع الذي نواجهه حالياً - والذي قد يشكل أعظم التحديات - هو تأمين مصادر ضرورية لاستمرار وديمومة صناعتنا. أظهر مجمل الصناعة النووية تنامياً ضعيفاً خلال العقد الماضي وكذلك فقد شاخ الكادر الوظيفي العامل لدينا والذي لم يجر رفده إلا بقليل من المواهب الجديدة، وبخاصة تلك التي تكمن في خريجي الكليات والجامعات. ونحن إذ نحاول اجتذاب واستبقاء هذه المواهب الجديدة، ليس فقط من أجل تشغيل محطاتنا بل أيضاً من أجل إجراء بحوث وتطويرات أساسية، فإننا نتنافس مع تقانات يُنظر إليها وكأنها أعظم كثيراً من حيث التقدم والإثارة. وفي الحالات التي تكون فيها فرص التوظيف محدودة لخريجي الدراسات العليا، تلجأ الجامعات إلى وقف العمل في مفاعلات البحث التجريبي كما تُحجم عن طرح مقررات تدريسية تقود إلى صناعة الطاقة النووية.

http://serversmiso.aecs.sy مكتب نظم المعلومات هيئة الطاقة الذرية السورية

واستجابة للتحدي آنف الذكر، يصبح لزاماً على المشغّلين النوويين أن يعملوا بشكل أوثق مع الكليات والجامعات. ولسوف يغدو بمثابة حوافز أساسية لاجتذاب قواعد وظيفية للمستقبل اتخاذهم لعدد من الإجراءات، كالعمل داخل حرم الجامعات على اختيار وتوظيف العاملين النوويين، والعمل على تدريس مقررات جامعية متخصصة تقود مباشرة إلى التوظيف، وكذلك المساهمة في معارض الشغل job fairs، ومنح أعمال مأجورة أو إبرام عقود مع الطلاب. وليست الإجراءات السابقة إلاّ بداية فقط حيث أن التحدي اللاحق سيكون الاحتفاظ بالهيئة الفنية العاملة، فغالباً ما يؤخذ على هذا العمل كونه روتينياً وعادياً لا يوفر إلاّ القليل من فرص الخلق والإبداع. وقد يُعالجُ حالات عوز العمالة هذه تمويل بحوث من أجل تطوير صناعة الطاقة النووية وذلك من خلال توفير فرص لتطوير تقاناتنا وإيصالها إلى الجيل اللاحق من المفاعلات؛ لكن مثل هذا التمويل يتطلب دعماً حكومياً سبق أن تضاءل إلى حد كبير خلال العشرين سنة الماضية وفي الآونة الأخيرة، يبذل المدراء التنفيذيون لبعض شركات تشغيل المحطات النووية الكثير من الجهود كي يجعلوا الكبار من متخذي القرارات في الحكومة واعين وبشكل دقيق للإسهامات البارزة التي يمكن أن تحققها صناعة الطاقة النووية.

يعد التوسع في الصناعة النووية وسيلة لاجتذاب الخبرات الشابة. وعلى الرغم من أن تشييد محطات نووية جديدة في أمريكة الشمالية لا يلوح في الأفق القريب إلاّ أنه يبقى أمراً وارداً في البلدان النامية. والآن.. كيف يجب أن تبدو عليه مستقبلاً هذه التقانة الحديثة؟ ينبغي على المحطات الجديدة أن تكون تنافسية، أي يجب أن تكون أصغر حجماً وأبسط في تصميمها وبنائها، كما ينبغي عليها أن تصبح جاهزة للتشغيل خلال عامين أو ثلاثة كي تحافظ على وضعها التنافسي مع تقانات أخرى؛ وهذا يُعدّ بحد ذاته تحدياً حقيقياً. وفي الوقت ذاته، نحن بحاجة إلى صيانة أفضل لمحطاتنا كي نتمكن من إطالة عمرها التشغيلي. وسوف تؤدي أيضاً هذه المهمة الملحة إلى اجتذاب الخبرات الشابة إذا كنا مستعدين لقبول وجهات نظر حديثة وحلول ابتكارية.

نعم! لدينا قصة حسنة للتحدث حول الطاقة النووية. فصناعتنا آمنة وضرورية من أجل توفير هواء نظيف وللحد من سرعة تغير المناخ. وعلاوة على وضعها التنافسي من وجهة النظر الاقتصادية، سوف تُشكّل الطاقة النووية جزءاً هاماً من المزيج المستقبلي للتوليد الكهربائي مضيئة بذلك طريق المستقبل في كندا وفي أنحاء العالم كافة.■

☆ ★ ☆

http://serversmiso.aecs.sy مكتب نظم المعلومات هيئة الطاقة الذرية السورية

الطاقة النووية خلال فترة حياتي
وجهة نظر لمن بلغ عمره 26 عاماً*

كثير من التغيرات البسيطة عبر الزمن سيؤدي إلى تغيرات كبرى في المظهر العام للطاقة النووية والوسط البيئي

أوغست روز بيكين – فرن
مدير أتمتة العمل لدى شركة Utility في مدينة إمرفيل بولاية كاليفورنيا

بحلول عام 2074، وهو العام الذي أغدو فيه بعمر يناهز المئة، سيكون المظهر العام للطاقة النووية مختلفاً تماماً عما هو عليه في الوقت الحاضر، وستمتلىء خارطة الوطن بنقاط تمثل محطات الطاقة النووية المنتشرة عبر المراكز السكانية.

ماتزال الطاقة النووية تُشكّل حوالي 20% من إجمالي قاعدة الطاقة في البلاد، لكن تركيبة النسبة المتبقية (80%) تغيّرت إلى حدٍ كبير. فطاقتا الشمس والرياح تحتل نصيباً وافراً وسيصبح شائعاً توظيف خلايا عاملة بالنفط الخام، في حين تنزلق إلى قدر ضئيل تلك العاملة بالفحم والزيت، وتبقى العنفات المائية ضمن اللعبة، أما الفرق المتبقي فسيأتي من مصدر جديد للطاقة لم نكن بعد نعرف هويته في العام 2000.

لا يمكن من الآن فصاعداً اعتبار الطاقة النووية الخيار الأعلى تكلفة، فقد تغيرت الاقتصاديات بقدر يكفي لأن تتساوى فيها تكلفة إنتاج الطاقة من المصادر المختلفة. وسوف يكون لدى الجماهير، في عام 2074، فهم أعمق لتقانة إنتاج الطاقة النووية؛ وسيقبلون، كنتيجة مباشرة لهذا الفهم، بالطاقة النووية كإحدى مكوّنات قاعدة الطاقة المتاحة للشعب.

ومن الواضح وجود عدد لابأس به من الخطوات الوسطية بين المظهر العام للطاقة النووية والوسط البيئي في الوقت الراهن، وبين المظهر العام والوسط البيئي ذاتهما في العام (2074) الذي يتوافق مع العيد المئوي لتاريخ ميلادي. وتظهر، مع مرور الزمن، تغيرات كبرى كهذه، حيث أن أيّاً من هذه التغيرات ستكون إلى حدٍّ ما غير ملفتة للنظر. لكن التراكم لعددٍ من التغيرات البسيطة هو الذي يؤدي مع مرور الزمن إلى تغيرات كبرى.

وكطالب في قسم الهندسة النووية بجامعة كاليفورنيا في مدينة بركلي، قضيت الكثير من الوقت في دراسة المظاهر المختلفة للقدرة النووية. وجليٌّ أن يُكرّس الكثير من الوقت أيضاً للتركيز على المبادىء الأساسية المسيّرة لمحطات الطاقة النووية، في حين يخصص قليل من الوقت لمناقشة التقانات الحديثة وتأثيراتها على أمان المفاعل. وفيما يتعلق بالنواحي الاقتصادية للقدرة النووية، فقد جرى، في بضع مناسبات، التعرض لها سطحياً ومن منظورها العام فقط.

وبعد تخرجي من بركلي، عملتُ لدى شركة استشارية للإدارة؛ متخصصة في التطبيقات العملية لمرافق النفع العام. وقد اتخذَتْ مناقشاتي مع زملائي بشأن مستقبل الطاقة النووية منحىً يختلف كثيراً عن ذلك الذي كان سائداً في المناقشات الأكاديمية؛ إذ احتلت، لدى هذه الشركة الاستشارية الضخمة، اقتصاديات الطاقة النووية موقع الصدارة كقوة محرّكة في دفع المشاريع الأمريكية.

محطة يكرنغ في انتاريو مع مفاعلاتها الثمانية PHWRs استطاعة كل منها 515-MW(e) أنشئت المحطة على مدى 20 سنة ودخلت الوحدة الأولى مرحلة التشغيل في عام 1971 والوحدة الأخيرة في عام 1986.

---

* نشر هذا المقال في مجلة *Nuclear News*, November 2000. ترجمة هيئة التحرير – هيئة الطاقة الذرية السورية.

http://serversmiso.aecs.sy مكتب نظم المعلومات هيئة الطاقة الذرية السورية

لغة الدولارات والسنتات

مهما بلغ قدر تأكيدي على: المزيج الطاقي المتوازن، والأمان في تصاميم المفاعلات الحديثة، وظهور تقانات جديدة، أو حتى تأكيدي على الميزة القاضية بعدم وجود أيّة إصدارات ضارة ...، فإنني لم أستطع كسب أي جدل يدعم استخدام الطاقة النووية. فعَالَم المشاريع التجارية والصناعية يستمع للغة الدولارات والسنتات، وهو من خلال ذلك يطرح أسئلة محددة. كم عدد الدولارات التي ستنفق من أجل بناء محطة جديدة؟ وماهو كامل التكلفة بالسنتات الذي سيتحمله كيلوواط ساعة من الطاقة المنتَجة؟ لايمكن للطاقة النووية أن تشكل، في عام 2000، حاجة ملحّة وحتميّة عندما يجري تقييمها من واقع الميزات الاقتصادية فقط. ولن تُشيَّد في الولايات المتحدة أي من المحطات النووية الجديدة ما لم تتمكن الطاقة النووية من مجاراة بل تجاوز المتطلبات الاقتصادية التي يفرضها عَالَم المال والتجارة، وذلك فيما يتعلق بالتكاليف الأولية للإنشاء والتكاليف الخاصة بالتشغيل على حدٍّ سواء.

لن يكون ممكناً بناء محطات نووية جديدة في الولايات المتحدة ما لم تصبح الصناعة النووية قادرة على ضمان فترة زمنية تقل عن ثلاث سنوات بين توقيع العقد ووصل الشبكة

هذا، وينبغي أن تكون التكلفة لبناء محطة نووية جديدة أقل من أو مساوية لتكلفة بناء أي من المحطات البديلة العاملة بالوقود، وذلك بالاعتماد على مبدأ سنتات التكلفة التي يتحملها إنتاج كيلوواط ساعة. ففي عَالَم الدولارات والسنتات لاتُعطى أو تخصص نقاط علاوة إضافية من أجل "تقانة باردة cool technology".

ويجب أن تكون هذه الغاية هدفاً واضحاً عند تصميمنا لمحطات نووية جديدة، حيث نتطلع إلى استخدام منشأة نمطية تقل فيها التكاليف العالية التي تترتب عادةً على التشييد في الموقع حسب طلب الزبون. وستنخفض بشكل مثير التكاليف المترتبة على كل تركيب جديد وذلك بتطوير حقيبة تصاميم مصدَّق عليها سلفاً بحيث تُسحب من على الرف ويجري تنفيذها فوراً دون إجراء تعديلات وفق طلب الزبون. والتعاون التام مع التصاميم المصدَّق عليها سلفاً يتطلب إلحاح إيجاد عملية ترخيص سهلة تُسرِّع الزمن اللازم لوصل الشبكة وتُجنِّب عبئاً تنظيمياً لامبرر له تتحمله، في الوقت الراهن، أيّة شركة تسعى إلى تشييد وحدة نووية جديدة.

ومن قبيل إعطاء شيء ما كهدف مرجو، أعتقد بأنه لن يكون ممكناً بناء محطات نووية جديدة في الولايات المتحدة مالم تصبح الصناعة النووية قادرة على ضمان فترة زمنية تقل عن ثلاث سنوات بين توقيع العقد ووصل الشبكة. ففي عالَم يتسارع التنافس فيه على إنتاج الطاقة، لن يُختار تصميم نووي بديلاً عن مصدر طاقة يعمل بالوقود ويمكن بناؤه بأقل من نصف الفترة الزمنية. وإن تكاليف الفائدة المترتبة على المديونية ستكون بمفردها كافية لأن تقنع أي محلِّل مالي كي يختار تصميم المحطة الذي سيجلب دخلاً أسرع على الاستثمار. إضافةً لما سبق ذكره، لاتستطيع الطاقة النووية أن تنافس في عالَم يتوقع فيه المستثمرون معدلات أعلى من الدخل عند زيادة الخطورة أو عند اختيار مسار أطول لتحقيق المرْبحية.

قضايا بارزة

وحتى مع التحسينات الموصوفة آنفاً في التكاليف الأولية للطاقة النووية، لاتزال هناك قضايا بارزة في نفقات التشغيل الجارية وتتطلّب المعالجة. فأثناء مداولاتي الاستشارية، ورغم أنني أعمل لدى شركة ذات نفع عام ولديها محطة نووية بأداء تشغيلي قوي مثابر، كان من غير الممكن التغاضي عن حقيقة أن المحطة النووية توظف 1700 شخص لتصون وتحافظ على موقع ينتج 2000-MWe، في حين أن محطة مجاورة تعمل بالفحم كانت تتطلب فقط 25 موظفاً داعماً من أجل صيانتها والمحافظة على إنتاجها لقدرة تبلغ 450-MWe. وفي عصرٍ كهذا يتميز بالأتمتة والإنتاجية المتزايدة، لابدّ لشركات النفع العام أن تُعيد حساباتها بشأن حاجتها من العاملين لتشغيل محطة نووية، وأن تعدّل أعدادهم بحيث يصبحوا في وضع مماثل أو منافس لما هو عليه في مصادر أخرى لإنتاج الطاقة.

ويُعدّ أمراً جيداً ذلك التقدم الحالي نحو تحقيق دورات وقود أطول وفترات توقف أقصر لإعادة شحن الوقود؛ لكن ذلك يمثل تحسيناً متدرج الزيادة بدلاً من قفزات إلى الأمام نحن بحاجة إليها. وبما أن كل يوم تتوقف فيه المحطة يمثل فقداً في الدخل، لذلك يسعى مشغلوا الطاقة النووية بدأب إلى إطالة فترة الوقود والتخلص من فترات التوقف إلى أن نصبح في وضع قادرين فيه على إجراء شحن فوري وأثناء سير العمل.

إضافةً لما سبق، سوف تتوجه الصناعة نحو إيجاد تصاميم أبسط للمحطة تشتمل على عدد أقل من الأجزاء المعقّدة، وذلك بهدف إنقاص الفترة الزمنية اللازمة للصناعة الدوريّة، وبهدف التوصل إلى إعادة شحن فورية للوقود، وإلى صيانة للمحطة دون حدوث فترات توقف؛ وفي نهاية المطاف، سيتمكن المشغّلون من تطوير طرائق مؤتمتة لأداء هاتين المهمتين عن طريق الاستفادة من الاكتشافات والتقدّم في مجالي الإنسالية robotics والتقانة الحاسوبية computing technology.

وإنني لم أعد أعمل بعد الآن لصالح الشركة الاستشارية للإدارة، بل إنني موظف لصالح شركة ذات نفع عام "Utility. com" تعمل على توفير خدمة كهربائية بديلة فورية. وكمساهمين في سوق الكهرباء المتطور حديثاً، فنحن بالضرورة، منقادين لإيجاد أرخص مُزوِّد للطاقة يستطيع إيصال طاقة رخيصة الثمن لزبائننا. وضمن هذا السيناريو ، لن تمنح علاوة لمنتجي الطاقة النووية جرّاء تقانتهم المتقدِّمة أو لتقديمهم مصدر طاقة أعظم توازناً.

من الواضح أن هناك عدة أهداف لابدّ من تحقيقها قبل منح الطاقة النووية فرصة الإسهام بتجهيزات جديدة مولِّدة للطاقة. فإلى جانب الأغراض الاقتصادية المذكور آنفاً، لابدّ أن تحصل مستقبلاً تغييرات في تصاميم المحطة قبل البدء بمشروع جديد. هل تذكر المشهد في نهاية فِلم "عودة إلى المستقبل Back to the Future" عندما يعود Doc Brown ليظهر ويُجهِّز المركبة "ديلوريان Delorian" العابرة للزمن بنبيطة قادرة على أن تمنح في الموقع الطاقة اللازمة لرحلةٍ عبر الزمن؟ وبينما لا أؤيد

هيئة الطاقة الذرية السورية مكتب نظم المعلومات http://serversmiso.aecs.sy

الفكرة بأن تصبح الطاقة النووية الوقود المعتمد في دفع المركبات، إلا أنني أعتقد بأن محطات الطاقة ستتحرك بشكل عام نحو فكرة تصميم محطات أصغر حجماً تُشيَّد في موقع الحاجة إلى الطاقة بدلاً من تمركزها في مكان بعيد ومعزول عن مصدر الحمولة.

ونحن نرى الآن اكتشافات حديثة في مجال خلايا الوقود (وما رافق ذلك من انخفاضات في الأسعار) ستقود إلى استخدامها كمصدر شائع للطاقة في الأبنية ذات الاستهلاك الكبير. ومع الزيادة المضطردة في الكثافة السكانية للبلد وفي استهلاك الأسرة الواحدة نتيجة استمرار جلبها للتقانة الحديثة، لن يستمر البلد بتوظيف استثمارات ضخمة في بنية تحتية للنقل تتطلب نقل الطاقة إلى مركز الحمولة. وسوف نرى ظهور محطات أصغر حجماً تنتشر هنا وهناك ضمن مراكز تجمعاتنا السكانية، توفر الطاقة في المكان والزمان المناسبين. ولاشك ستندثر وتغدو جزءاً من التاريخ فكرة بناء محطة تولّد 300 MWe وبعيدة 200 ميل عن التجمع السكاني.

ومن الواضح أن مواجهة هذه التحديات تتطلب تغييرات في التقانة التي نستخدمها في محطات توليد الطاقة النووية. بينما تُعدّ الضغوط الجديدة، الموجهة لبناء الجيل IV من المفاعلات، مسعىً مقبولاً، فإنني أعتقد بأن الاعتراض لم يكن كافياً ليحول دون قيام أي من الشركات الأمريكية ببناء هذا الجيل من المفاعلات. ومن المحتمل جداً أن بلداناً أخرى، لديها معايير مختلفة في اتخاذ القرارات الاقتصادية، ستكون راغبة تماماً بتركيب مفاعل الجيل IV. ومهما يكن من أمر، لاتشكل المحاولات الراهنة جدلاً مقنعاً لإنشاء محطة نووية جديدة في حال وجود التزام بتفضيل مصالح المساهمين على الإنجازات التقانية المحضة.

ومن خلال المعدّل الحالي للتطوير والتحسين الذي يجري على كل جيل من المفاعلات، لن ينتبه أصحاب القرار في الولايات المتحدة لشراء محطة نووية جديدة، اللهم إلاّ بعد أن تكون الصناعة النووية أنجزت تصميم VII من المفاعلات. وسوف يتطلب الأمر هذا العدد الإضافي من أجيال المفاعلات قبل أن تصبح تصاميم المحطة قادرة على تلبية جميع أغراض المحطة الجديدة التي سبق وصفها (تصاميم نمطية، زمن قصير لوصل الشبكة، تعقيد أقل لإجراءات التشغيل المستمرة) إضافةً إلى الأغراض المفهومة ضمناً (حجم أصغر، قدرة على تحمّل حمولة لاحقة، أمان متأصل). وأعتقد بأن الصناعة النووية ستكتشف أفضل التطبيقات العملية من صناعات أخرى كي تُسرّع التطوير لكل جيل (من المفاعلات)، وبحيث تلبي طلبات السوق الدائمة التغير؛ لكنه سيبقى أمامنا طريق سفر طويل قبل أن تحصل تطبيقات كهذه في الولايات المتحدة.

ومن التحسينات الأخرى المفهومة والضرورية لمواجهة التحدي الخاص بوصل الشبكة في أقل من ثلاث سنوات، تطوير الإدراك الحسي الجماهيري public perception. وخلال فترة حياتي، أتوقع بأن ثلاثة عوامل ستقود إلى تغييرات في الإدراك الحسي الجماهيري، ألا وهي: برنامج تسلح ضعيف، ودمج الإنترنت في الحياة اليومية، وهرم (تقدّم عمر) الجيل الحالي من الشباب؛ وهذه النقاط الثلاث تتمازج جميعاً فيما بينها لتظهر كصفات متأصلة في شباب الجيل الحالي ممن سيصبحون قادة الغد.

ورغم أنني في السادسة والعشرين من العمر، فإن اطلاعي ومعرفتي بسقوط جدار برلين وبالصعوبات الاقتصادية في روسيا أعظم وأشد مما هما عليه بشأن مفهوم سياسة الحرب الباردة. وقد يتذكّر إخوتي الأصغر مني عمراً الشيء القليل أو لايتذكّرون مطلقاً مناخ الحرب الباردة الذي أدى إلى القيام بأبحاث ضخمة وإلى صناعة أسلحة نووية. وفي حين لاأستطيع نكران المكتشفات العلمية العظيمة التي نجمت كفائدة جانبية لبرامج التسلّح، لكنني واجهت فترة عصبية عندما رأيتُ التأكيد ذاته يقع على أبحاث التسلّح وأنا في وضع أُشكّل فيه مع إخوتي الغالبية العظمى ممن يمارسون حق الانتخاب، وممن يتبعون جيلاً ترتى على مفهوم "جين رودنبري"* للسلام في جميع أنحاء "الاتحاد الفدرالي للكواكب United Federation of Planets"، عندما كان يجري بثه أسبوعياً عبر المسلسل التلفزيوني "رحلة النجوم Star Trek". وسوف يُسهّل تلاشي برنامج التسلّح النووي عملية فصل الأسلحة النووية عن الطاقة النووية في نظر الجماهير.

وعندما يصبح أفراد من الجيل الحالي للشباب قادة المستقبل سنرى حدوث تغييرات كثيرة في الإدراك الحسي الجماهيري للطاقة النووية

والدمج المستمر للإنترنت في الحياة اليومية سيوسّع الحاجة من أجل توفير معلومات كاملة ودقيقة للأفراد كافةً على مدار 24 ساعة يومياً. فلن يرضى الجمهور بعد الآن بتفسيرات ضحلة للحقائق بل يتوقع حرية في الوصول إلى معلومات كاملة وذلك من خلال تشكيل رأي شخصي. ويمكن، حالياً للصناعة النووية قبول الحقيقة المذكورة آنفاً من خلال توفيرها، على الإنترنت، معلومات دقيقة حديثة ومفصّلة بحيث تصل إلى جيل الشباب عبر أنحاء العالم كافةً. ولايتوقع الجيل الحالي للشباب أقل من ذلك؛ ولسوف تؤدي هذه الجهود إلى خلق جمهور أفضل اطلاعاً ونضجاً في اتخاذه لقرارات المستقبل.

وعندما يصبح أفراد من الجيل الحالي للشباب قادة المستقبل سنرى حدوث تغييرات كثيرة في الإدراك الحسي الجماهيري للطاقة النووية. وفي الوقت الراهن، نجد أن جيل الشباب غارق في التقانة وهو في عمر مبكر جداً، ولهذا فإنه يكتسب وصفاً مريحاً تجاه المفاهيم التقانية المتقدّمة والتي ربما كانت مفزعة لأجيال سابقة. وفي السنوات الخمس أو العشر القادمة لن تعطي ثمارها الجهود التي تبذلها حالياً الجمعية النووية الأمريكية American Nuclear Society في تقديم معلومات واقعية لصغار السن من الطلاب عبر تدريس برامج من خارج المدرسة أو المعهد؛ لكن هذه

* جين رودنبري Gene Roddenberry: هو كاتب أمريكي ومنتج تلفزيوني وسينمائي مشهور عاش في الولايات المتحدة الأمريكية خلال الفترة مابين 1921 و 1991 وأخرج السلسلة التلفزيونية الشهيرة "Star Trek".

http://serversmiso.aecs.sy مكتب نظم المعلومات هيئة الطاقة الذرية السورية

الجهود ستعطي ثمارها خلال الفترة ما بين 15 إلى 30 سنة المقبلة. وسوف يؤدي بنا هذا الاستثمار الطويل الأجل إلى جيل غدٍ أفضل ثقافة واستيعاباً، جيل لايخشى المجهول من حقائق الطاقة النووية وإنما لديه معلومات تكفي لأن يشكّل رأياً شخصياً.

وخلال فترة الـ 20–30 سنة القادمة ستظهر عوامل أخرى لها تأثير على إدراك الجمهور للطاقة النووية وتفتح الطريق أمام التقانات كي تحقق الأهداف الاقتصادية المناسبة. فمع تنامي الاستهلاك العالمي للطاقة ستطرأ زيادة تدريجية على ثمن الوقود الأحفوري، كما سيزداد الإقرار بضرورة الحفاظ على هذا الوقود من أجل احتياجات طاقية أخرى، كوسائط النقل. وسوف يظهر في نهاية المطاف شكل ما من ضريبة الكربون، ستُوظّف من أجل التحكم بنوعية الهواء الذي نستنشقه. ومع تجاه محطات الطاقة لتصبح أوثق دمجاً وتكاملاً مع مجتمعنا السكاني، سيزداد الضغط من أجل إنتاج طاقة نظيفة وذات موثوقية عالية، وهما ميزتان تتوفران أصلاً في الطاقة النووية. وسوف تحصل مثل هذه التغيرات خلال حقبة تتراوح ما بين 20–30 سنة، لكنها لن تحصل خلال السنتين أو الثلاث القادمة.

ومع كل هذا الحديث بشأن عدم إمكانية اعتبار الطاقة النووية كمصدر جديد الطاقة الكهربائية في الولايات المتحدة خلال الـ 20–30 سنة القادمة، فإن السؤال التالي الذي يظهر للعيان سيهتم بمدى توفر المصادر البشرية الماهرة عندما تحين الحاجة إليها. وبالتأكيد، ستواجه الصناعة النووية، بعد 20 –30 سنة من الآن، نوعاً من أزمة الموارد البشرية التي تشبه حالياً الضائقة التي تواجهها شركتي في بحثها عن مبرمجين للغة الحاسوبية "Java/C++". في ذلك الوقت، ستلجأ الصناعة النووية إلى اتخاذ خطوات مماثلة تتجلى بتعريض الموارد المتوفرة إلى تدريب دقيق على التقانة اللازمة لتشغيل محطات الطاقة النووية، وباستنزاف قوي لموارد الجامعات بهدف تدريب أعداد أكبر من العاملين في هذا المجال. وسوف تتمكن شركات النفع العام من زيادة الإنتاجية باستخدام تصاميم أبسط مع مزيد من الأتمتة، بحيث تقل الموارد البشرية اللازمة للحصول على الخرج ذاته. إضافةً لما سبق، سوف تسعى الصناعة إلى استقطاب وسحب موارد بشرية (كأمثالي) ممن تدرّبوا على التقانة النووية لكنهم اضطروا إلى ممارسة خيارات مهنية أخرى لحين حلول الفرصة المواتية.

نعم! عند حلول عيد ميلادي المئوي، ستغدو الطاقة النووية جزءاً هاماً من مزيجنا الطاقي، ولابد للصناعة النووية آنذاك من مواجهة الكثير من التحديات. لكن الثقة كاملة لديّ في قدرة نظرائي على الخلق والإبداع.■

☆ ★ ☆

أخبار علميّة

1– الطاقة النووية تساعد الولايات المتحدة على الحدّ من إصدارات غاز ثنائي أكسيد الكربون*

ازدادت إصدارات غاز ثنائي أكسيد الكربون المقدّرة في الولايات المتحدة بمعدل 1.3 % في عام 1999 وربما كانت سترتفع إلى معدلات أكبر لو لم يجرِ جزئياً توليد الكهرباء من محطات الطاقة النووية، وذلك وفقاً لإدارة معلومات الطاقة EIA. وساهم أيضاً في تخفيض إصدارات غاز ثنائي أكسيد الكربون كلٌّ من محطات الطاقة الكهرمائية وارتفاع درجة حرارة الطقس في البلاد.

وفقاً لتقرير إدارة معلومات الطاقة المعنون "إصدارات غازات الدفيئة في الولايات المتحدة – 1999" والذي نشر في 31 تشرين الأول عام 2000، بلغت كمية إصدارات غاز ثنائي أكسيد الكربون التي أنتجتها الولايات المتحدة عام 1999 1527 مليون طن متري من الكربون المكافىء (tCe) مقارنة مع 1507 مليون tCe في عام 1998. وأشار تحليل أجرته إدارة معلومات الطاقة إلى أن إصدارات الولايات المتحدة لغاز ثنائي أكسيد الكربون في العام الماضي كان من الممكن أن تكون أعلى بمقدار 29 مليون tCe لو كانت مؤشرات الطقس طبيعية على مدى العام ولو لم يكن توليد الكهرباء من محطات الطاقة النووية أعلى مما هو عليه في الاختبار الأخير.

وصل توليد الكهرباء من محطات الطاقة النووية الأمريكية إلى رقم مطلق مقداره 725 بليون كيلوواط ساعة في عام 1999، بزيادة 8 % نسبة إلى إنتاج عام 1998، وذلك وفقاً لإدارة معلومات الطاقة.

وقال التقرير أن هذه الزيادة وحدها في مساهمة الطاقة النووية لعام 1999 جنّبت 11.7 مليون tCe من إصدارات غاز ثنائي أكسيد الكربون من محطات التوليد بحرق الوقود الأحفوري التي كان من الممكن أن تنبعث لو بقي معدل خرج الكهرباء من الطاقة النووية عام 1999 عند سوية متوسط ثلاث سنوات.

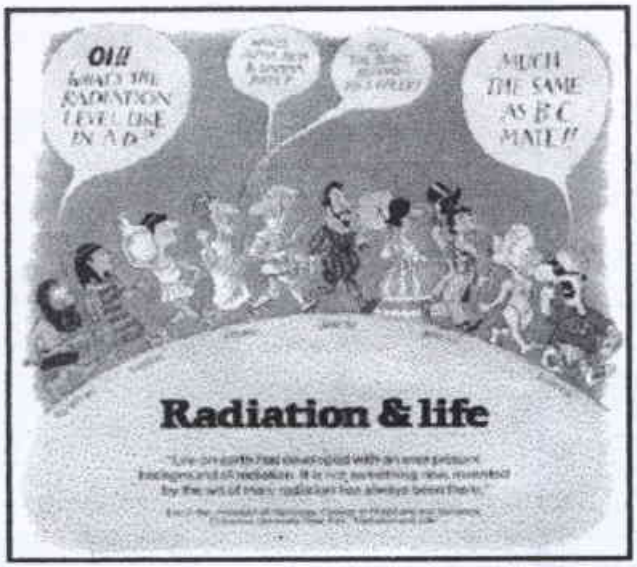
ساهمت إصدارات غاز ثنائي أكسيد الكربون في عام 1999 بنسبة 83 % من كامل إصدارات غاز الدفيئة المقدّرة في الولايات المتحدة والتي وصل إجماليها إلى 1833 مليون tCe. أما عن المساهمات الأخرى فقد كانت 165 مليون tCe (9 %) من الميتان، و103 مليون tCe (6 %) من الأكسيد النتروز، و38 مليون tCe (2 %) من مركبات الهدروفلوروكربون والبرفلوروكربون وسداسي فلوريد الكبريت.

كان إجمالي إصدارات الولايات المتحدة لغاز الدفيئة المقدّرة بـ 1833 مليون tCe أعلى بنسبة 0.8 % من السوية المقدّرة لعام 1998 وهي 1818 مليون tCe. ووفقاً للتقرير فإن الزيادة كانت أخفض قليلاً من معدل النمو الذي يبلغ 1.1 %، والذي ميّز إصدارات الولايات المتحدة لغاز الدفيئة في التسعينيات، لكنها كانت أعلى بصورة معنوية من معدل النمو الذي يبلغ 0.1 % ما بين عامي 1997 و 1998. بالمقارنة، ازداد الإنتاج المحلي الإجمالي (GDP) للولايات المتحدة بنسبة 4.1 % من عام 1998 وحتى عام 1999.

على العموم، كانت نسبة إصدارات الولايات المتحدة لغاز الدفيئة أعلى بحوالي 10.7 % من إصدارات عام 1990 التي قُدِّرت بـ 1655 مليون tCe. والمتوسط السنوي لمعدل زيادة الإصدارات الذي نسبته 1.1 % من عام 1990 وحتى عام 1999 يقارن مع متوسط معدلات النمو للسكان في الولايات المتحدة التي تساوي 1.0 %، ما نسبته 1.5 % من أجل استهلاك الطاقة، و2.2 % من أجل توليد الطاقة الكهربائية، و3.1 % من أجل الإنتاج المحلي الإجمالي.■

2– الإشعاع والحياة**

لقد تطورت الحياة على الأرض مع وجود خلفية إشعاع دائمة. وهذا ليس أمراً جديداً، اخترعته حكمة الإنسان: فالإشعاع موجود على وجه الدوام.



الإشعاع والحياة

الإشعاع هو الطاقة المنطلقة في الفضاء. وأشعة الشمس هي أحد أشكال الإشعاع الأكثر شيوعاً. فهي تصدر الضوء والحرارة وتسبّب

* نشر هذا الخبر في مجلة *Nuclear News*, December 2000. ترجمة مكتب الترجمة والتأليف والنشر – هيئة الطاقة الذرّية السورية.
** نشر هذا الخبر في مجلة *Uranium Information centre Ltd*, April 2000. ترجمة مكتب الترجمة والتأليف والنشر – هيئة الطاقة الذرّية السورية.

http://serversmiso.aecs.sy مكتب نظم المعلومات هيئة الطاقة الذرية السورية

الشمرة. ونحن نتحكم بتأثيرها علينا بواسطة النظارات، والظل، وأجهزة التكييف، والقبعات، والواقيات من الشمس.

ولن تكون هناك حياة على الأرض بدون كميات وفيرة من ضوء الشمس، إلا أننا أدركنا أن تأثير كمية كبيرة جداً منه علينا كأشخاص هو أمرٌ غير مستحب. في الواقع، ربما يكون هذا خطيراً، لذلك نقوم بالتحكم بتعرّضنا له.

تتألف أشعة الشمس من إشعاع يقع ضمن مجال الأطوال الموجية التي تتراوح بين الأشعة تحت الحمراء طويلة الموجة إلى الأشعة فوق البنفسجية ذات طول موجي أقصر.

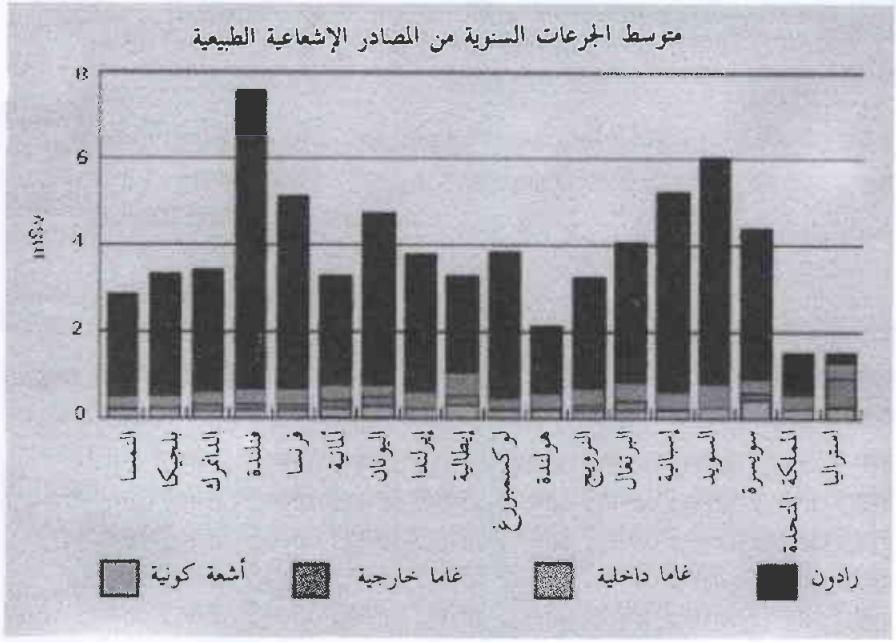
ووراء الأشعة فوق البنفسجية توجد أنواع طاقة أعلى للإشعاع تستخدم في الطب وجميعنا يتناولها بجرعات منخفضة من الجو، والهواء، والأرض. إجمالاً يمكن أن نشير إلى هذه الأنواع من الإشعاع بالإشعاع المؤيِّن. إذ يمكن أن يؤذي المادة، لاسيما النسيج. ولذلك فهي خطرة عند السويات العالية وبالتالي لابدّ من التحكم بعملية تعرّضنا له.

لقد تطورت المخلوقات الحية في بيئة سويات الإشعاع المؤين فيها هامة. أضف إلى ذلك، أن الكثير منا مدين بحياته وصحته إلى الإشعاع المتولد صنعياً. فأشعة X- الطبية والسنية تنطوي على مشكلات خفية. وتستخدم أنواع أخرى من الإشعاع في تشخيص العلل، ويُعالج بعض الناس بالأشعة للشفاء من الأمراض. وجميعنا يستفيد من عدد كبير من الخدمات والمنتجات المتيسرة من خلال الاستخدام الحريص للمواد المشعة.

يقصد بإشعاع الخلفية الإشعاع الموجود بصورة طبيعية ومؤكدة في بيئتنا. ويمكن أن تتباين سوياته بشكل كبير. فالناس الذين يعيشون في مناطق غرانيتية أو مناطق ذات رمال معدنية يتلقون إشعاعات أرضية أكثر من غيرهم. بينما يتلقى الناس الذين يعيشون أو يعملون على ارتفاعات عالية أشعة كونية أكثر. فتعرّضنا الطبيعي للإشعاع بقدر كبير منه ناجم عن الرادون، وهو عبارة عن غاز يتسرب من القشرة الأرضية وهو موجود في الهواء الذي نتنفّسه (الجدول 1 والجدول 2). ينبعث الإشعاع من الذرّات التي تمثل الوحدات البنيوية الأساسية للمادة.

الذرّة غير المستقرة

معظم الذرّات يكون مستقراً، فذرّة الكربون -12 على سبيل المثال، تبقى ذرّة كربون -12 دائماً وذرّة الأكسجين -16 تبقى ذرّة أكسجين -16 دائماً، لكن هنالك ذرّات معينة تتفكك في النهاية إلى ذرّة جديدة كلياً. وهذه الذرّات تدعى "غير مستقرة" أو "مشعّة". فالذرّة غير المستقرة لها طاقة داخلية زائدة، مع العلم أن النواة يمكن أن تخضع إلى تغير تلقائي نحو شكل أكثر استقراراً. وهذا ما يعرف "بالاضمحلال المشعّ".



الجدول 1- بيانات أوربية من NRPB، واسترالية من ARPANSA.

الجدول 2

http://serversmiso.aecs.sy مكتب نظم المعلومات هيئة الطاقة الذرية السورية

يدعى كل نوع من الذرّات نظيراً، والنظائر غير المستقرة (المشعّة مثلاً) تدعى نظائر مشعّة. وهنالك بعض العناصر، كاليورانيوم، ليس لها نظائر مستقرة.

عندما تضمحلّ ذرّة نظير مشعّ، تُصدر بعض طاقتها الزائدة كإشعاع على شكل أشعة غاما أو جسيمات سريعة الحركة. فإذا اضمحلّت ورافق ذلك إصدار أشعة ألفا أو بيتا، فإنها تصبح عنصراً جديداً. وطيلة الوقت تتقدم الذرّة إلى حالة مستقرة، بحيث لا تبقى طويلاً مشعّة.

هنالك مصدر آخر للنشاط الإشعاعي النووي وذلك عندما يتغير أحد أشكال النظير المشعّ إلى شكل آخر أو إيزومير مصدراً إشعاع غاما في العملية. ويشار إلى الشكل المثار بحرف "m" بجانب عدده الذرّي، فمثلاً التكنيسيوم -99m (Tc-99m) يضمحلّ إلى Tc-99. وغالباً ما يصدر إشعاع غاما مع إشعاع ألفا أو بيتا أيضاً، عندما تنتقل النواة إلى حالة أقل إثارة.

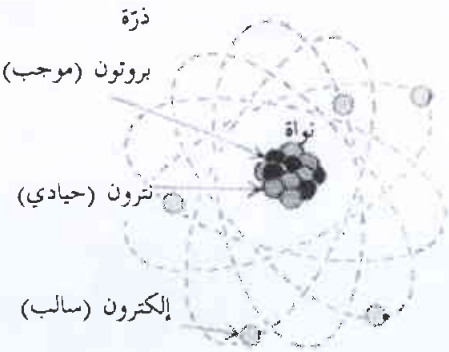
وبصرف النظر عن القياسات العادية للكتلة والحجم، فإن كمية المادة المشعّة تقاس بالبكريل (Bq)، وبهذا القياس يمكننا مقارنة النشاط الإشعاعي النموذجي لبعض المواد الطبيعية والمواد الأخرى.

الإشعاع المؤيِّن

هنا نركّز اهتمامنا بصورة رئيسة على الإشعاع المؤيِّن الذي تصدره النواة الذرّية. ويحدث بشكلين: أشعة وجسيمات، عند نهاية التواتر العالي من طيف الطاقة.

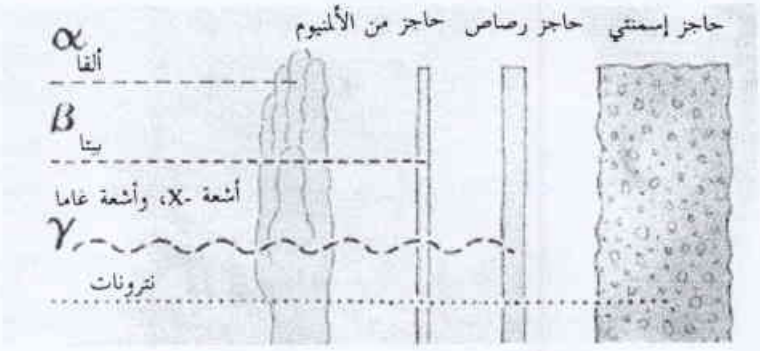
يولّد الإشعاع المؤيِّن جسيمات مشحونة كهربائياً تدعى الأيونات في المواد التي يصطدم بها، وهذه العملية تدعى التأين.

يمتلك الإشعاع المؤيِّن القدرة على التأثير في الجزيئات الكيميائية الكبيرة التي تصنع منها جميع الكائنات الحية، وبالتالي تحدث تغييرات ذات أهمية بيولوجية.



هنالك عدة أنماط من الإشعاع المؤيِّن:

أشعة -X وأشعة غاما: تمثل أشعة -X وأشعة غاما، على غرار الضوء، الطاقة التي تنتقل في موجة بدون حركة المادة، تماماً كما تنطلق الحرارة والضوء من الموقد أو الشمس عبر الفضاء. وتتماثل أشعة -X وأشعة غاما تماماً باستثناء أن أشعة -X لا تصدر من النواة الذرّية. وبخلاف الضوء،



فهما تتمتعان بقوة اختراق كبيرة وتستطيعان اختراق جسم الإنسان، وتُستخدم الحواجز السميكة من الإسمنت أو الرصاص أو الماء للوقاية منها.

جسيمات ألفا: ولها شحنة كهربائية موجبة وتصدر من العناصر الثقيلة الموجودة في الطبيعة، كاليورانيوم والراديوم، ومن بعض العناصر التي هي من صنع الإنسان. ونظراً للحجم الكبير نسبياً الذي تتمتع به جسيمات ألفا، فإنها تصطدم مباشرة مع المادة وتفقد طاقتها بسرعة، لذلك فإن قدرتها على الاختراق ضعيفة، ويمكن إيقافها عن طريق الطبقة الأولى من الجلد أو صفيحة من الورق. ومع ذلك، إذا دخلت الجسم، عن طريق الاستنشاق أو الابتلاع مثلاً، فإن جسيمات ألفا تستطيع أن تؤثر في خلايا الجسم. ونظراً لكون جسيمات ألفا تصدر طاقتها على مسافات قصيرة نسبياً، فإنها تستطيع - داخل الجسم - أن تسبب أضراراً بيولوجية أكثر من الإشعاعات الأخرى.

جسيمات بيتا: وهي إلكترونات سريعة الحركة، تنبعث من نوى الذرّات، وهذه الجسيمات أصغر بكثير من جسيمات ألفا وتستطيع اختراق مسافة تتراوح بين 1 و 2سم من الماء أو من جسم الإنسان. تنبعث جسيمات بيتا من عدة عناصر مشعة، ويمكن إيقافها بصفيحة من الألمنيوم سماكتها بضعة ملمترات.

الأشعة الكونية: وتتألف من مجموعة متنوعة من الجسيمات ذات الطاقة الشديدة. وتضم البروتونات التي ترجم الأرض من الفضاء الخارجي. وتكون أكثر شدة عند الارتفاعات التي هي أعلى من سطح البحر حيث يكون الغلاف الجوي عنده أكثف ما يمكن ويقوم بالحماية القصوى للأرض.

النترونات: وهي جسيمات ذات اختراق شديد أيضاً. وتُنتَج على الأرض بانقسام أو بانشطار ذرّات معينة داخل مفاعل نووي. وغالباً ما يستخدم الماء والإسمنت كدروع ضد الإشعاع النتروني المنبعث من قلب المفاعل النووي.

ومن المهم معرفة أن الجسم لا يصبح مشعّاً بسبب الإشعاع المؤيِّن.

قياس الإشعاع المؤيِّن ومراقبته

الغراي والسيفرت

لا تستطيع حواس الإنسان كشف الإشعاع أو معرفة ما إذا كانت إحدى المواد مشعّة. على أية حال، هنالك مجموعة متنوعة من الأدوات لكشف الإشعاع على نحو دقيق وموثوق.

هيئة الطاقة الذرية السورية مكتب نظم المعلومات http://serversmiso.aecs.sy

النشاط الإشعاعي لبعض المواد الطبيعية والمواد الأخرى

شخص بالغ واحد	7000 Bq
1 كغ من القهوة	1000 Bq
1 كغ من سماد سوبر فسفات	5000 Bq
الهواء في منزل أسترالي مساحته 100 م^2 (الرادون)	3000 Bq
الهواء في عدة منازل أوربية مساحتها 100 م^2	30 000 Bq
كاشف دخان منزلي واحد	30 000 Bq
نظير مشع للتشخيص الطبي	70 million Bq
مصدر نظير مشع للمعالجة الطبية	100 000 000 million Bq
1 كغ من النفايات النووية عالية السوية وجرى تزجيجها منذ 50 عاماً.	10 000 000 million Bq
إشارة خروج مضيئة واحدة (في السبعينيات)	1 000 000 million Bq
1 كغ يورانيوم	25 million Bq
1 كغ فلز اليورانيوم (كندي تركيزه 15 %)	25 million Bq
1 كغ فلز يورانيوم (أسترالي تركيزه 0.3 %)	500 000 Bq
1 كغ من النفايات المشعة منخفضة السوية	1 million Bq
1 كغ من رماد الفحم	2000 Bq
1 كغ من الغرانيت	1000 Bq

بالرغم من أن النشاط الإشعاعي الذاتي هو نفسه، فإن جرعة الإشعاع، التي يتلقاها الشخص والتي تعالج كيلو غراماً واحداً من فلز اليورانيوم الكندي عالي الدرجة، ستكون أعلى بكثير من حيث التعرّض ذاته لكيلو غرام واحد من اليورانيوم المفصول، طالما أن الفلز يحوي عدداً من نواتج التفكك قصيرة العمر.

يُقاس الإشعاع المؤيِّن بالواحدات الدولية، الغراي (Gy) والسيفرت (Sv).

تُقاس كمية الإشعاع، أو "الجرعة" التي يتلقاها شخص بدلالة الطاقة التي يمتصها نسيج الجسم، ويُعبّر عنها بالغراي.

ومع ذلك، ليس من الضروري أن يُنتج التعرّض المتساوي لأنماط مختلفة من الإشعاع تأثيرات بيولوجية مكافئة، فعلى سبيل المثال، إن غراي واحد من إشعاع غاما سيكون له تأثير أكبر من غراي واحد من إشعاع بيتا. وعندما نتحدث عن تأثيرات الإشعاع، فإننا نعبّر عن الإشعاع مقدراً بالواحدات التي تدعى سيفرت.

وكل سيفرت من الإشعاع يُحدث تأثيراً بيولوجياً ثابتاً بصرف النظر عن نمط الإشعاع.

ويُعبّر عن الكميات الأقل بالملّي سيفرت (أي واحد بالألف من السيفرت)، أو بالمكروسيفرت (أي واحد بالمليون من السيفرت). وهنا سنستخدم الواحدة الأكثر شيوعاً وهي الملّي سيفرت (mSv).

ما هو مدى خطورة الإشعاع المؤيِّن؟

سُلّم السويات الإشعاعية

يوضّح الجدول التالي التطبيقات والتأثيرات المحتملة لمجموعة من الجرعات المشعّة ومعدّلات الجرعة بالنسبة للجسم كله:

10000 ملّي سيفرت (10 سيفرت) في جرعة قصيرة الأمد تسبب المرض فوراً ومن ثم الوفاة لاحقاً خلال بضعة أسابيع.

أما الكمية التي تتراوح بين 2 و 10 سيفرت في جرعة قصيرة الأمد فقد تسبب إعياءً شديداً ناجماً عن الإشعاع، مع احتمال مرجح بأنها قد تؤدي إلى الهلاك.

1000 ملّي سيفرت (1 سيفرت) في جرعة قصيرة الأمد من المحتمل أن تسبب مرضاً (مؤقتاً) كالغثيان وتناقص عدد الكريات البيض، لكنها لا تسبب الوفاة. علاوة على ذلك، تزداد شدة المرض مع الجرعة.

عندما تتراكم الجرعة لفترة من الزمن، فمن المحتمل أن تسبب 1000 ملّي سيفرت سرطاناً قاتلاً بعد عدة سنوات لدى 5 % من الأشخاص الذين يتعرضون للإشعاع (أي إذا كانت نسبة الحوادث العادية للسرطان المميت 25 % فإن هذه الجرعة ستزيدها لتصبح 30 %).

50 ملّي سيفرت في السنة، وتعدّ، من الناحية التقليدية، أخفض معدل جرعة حيث لا يوجد أي دليل من أنها المحدثة للسرطان، وهي أيضاً تمثل متوسط الجرعة الناجم عن سويات الخلفية الطبيعية في أماكن عديدة. علاوة على ذلك، يزداد احتمال حدوث سرطان (فضلاً عن الخطورة) مع ازدياد الجرعة.

http://serversmiso.aecs.sy مكتب نظم المعلومات هيئة الطاقة الذرية السورية

20 ملّي سيفرت في السنة كمتوسط على مدى خمس سنوات، يمثل الحد بالنسبة إلى عمال الصناعة النووية أو العاملين في تعدين اليورانيوم والرمل الفلزي، الذين تجري مراقبتهم بدقة.

10 ملّي سيفرت في السنة، وهي معدّل الجرعة الفعلية القصوى تقريباً التي يتلقاها أي عامل أسترالي يعمل في تعدين اليورانيوم.

5-3 ملّي سيفرت في السنة، وهو معدّل الجرعة النموذجي (فوق الخلفية) الذي يتلقاه عمال تعدين اليورانيوم في أستراليا وكندا.

3 ملّي سيفرت في السنة (تقريباً)، وهو إشعاع الخلفية العادي المنبعث من مصادر طبيعية في أمريكا الشمالية، بما في ذلك معدّل يقارب 2 ملّي سيفرت في السنة يأتي من الرادون الموجود في الجو.

2 ملّي سيفرت في السنة (تقريباً)، وهو إشعاع الخلفية العادي من مصادر طبيعية، ويشمل معدل 0.7 ملي سيفرت في السنة، من الرادون الموجود في الهواء. (معدّل 1.5 ملّي سيفرت سنوياً في أستراليا يقترب من الحد الأدنى للجرعة التي يتلقاها الناس على الأرض).

0.6-0.3 ملّي سيفرت في السنة، وهو مجال نموذجي لمعدلات الجرعة من المصادر الاصطناعية للإشعاع، التي يكون أغلبها طبياً.

0.05 ملّي سيفرت في السنة، ويمثل جزءاً من إشعاع الخلفية الطبيعي، وهو الهدف التصميمي للإشعاع الأعظمي عند السور المحيط بمحطة نووية لتوليد الكهرباء. وعملياً تكون الجرعة الفعلية أقل بكثير.

وفيما يتعلق بالسويات المنخفضة للتعرّض للإشعاع فإن التأثيرات البيولوجية تكون ضعيفة إلى حدّ لا يمكن كشفها. وتفترض معايير الحماية من الإشعاع أن التأثير يتناسب طرداً مع الجرعة، حتى لو كانت السويات منخفضة. وبحسب هذه النظرية "الخطية" لتأثيرات الإشعاع، إذا خُفّضت الجرعة إلى النصف، فإن التأثير أو خطر أي تأثير سينخفض إلى النصف.

يمكن أن تُحدِث جرعات الإشعاع المتراكمة الأعلى، عندما لا تكون قاتلة فوراً، سرطاناً يمكن أن يُلاحظ فقط بعد عدة سنوات من التعرض للإشعاع.

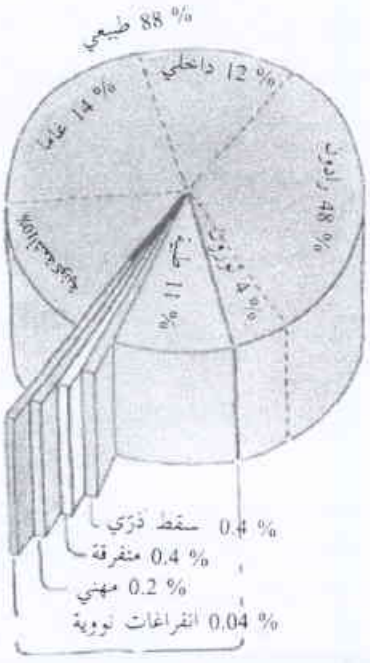
يمتلك الجسم آليات دفاعية ضد الأضرار التي يسببها الإشعاع والمواد الكيميائية المسرطنة. على أية حال، ينبغي على الجسم بصورة نموذجية أن يعالج فقط كمية صغيرة جداً نسبياً من الضرر في أي وقت، على عكس ما ينبغي عليه عندما يعالج كمية كبيرة جداً على الفور، كما هو الحال بالنسبة للناجين من القنبلة الذرّية في عام 1945. وقد أُخِذ هذا التأثير بعين الاعتبار في تحديد تقييمات المخاطر المهنية، لكن درجة الحماية من التعرّض للإشعاع المنخفض السوية يمكن أن تكون أكبر مما تسمح به هذه التقييمات بشكل حذر.

إن عشرات الآلاف من الناس في كل بلد متطور تقنياً يعملون في بيئات يمكن أن يتعرضوا فيها للإشعاع فوق سويات الخلفية. ولذلك يلبسون "بُطيقات" مراقبة أثناء العمل، وبالتالي تجري مراقبة تعرضهم للإشعاع بدقة.

إشعاع الخلفية

إن سويات إشعاع الخلفية الموجودة بصورة طبيعية يمكن أن تتراوح نموذجياً بين 1.5 و 3.5 ملّي سيفرت في السنة، ويمكن أن تكون أعلى بكثير في بعض الأماكن، وأعلى سوية معروفة لإشعاع الخلفية تؤثر في عدد كبير من السكان موجودة في ولايات كيرالا Kerala ومادراس Madras في الهند، حيث يتلقى 140 000 شخص معدّل جرعة سنوية يتجاوز وسطياً 15 ملّي سيفرت في السنة من أشعة غاما إضافة إلى كمية مماثلة من الرادون.

وتحدث سويات مماثلة في البرازيل وإيران والسودان بمعدّلات تعرّض تصل إلى 38 ملّي سيفرت في السنة، وهنالك أربعة أماكن معروفة في الهند وأوربة يُعطي فيها إشعاع الخلفية الطبيعي معدّلات جرعة أكثر من 50 ملّي سيفرت في السنة. ولم تظهر آثار صحية عكسية ناجمة عن الجرعات التي أنتجتها هذه السويات الطبيعية العالية.



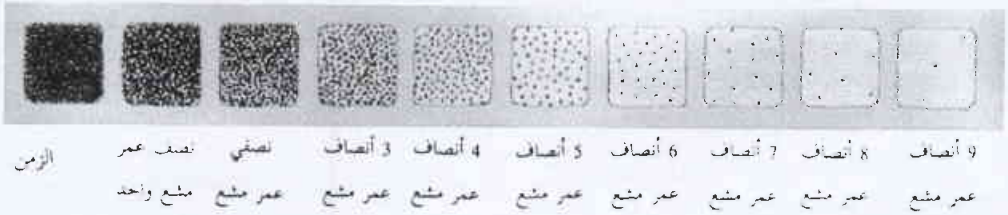
الإشعاع الصنعي

يحدث النشاط المؤيِّن كذلك في مجموعة من النشاطات الطبية والتجارية والصناعية. وتُعدُّ أشعة X- الطبية من أكبر مصادر التعرّض للإشعاع وأكثرها انتشاراً على المستوى الوطني.

يُسهم الإشعاع الطبيعي بنسبة 88 % تقريباً من الجرعة السنوية التي يتلقاها السكان، وتشكل الإجراءات الطبية معظم النسبة المتبقية البالغة 12%. ولا تختلف الإشعاعات الطبيعية عن الإشعاعات الاصطناعية من حيث النوع أو التأثير.

http://serversmiso.aecs.sy مكتب نظم المعلومات هيئة الطاقة الذرية السورية

معدل اضمحلال النشاط الإشعاعي، بعد عشرة أعمار نصف، تنخفض السوية الإشعاعية إلى واحد بالألف.



اضمحلال النشاط الإشعاعي

تضمحلّ الذرّات في مادة مشعّة بطريقة عشوائية ولكن بمعدّل خاص. وتكون المدة الزمنية التي تستغرقها هذه العملية، وعدد الخطوات اللازمة وأنواع الإشعاع المنبعث في كل خطوة، معروفة جيداً.

يُقصد بعمر النصف الزمن الذي يستغرقه اضمحلال نصف الذرّات في مادة مشعّة. ويمكن أن تتراوح أعمار النصف بين أقل من واحد بالمليون من الثانية وملايين السنين اعتماداً على العنصر ذي العلاقة.

بعد عمر نصف واحد تنخفض سوية النشاط الإشعاعي للمادة إلى النصف، وبعد عمري نصف تنخفض إلى الربع، وبعد ثلاثة أعمار نصف تنخفض السوية إلى الثُمن وهكذا.

تُعدُّ جميع ذرّات اليورانيوم مشعّة بشكل خفيف، والجدول التالي لليورانيوم -238 يبيّن التغيرات المختلفة، ونمط الإشعاع المنبعث في كل خطوة وعمر النصف لكل خطوة اجتازها اليورانيوم -238 عند تحوله إلى الرصاص -206 المستقر غير المشع. وكلما كان عمر النصف لكل نظير مشع أقصر، ازداد الإشعاع الذي يصدره في كل واحدة كتلة.

اليورانيوم -238 (U-238)

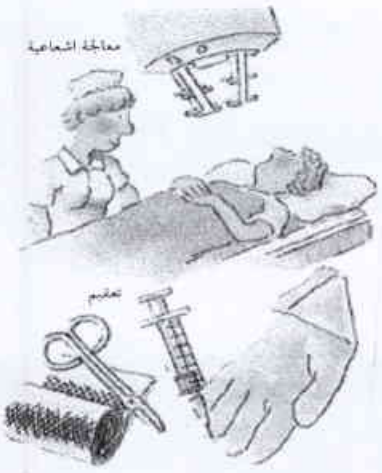
اضمحلال النشاط الإشعاعي

نوع الإشعاع	نكليد	عمر النصف
α	اليورانيوم -238	4.47 بليون سنة
β	الثوريوم -234	24.1 يوم
β	البروتكتينيوم -234	1.17 دقيقة
α	ليورانيوم -234	245000 سنة
α	الثوريوم -230	8000 سنة
α	الراديوم -226	1600 سنة
α	الرادون -222	3.823 يوم
α	البولونيوم -218	3.05 دقيقة
β	الرصاص -214	26.8 دقيقة
β	بسموث -214	19.7 دقيقة
α	البولونيوم -214	0.000164 ثانية
β	الرصاص -210	22.3 سنة
β	بسموث -210	5.01 يوم
α	البولونيوم -210	138.4 يوم
	الرصاص -206	مستقر

المخاطر الصحية للإشعاع

إن الكثير من الأشياء التي يُحتمل أن تكون ذات فائدة كبيرة للبشرية تترافق مع مخاطر لدى استخدامها. وهذا التصنيف يشمل الإشعاع. على أية حال، ينبغي استخدام المواد المشعة عندما تكون المزايا راجحة بشكل بارز على المخاطر.

والإشعاع المؤيِّن هو واحد من مئات الأشياء التي يمكن أن تسبب آثاراً صحية خطيرة لدى الإنسان. وتعتمد درجة الضرر التي يسببها الإشعاع على عدة عوامل: الجرعة، معدّل الجرعة، نمط الإشعاع، الجزء من الجسم المعرَّض للإشعاع والسن والصحة على سبيل المثال.



ومن المعروف منذ عدة سنوات أن الجرعات الكبيرة من الإشعاع المؤيِّن، التي تكون أكبر بكثير من سويات الخلفية، يمكن أن تسبب زيادة يمكن قياسها في أمراض السرطان، واللوكيميا (سرطان الدم)، والطفرات الوراثية (ولو لم تكن عند الإنسان) التي تؤثر في الأجيال المستقبلية. ولكن ما هي فرص تقدُّم السرطان الناجم عن جرعات الإشعاع المنخفضة؟ إن أية جرعة من الإشعاع مهما تكن صغيرة، يُفترض أن تسبب مخاطر على صحة الإنسان، ولكن عند الجرعات التي تقل عن 50 ملّي

سيفرت في السنة تكون المخاطر قليلة بحيث لا يمكن قياس الآثار الناجمة عنها وبالتالي يمكن إهمالها.

وهنالك أيضاً فترة زمنية قدرها عدة سنوات ما بين تعرّض الشخص للسبب الاحتمالي لمرض السرطان وظهور المرض. وهذا ما يجعل من الصعوبة بمكان تحديد العامل المحتمل الذي سبّب نوعاً خاصاً من السرطان. ويعدّ التدخين، وعوامل الحمية، وضوء الشمس من بين أكثر الأسباب المحتملة للسرطان. لكن من الواضح أن الإشعاع الذي يُستخدم بشكل غير صحيح يمكن أن يسبب مخاطر صحية.

من الناحية الأخرى، إن الجرعات الكبيرة من الإشعاع، التي يجري توجيهها إلى الورم، تُستخدم في المعالجة الإشعاعية للقضاء على الخلايا المسرطنة، في حين تُستخدم الجرعات الأكبر بكثير للقضاء على البكتريات الضارّة في الأغذية، ولتعقيم الضمّادات، والتجهيزات الطبية الأخرى، فالإشعاع بات وسيلة قيّمة في عالمنا المعاصر.

الوقاية من الإشعاع

بما أن التعرّض للإشعاع المؤيّن ينطوي على مخاطر، ألا ينبغي علينا أن نتجنبه كلياً؟

حتى لو أردنا ذلك، فقد يكون هذا مستحيلاً، فالإشعاع موجود دائماً في البيئة وفي أجسامنا، على أية حال يمكننا أن نتجنب التعرّض له بكثرة.

وثمة مجموعة من الأدوات البسيطة والحساسة القادرة على كشف كميات صغيرة من الإشعاع المنبعث من مصادر طبيعية واصطناعية، ويمكن بواسطتها الكشف عن الإشعاع بسهولة. وإضافة إلى ذلك هنالك أربع طرائق نستطيع بها حماية أنفسنا منه:

تحديد زمن التعرّض: بالنسبة للأشخاص الذين يتعرضون للإشعاع ولإشعاع الخلفية الطبيعي خلال عملهم، تُخفّض الجرعة ويتم التخلص من مخاطر المرض تقريباً بتحديد زمن التعرّض.

الابتعاد: كما هو الحال بالنسبة للحرارة الصادرة من موقد، التي تكون أقل كلما ابتعدت عنه، كذلك فإن شدة الإشعاع تتناقص كلما ابتعدت عن مصدر الإشعاع.

التدريع: تُقدّم الحواجز المكونة من الرصاص، أو الإسمنت، أو الماء حماية جيدة من الإشعاعات المخترقة كأشعة غاما. فالمواد المشعة غالباً ما تُخزّن أو تعالج تحت الماء، أو بالتحكم عن بُعد في غرف مبنية من إسمنت سميك أو مبطّنة بالرصاص.

الاحتواء: تُحصر المواد المشعّة في أصغر حيّز ممكن وتوضع في منأى عن البيئة. والنظائر المشعّة المخصصة من أجل الاستخدامات الطبية، على سبيل المثال، تُوزّع في منشآت معالجة مغلقة، في حين تعمل المفاعلات النووية ضمن نظم مغلقة ذات حواجز متعددة تحافظ على احتواء المواد المشعّة، ويكون الضغط الجوي في الغرف منخفضاً بحيث أن أي تسرّب يحدث ضمن الغرفة وليس خارجها.

الحماية من الإشعاعات

معظم البلدان لها نظمها الخاصة بالحماية من الإشعاع التي غالباً ما تعتمد على توصيات اللجنة الدولية للحماية من الإشعاعات (ICRP)، وسلطة هذه اللجنة نابعة من السمعة العلمية الجيدة لأعضائها على مدى أكثر من خمسين عاماً وجدارة توصياتها.

وتتمثل النقاط الرئيسة الثلاث لتوصيات (ICRP) بما يلي:

- وجوب عدم تبنّي أي تطبيق ما لم يؤدي إدخاله إلى تحقيق فائدة إيجابية بحتة.
- يجب إبقاء جميع عمليات التعرّض للإشعاع منخفضة بقدر الإمكان، ولابد من الأخذ بعين الاعتبار العوامل الاقتصادية والاجتماعية.
- ينبغي ألا يتعدّى مكافىء الجرعة للأشخاص الحدود الموصى بها من حيث الشروط المناسبة التي وضعتها اللجنة.

وفي كل دولة، تعتمد معايير الحماية من الإشعاعات على توصيات ICRP في الفئتين المهنية والعامة.

وتوصي ICRP بأن الجرعة القصوى المسموح بها خلال التعرّض للإشعاع مهنياً يجب أن تكون بمعدّل 20 ملّي سيفرت في السنة على مدى خمس سنوات (أي 100 ملّي سيفرت) مع حد أقصى قدره 50 ملّي سيفرت في سنة واحدة من هذه السنوات. أما تعرّض الجمهور للإشعاع، فالحدّ المسموح به هو بمعدّل 1 ملّي سيفرت على مدى خمس سنوات. وفي المجموعتين، تتجاوز الأرقام سويات الخلفية، ويُستثنى من ذلك التعرّض الطبي للإشعاع.

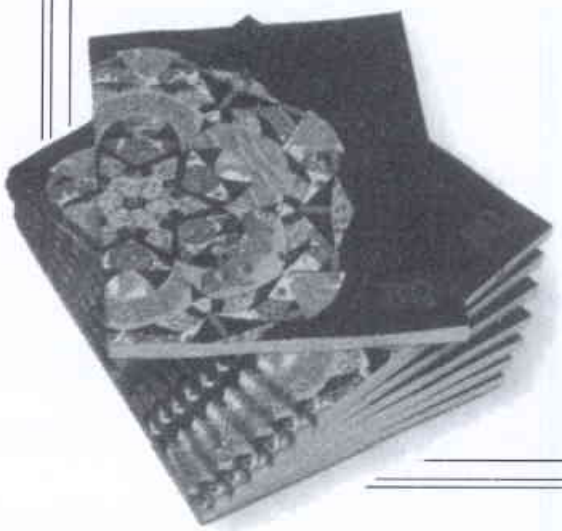
في أستراليا، وضعت الولايات والأقاليم تشريعات الحماية من الإشعاعات، إضافة إلى قانون الحماية من الإشعاعات (مجموعة القوانين النووية) في عام 1978. وقد تمّ تطوير ثلاث مجموعات قانونية خاصة بالتطبيق من قبل إحدى اللجان الاستشارية المشتركة في دول الكمونولث لتغطية ما يلي:

- الحماية من الإشعاعات عند طحن وتعدين الفلزات المشعّة.
- النقل الآمن للمواد المشعّة.
- إدارة النفايات المشعّة الناتجة من طحن وتعدين الفلزات المشعّة.■

☆ ★ ☆

http://serversmiso.aecs.sy مكتب نظم المعلومات هيئة الطاقة الذرية السورية

كتب حديثة مختارة



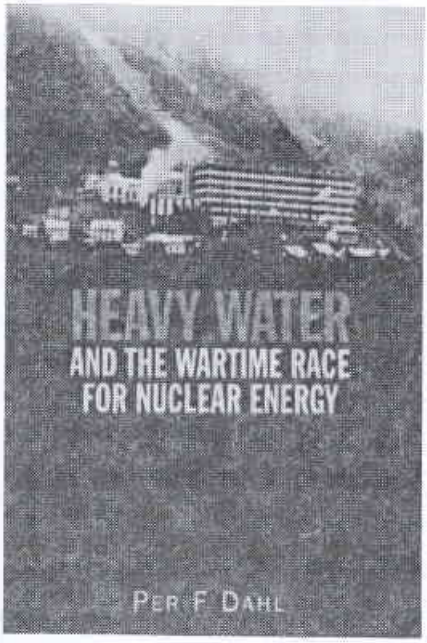
1- الماء الثقيل والسباق في زمن الحرب على الطاقة النووية

Heavy Water and the Wartime Race for Nuclear Energy ★

تأليف: ب. ف. دال
عرض وتحليل: س. ر. بورز**

يقدم هذا الكتاب عرضاً مثيراً للأحداث التي جسّدت الدور المبكّر للماء الثقيل ومصيره.

يعدّ هذا الكتاب بحثاً تثقيفياً ممتعاً عن تاريخ الماء الثقيل، إذ يستعرض قصة اكتشافه وإنتاجه على نطاق ضيق وعلى نطاق واسع من قبل منشأة نورسك هدرو Norsk Hydro في النرويج، وتختلف الآراء المنتشرة في أوساط العلماء والدول بشأن نجاعته كمهدّىء في التفاعل النووي المستديم ذاتياً الذي يشكّل بالنهاية ثمرة التجريب في الفيزياء النووية والجهود المبذولة لتطوير قنبلة ذرية في أوربا والخارج. ومؤلف الكتاب بير ف. دال Per F. Dahl، وهو عالم متقاعد كان يعمل في مختبر لورانس بيركلي الوطني، استفاد من وفرة المادة التاريخية عن الفيزياء النووية والماء الثقيل عند وضع هذا الكتاب. وتشمل مصادره أرشيف منشأة نورسك هدرو، وجمعية ماكس بلانك، ومعهد ماكس بلانك لتاريخ العلوم، ومكتبة نيلز بور في المعهد الأمريكي للفيزياء ومصادر أخرى.



الماء الثقيل

يعدّ كتاب الماء الثقيل الكتاب الرابع لمؤلفه دال عن تاريخ الفيزياء، وهو يخاطب العلماء والمهندسين والقرّاء الآخرين المهتمين بتاريخ الماء الثقيل والتطورات العلمية التي حدثت قبل الحرب العالمية الثانية وخلالها وبعدها. ومع أن هذا الكتاب كان إلى حدٍّ ما متوسّعاً وجاداً في معالجته للاختراقات العلمية الخلفية التي أدت إلى اكتشاف الماء الثقيل، فهو يقدم تقريراً توضيحياً غالباً ما يكون مثيراً وشاملاً للأحداث التي جسّدت دور ومصير الماء الثقيل خلال النصف الأول من القرن العشرين وما بعده.

تبدأ قصة دال بتقرير تاريخي عن التجارب التي أجراها هانز جايغر H. Geiger، وأرنست مارسدن E. Marsden، وأرنست رذرفورد E. Rutherford قبل اكتشاف الماء الثقيل والتي أدت إلى ملاحظة النترون ووجود نظير جديد للهدروجين. وبعد الاكتشاف اللاحق للإشعاع المخترق من قبل والتر بوذ W. Bothe وهربرت بيشر H. Becher، قادت التجارب التي أجراها هارولد يوري H. Urey, وفرديناند بريكويد F. Brickwedde وجورج مورفي G. Murphy إلى الاكتشاف النفيس الذي تم بالصدفة للدوتريوم. ومن دواعي السخرية أن جيمز شادويك J. Chadwick كان قد اكتشف النترون رسمياً بعد ستة أشهر تقريباً.

ولم تمض فترة طويلة حتى أنتج بول هارتيك P. Hartek الماء الثقيل في كمبردج وذلك بعد أن أتجه غيلبرت لويس G. Lewis بالتحلل الكهربائي التمددي، وبعد عام بدأ إنتاج الماء الثقيل على نطاق كبير في منشأة نورسك هدرو فيرموك في النرويج التي كانت قد تولّت سابقاً الاستفادة من الطاقة الهائلة التي تزوّدها شلالات ريوكان Rjukan Falls ومستجمعات فيستفيورد Vestfjord المائية لتحرير النترات (كالأسمدة مثلاً) وذلك برجم النتروجين الجوي بقوس كهربائي، وكان أول من افترض هذه الفكرة كريستيان بيركلاند K. Birkeland وصموئيل إيد S. Eyde. وفي غضون ذلك طرح فريدريك وإيرين جوليو - كوري مفهوم النشاط الإشعاعي المحرَّض، كما أثبت إنريكو فيرمي E. Fermi وآخرون فعّالية النترونات في استدامة تفاعل نووي متسلسل.

اشتراك ألمانية في إنتاج الماء الثقيل

يصف الكتاب كيف كان اشتراك ألمانية في إنتاج الماء الثقيل هو السبب في اكتشاف منتج انشطاري ناتج عن عملية رجم اليورانيوم بالنترونات التي أجراها أوتو هان O. Hahn وفريدريك ويلهلم ستراسمان F. W. Strassmann. إن البرنامج الألماني لأبحاث اليورانيوم وتأسيس معهد قيصر ويلهلم للفيزياء توّج أخبار اكتشاف واستكمام النترونات الناتجة من الانشطار النووي من قبل جوليو Joliot وهانز فون هالبان Hans von Halban، وليو كوفارسكي L. Kowarski (علماً أن العالمين الأخيرين ألمانيّان هربا من النازية في ألمانية)، ومن تجارب أخرى أيضاً لمفاعل يورانيوم/مهدىء. وبما أن فعّالية الماء الثقيل في تهدئة النترونات وأسره الضعيف نسبياً للنترونات أصبح أكثر وضوحاً، فإن الاهتمام الألماني بالماء الثقيل قد تزايد بشكل واضح. وقد كان مصدر اهتمام الألمان بذلك هو النتيجة التي توصلوا إليها بأن الغرافيت لم يكن مهدئاً معقولاً من الناحية الاقتصادية. ومع أن إمكانية استغلال الفيزياء النووية لأغراض

★ By Per. F. Dahl, Philadelphia: Institute of Physics publishing, 1999.

** س. ر. بورز: مهندس كبير في موقع Savannah River التابع لوزارة الطاقة الأمريكية، أمضى تسع سنوات وهو يعمل في إنتاج الماء الثقيل ومنشأة التنقية في هذا الموقع. يحمل إجازة في الهندسة الكيميائية من جامعة Cincinnati، وسيحصل على درجة الماجستير في علوم الهندسة البيئية من معهد جورجيا للتقانة في كانون الثاني عام 2001.

- العرض والتحليل: عن مجلة *Nuclear News*, December 2000. ترجمة مكتب الترجمة والتأليف والنشر - هيئة الطاقة الذرية السورية.

http://serversmiso.aecs.sy مكتب نظم المعلومات هيئة الطاقة الذرية السورية

عسكرية كانت موضع نظر، فقد انصب إجماع العلماء الألمان على أن استخدامه الفوري أفضل وأكثر ملاءمةً للأغراض اللا عسكرية لا سيما توليد الطاقة. وبما أن الطلب الألماني على الماء الثقيل آخذ بالتزايد، فإن الدول المتحالفة خلال الحرب العالمية الثانية باتت قلقة أكثر من نوايا الألمان.

لقد تجسّد انعدام الثقة هذا في تهريب الماء الثقيل من النرويج وفي سلسلة أعمال تخريبية منظمة ضد منشأة نورسك هدرو ومخزوناتها من الماء، نفذّتها الدول المتحالفة بغية إبقاء هذه المخزونات بعيداً عن متناول الألمان. وفي غضون ذلك كانت أبحاث الطاقة الذرية في الولايات المتحدة قيد التطوير المستمر، حيث بدأ إنتاج الماء الثقيل في ترايل Trail بكندا ومما يدعو للسخرية أن هذا الماء كان بديلاً للغرافيت كمصدر مهدّىء. وقبل الغارة التي شنّها سلاح الجو الأمريكي على محطة فيرموك للماء الثقيل في عام 1943، والتي وضعت حدّاً لاشتراك ألمانيا في إنتاج الماء الثقيل في النرويج، طوّر كارل هيرمان جيب Karl-Hermann Geib عملية مبادلة سلفيد الهدروجين لإنتاج الماء الثقيل نظراً لكونها أفضل من التحليل الكهربائي. وقد كانت عملية المبادلة هذه أسبق من عملية غيردلر – سلفيد (G-S) التي أصبحت فيما بعد الدعامة الأساسية في إنتاج الماء الثقيل في فترة ما بعد الحرب.

وفي المراحل الأخيرة للحرب في عام 1944، أصبح CP-3 أول مفاعل عالمي مهدّأ بالماء الثقيل يبدو أنه سيكون حرجاً. وخلال هذه الفترة كان العلماء الألمان يهجرون مع مختبراتهم في المناطق التي دمرتها الحرب في البلاد، إلى ملاجىء أكثر أماناً، في الوقت الذي أدركت فيه البعثات الدبلوماسية للحلفاء في هذه المناطق عدم وجود اي احتمال مباشر لقنبلة ذرية ألمانية. وقد باءت بالفشل حينئذٍ محاولة أخيرة واسعة النطاق لفريق هايزنبرغ لإنجاز تفاعل متسلسل وذلك قبل القبض على أعضائه.

وبعد نهاية الحرب بفترة قصيرة أصبحت المفاعلات في كندا والاتحاد السوفييتي السابق خطيرة، إذ دخلت العصر الذري. وتحوّلت محطة نورسك هدرو بالنهاية من إنتاج الماء الثقيل إلى إنتاج الأمونيا في الستينيات، وأغلقت أخيراً في السبعينيات، ولم تبقَ عملية إنجاز التحليل الكهربائي الأساسية بعد ذلك في موقعها، بل تركت متحفاً مخصصاً لتاريخ اشتراك النرويج في إنتاج الماء الثقيل، كما تركت ذكريات مختلفة لأشخاص كانوا رواداً في هذه المساهمة . وخاصةلايف ترونستاد L. Tronstad.

أبحاث وكتابات منوعة

من الواضح تماماً أن الكاتب دال، عند إعداد هذا الكتاب، كان قد أنجز مجموعة من الأبحاث التي يمكن القول عنها بأنها تفتقر إلى عنصر الإثارة. فهذه التغطية الشاملة للأحداث التاريخية والاكتشافات المتعلقة بالماء الثقيل تعد أحد الجوانب الأساسية في هذا الكتاب.

وبالإضافة إلى هذا الجانب الأساسي يتضمن الكتاب سرداً منوعاً وجذاباً للأحداث الأساسية التي تجسّد مصير الماء الثقيل والدول المشتركة في الأبحاث النووية خلال الحرب، في النصف الثاني من هذا الكتاب، وذلك بما يلائم رواية من النمط الأكثر إثارة. فعلى سبيل المثال، إن سرد الأحداث أثناء المحاولات المشتركة وبعدها مباشرة والذي أدى إلى تخريب منشأة فيمورك للماء الثقيل، تم تقديمه بتفصيل حيوي ومشوّق، الأمر الذي جعل القارىء مفتتناً ومتخيلاً للوضع في غمرة الأحداث. وثمة أمثلة أخرى تتضمن سرداً درامياً لفرار ليز مايتنر L. Meitner من ألمانيا والإجراءات السرية التي تم اتخاذها بغية إبقاء مخزونات الماء الثقيل الفرنسية بمنأى عن الألمان.

إن النسيج الخيالي المفعم بالحيوية الذي تناول المواقع الجغرافية المختلفة الواردة في القصة، لا سيما تلك الصورة المظلمة والموحشة لبلدة ريوكان وسكانها "الشياطين"، فضلاً عن متعة القراءة، ومشاهد حول سيرة الممثلين الرئيسين، عندما استعملت بشكل حكيم، كل ذلك ألقى نظرة خاطفة على شخصياتهم وأتاح للقارىء إدراك الأحداث الشخصية التي جسّدت مهماتها المهنية.

لقد كانت الجوانب النظرية والتصميمية التي زُوّدت بها مشاريع إنتاج الماء الثقيل المختلفة عادية إلى حدٍّ ما في بعض الأحيان حتى أنه قد يكون من الصعب فهمها على الشخص العادي. ومع ذلك، فقد اتسمت بالدقة، فيما يتعلق بعمليات إعادة إنتاج المخططات الفعلية العملياتية وهذا ما يضفي لمسة جميلة. وكان الملخص الزمني في نهاية الكتاب من الطراز الأول، إذ يقدّم مراجع مفيدة جداً للفصول الموجودة في الكتاب، الخاصة بكل مدخل.

بالنسبة إلى القرّاء المهتمين بصورة عامة أو خاصة بتاريخ الماء الثقيل، فإن مادة النصف الأول من الكتاب أقل إثارة إذا ما قورنت بالنصف الثاني منه، إذ أن عرض الدراسات العلمية الخلفية التي تفضي إلى اكتشاف الماء الثقيل يبدو أحياناً موسّعاً جداً ومفصلاً أكثر مما ينبغي. وهنالك العديد من الأمثلة عن ذلك بحيث يصعب تعدادها كلها الآن. على أي حال، إذا ما أخذنا عينة صغيرة منه كمثال، نجد أنها تتضمن وصفاً للمختبرات الفرنسية الحديثة وتصنيفاً مطولاً لتجارب الانشطار المؤكدة.

ولبعض الأحداث المرجعية في أحسن الأحوال مجرد علاقة غير مباشرة مع الماء الثقيل. ومما لا شك فيه أن مقدار ونمط المجال والتفصيل في الكتاب متناسبان طالما أن المادة الاستهلالية تمثل تحديداً موضوعياً من صنع القارىء والكاتب على حدٍّ سواء. ومع ذلك، يعطي النصف الأول من الكتاب أحياناً انطباعاً بأن الكاتب يحاول الوصول إلى أوسع شريحة من الجمهور بدلاً من تركيز الجهود على موضوع واحد.

إن مستوى التفصيل في الكتاب جعل من قراءته أمراً مزعجاً في بعض الأحيان، ويشبه بهذه الناحية تجربة قراءة الموسوعة. بالإضافة إلى ذلك، إن الافتقار إلى خطة قصة معتمدة من الناحية الزمنية والانتقال إلى الوراء وإلى الأمام بين فترات زمنية مختلفة – مع أن هذا جيد في بعض الأحيان – قد جعلا قراءة الكتاب مملّة أحياناً. وثمة مثال نموذجي على ذلك يتجسّد في الانتقال بين الفصول المتلاحقة في الكتاب، حيث يحدث انتقال من مناقشة مهنة/سيرة كرونستاد في عام 1934 إلى رجوع خاطف ومطوّل إلى عام 1903 والحديث عن مدفع بيركلاند الكهرطيسي.

أما الجوانب السلبية الثانوية فكانت قيد الملاحظة، إذ لم هنالك معلومات هزيلة عن الأحداث والأشخاص الرئيسيين الذين لازموا مشروع مانهاتان وقدّموا جهودهم في الأبحاث النووية خلال الحرب في الولايات

هيئة الطاقة الذرية السورية مكتب نظم المعلومات http://serversmiso.aecs.sy

المتحدة. وتضمّن الكتاب لمحةً موجزة نسبياً عن تاريخ الماء الثقيل في فترة ما بعد الحرب، وتأكيداً مخدوداً لأثر عملية غيردلر - سلفيد في إنتاج الماء الثقيل في الولايات المتحدة وفي أماكن أخرى. فعلى سبيل المثال، ورد وصف أكثر تفصيلاً عن عملية غيردلر - سلفيد في الفقرة 4.3 حيث لم تذكر قبل ذلك. ولم تكن هنالك إشارة مرجعية مماثلة لهذه العملية في الملحق. وأخيراً، كان هنالك الكثير من الإشارات المرجعية المشتركة لملاحظات موجودة في باب الملاحظات.

وعلى الرغم من الانقسام الواضح (ولو كان موضوعياً) بين نصفي الكتاب، يقدّم المؤلف مرجعاً ممتعاً و ثقافياً، دقيقاً من الناحية الفنية من أجل تقديم الفائدة والمتعة للقرّاء الذين يتمتعون بخلفيات ثقافية مختلفة. فالمناقشة الإجمالية للطبيعة الساخرة للأحداث المختلفة والآراء المحيطة بالماء الثقيل كانت واضحة، وعزّزت تجربة القراءة إلى حدٍّ كبير. وعلى سبيل المثال يشرح الكتاب مدى اقتناع بعض العلماء والمسؤولين الألمان بأن الغرافيت قد لا يكون مهدِّئاً ممكناً، ومع ذلك أخفقوا في إنجاز تفاعل نووي متسلسل يمكن تحقيقه مع الماء الثقيل، بينما أنجز أول تفاعل متسلسل في الولايات المتحدة بالغرافيت وبالماء الثقيل نظراً لكونه نزل إلى مرتبة مهدىء "داعم".

وثمة أمثلة أخرى تشمل الإخفاق المتكرر الذي وصل إليه فريدريك وماري جوليو-كوري عند توصلهما رسمياً إلى الاكتشافات العلمية الرئيسة رغم مساهماتهما الرائدة والمهمة وريادتهما في هذا المجال، وربما كان أبرزها سوء فهم دول الحلفاء للتأثير العسكري للأبحاث النووية الألمانية واهتمامه بطلب ألمانيا على الماء الثقيل عندما لم تطرح ألمانيا تهديداً واقعياً بتطور قنبلة ذرية أثناء الحرب.

ورغم الجوانب الإيجابية المرجّحة بشكل واضح على الجوانب السلبية، فإن الكتاب جديرٌ بالاهتمام إلى حدٍّ كبير وقراءته ممتعة، إذ أن الخبرة جددت شعوري بالفخر جرّاء مساهمتي في (قصة) الماء الثقيل المتابعة.■

☆ ★ ☆

http://serversmiso.aecs.sy مكتب نظم المعلومات هيئة الطاقة الذرية السورية

تعريف بمنشورات هيئة الطاقة الذرية المعدّة للبيع

Publications of the AEC of SYRIA

منشورات عامة	الشكل	السعر (ل.س من داخل القطر) ($ من خارج القطر)
1- النظائر المشعة في الحياة اليومية Isotopes Day Life (ترجمة دائرة الإعلام والترجمة والنشر)	كتيب مطبوع Printed Book	15 ل.س $ 3
2- ما يجب أن يعرفه الطبيب الممارس في معالجة المتعرضين للإشعاع What The General Practitioner (MD) Should Know About Medical Handling of overexposed Individuals (ترجمة قسم الوقاية والأمان)	كتيب مطبوع Printed Book	40 ل.س $ 9
3- مستويات التدخل المقدرة لمواجهة تلوث الطعام بالنظائر المشعة (إرشادات للتطبيق بعد الانتشار الواسع للتلوث الإشعاعي الناتج عن حادث نووي كبير) Derived Intervention Levels for Radionuclides in Food (ترجمة الدكتور إبراهيم عثمان)	كتاب مطبوع Printed Book	80 ل.س $ 7
4- تشعيع الغذاء (تقنية لحفظ الغذاء وتحسين سلامته) Food Irradiation (A technique for Preserving and Imporoving the Safety of Food) (ترجمة الدكتور نجم الدين شرابي)	كتاب مطبوع Printed Book	160 ل.س $ 15
5- نظرية الكم وقصتها الغريبة L'étrange Histoire des Quanta (ترجمة محمد وائل الأتاسي)	كتاب مطبوع Printed Book	250 ل.س $ 25
6- حقائق حول تشعيع الأغذية سلسلة نشرات الحقائق صادرة عن المجموعة الاستشارية الدولية لتشعيع الأغذية Facts about Food Irradiation (ترجمة الدكتور نزار حمد)	كتاب مطبوع Printed Book	160 ل.س $ 8
7- الإشعاع: الجرعات -الآثار -المخاطر Radiation: Doses, Effects, Risks (ترجمة الدكتور إبراهيم عثمان-المهندسة مها عبد الرحيم)	كتاب مطبوع Printed Book	100 ل.س $ 10
8- دروس من حوادث وقعت في منشآت التشعيع الصناعية Lessons Learned From Accidents In Industrial Irradiation Facilities (ترجمة الدكتور محمد قعقع)	كتيب مطبوع Printed Book	100 ل.س $ 6
9- الاختبارات اللاتلافية: طريقة التصوير الشعاعي الصناعي Industrial Radiography Method (تأليف الدكتور وفيق حرارة)	كتاب مطبوع Printed Book	200 ل.س $ 10
10- الطاقة الذرية لأغراض عسكرية Atomic Energy for Military Purposes (ترجمة مكتب الترجمة والتأليف والنشر)	كتاب مطبوع Printed Book	300 ل.س $ 25
11- معجم المصطلحات العلمية والتقنية في الطاقة الذرية (إنكليزي-عربي) Dictionary of Technical Terms in the Field of Atomic Energy (طبعة جديدة موسعة)	كتاب مطبوع Printed Book	300 ل.س $ 25

ملاحظة: يمكن طلب هذه المنشورات من مكتب الترجمة والتأليف والنشر في هيئة الطاقة الذرية -دمشق - شارع 17 نيسان - هاتف 6111926/7.

NUCLEAR POWER IN MY LIFETIME THE PERSPECTIVE OF A 26-YEAR-OLD*

A. R. PIPKIN-FERN
Manager of Business Automation at Utility. com, in Emeryville, Calif

ABSTRACT

Many small changes over time will lead to major changes in the nuclear power landscape and the environment.

* This article appeared in *Nuclear News,* November 2000. It has been translated into Arabic by Editorial Board, Atomic Energy Commission of Syria.

☆ ★ ☆

http://serversmiso.aecs.sy مكتب نظم المعلومات هيئة الطاقة الذرية السورية

THE NUCLEAR SAFETY CHALLENGE IN THE 21ST CENTURY*

L. G. WILLIAMS
Chief Inspector of Nuclear Installations and Director, Nuclear Safety Directorate, in the United Kingdom

ABSTRACT

The changes that have occurred in the 20th century will provide the challenges to nuclear power in the 21st century.

* This article appeared in *Nuclear News,* November 2000. It has been translated into Arabic by Translation, Composition & Publication Office, Atomic Energy Commission of Syria.

PERSPECTIVE ON THE FUTURE OF NUCLEAR POWER*

T. ENOMOTO
Managing Director and Chief Nuclear Officer of The Tokyo Electric Power Company, Inc. The Tokyo Electric Power Company owns and operates 17 boiling water reactor units, which altogether supply more than 40 percent of the electricity consumed in the Tokyo metropolitan area and its surrounding regions - around one-tenth of Japan in terms of area, but one-third in terms of electricity consumption

ABSTRACT

Access to energy resources will likely be a determining factor in the use of nuclear power by various countries.

* This article appeared in *Nuclear News,* November 2000. It has been translated into Arabic by Editorial Board, Atomic Energy Commission of Syria.

NUCLEAR POWER: LIGHTING THE WAY TO THE FUTURE IN CANADA AND AROUND THE WORLD*

G. PRESTON
Executive Vice President and Chief Nuclear Officer of Ontario Power Generation, in Ontario, Canada

ABSTRACT

Nuclear power's environmental friendliness, safety, and economic competitiveness make it an important player in the electricity industry.

* This article appeared in *Nuclear News,* November 2000. It has been translated into Arabic by Editorial Board, Atomic Energy Commission of Syria.

http://serversmiso.aecs.sy مكتب نظم المعلومات هيئة الطاقة الذرية السورية

NUCLEAR POWER TO GROW IN THE 21st CENTURY*

C. A. McNEILL, JR.
Chairman, CEO, and President of PECO Energy Company, in Philadelphia, Pa

ABSTRACT

New nuclear plants will be built in the United States, and nuclear' s share of electricity generation will increase over the next several decades.

*This article appeared in *Nuclear News*, November 2000. It has been translated into Arabic by Translation, Composition & Publication Office, Atomic Energy Commission of Syria.

PREREQUISITES FOR A SECOND NUCLEAR RENAISSANCE IN THE 21ST CENTURY: PERSPIRATION, ASPIRATION, INSPIRATION*

C. KUN LEE
a Commissioner of the Atomic Energy Commission, in the Republic of Korea, and the First Vice Chairman and Chairman - Elect of the International Nuclear Societies Council (INSC)

ABSTRACT

A nuclear renaissance is logical and historically inevitable, since nuclear is environmentally friendly and can supply a secure, long - term supply of electricity.

*This article appeared in *Nuclear News*, November 2000. It has been translated into Arabic by Editorial Board, Atomic Energy Commission of Syria.

MAINTAINING NUCLEAR POWER'S FUTURE*

D. HINTZ
President of Entergy Corporation, in New Orleans, La

ABSTRACT

Economic viability, the lack of greenhouse gas emissions, and an impressive safety record have led to rising public confidence in nuclear power.

*This article appeared in *Nuclear News*, November 2000. It has been translated into Arabic by Translation, Composition & Publication Office, Atomic Energy Commission of Syria.

http://serversmiso.aecs.sy مكتب نظم المعلومات هيئة الطاقة الذرية السورية

SOME NECESSARY CONDITIONS FOR THE REBIRTH OF NUCLEAR ENERGY*

A. M. WEINBERG

A Distinguished Fellow at Oak Ridge Associated Universities. He was Research Director and then Director of the Oak Ridge National Laboratory from 1948 to 1973. He is a past president of the American Nuclear Society (1959-1960)

ABSTRACT

Certain conditions are necessary, but alone are not sufficient, for nuclear's survival.

* This article appeared in *Nuclear News*, November 2000. It has been translated into Arabic by Editorial Board, Atomic Energy Commission of Syria.

A VIEW OF NUCLEAR POWER IN THE FUTURE*

J. SIMPSON

He is retired in 1992. He was President of Westinghouse Electric Corporation's Power Systems Company. He is a past President of the American Nuclear Society (1973 - 74), and a member of the National Academy of Engineering (1966)

ABSTRACT

Looking at nuclear power in the past and present will help show what might be expected for its future.

* This article appeared in *Nuclear News*, November 2000. It has been translated into Arabic by Editorial Board, Atomic Energy Commission of Syria.

NUCLEAR POWER: PREVENTING THE ANTICIPATED WORLD ENERGY DISASTERS*

B. WOLFE

of Monte Sereno, Calif., retired in 1992. He was a vice president and head of General Electric's nuclear energy organization, and is a past President of the American Nuclear Society (1986-87) and a member of the National Academy of Engineering

ABSTRACT

The need for electricity will drive the resurgence of nuclear power in the 21st century

* This article appeared in *Nuclear News*, November 2000. It has been translated into Arabic by Editorial Board, Atomic Energy Commission of Syria.

http://serversmiso.aecs.sy مكتب نظم المعلومات هيئة الطاقة الذرية السورية

NUCLEAR POWER MAY GET ITS SECOND WIND IN THE 21ST CENTURY*

Y. O. ADAMOV
A former Minister of the Russian Federation for Atomic Energy

ABSTRACT

Although nuclear power was not originally developed to cope with an energy shortage, the next generation of plants may do just that.

* This article appeared in *Nuclear News*, November 2000. It has been translated into Arabic by Editorial Board, Atomic Energy Commission of Syria.

THE ROLE OF OPENNESS AND SHARING IN THE FUTURE OF NUCLEAR ENERGY*

Z. T. PATE
Chairman of the World Association of Nuclear Operators, at the WANO-Coordinating Centre, in London, England

ABSTRACT

Unprecedented openness and sharing have contributed significantly to the impressive record of improved nuclear plant performance worldwide.

* This article appeared in *Nuclear News*, November 2000. It has been translated into Arabic by Editorial Board, Atomic Energy Commission of Syria.

ISSUES AFFECTING NUCLEAR POWER IN THE NEXT CENTURY*

K. P. COHEN
He is retired. He was Chief Scientist of the GE Nuclear Energy Group. He is a member of the National Academy of Engineering and a past President (1968 - 69) of the American Nuclear Society

ABSTRACT

The present state of nuclear power can be better understood by looking at the past.

* This article appeared in *Nuclear News*, November 2000. It has been translated into Arabic by Editorial Board, Atomic Energy Commission of Syria.

http://serversmiso.aecs.sy مكتب نظم المعلومات هيئة الطاقة الذرية السورية

ABSTRACTS OF THE SUBJECTS PUBLISHED IN THIS ISSUE

ARTICLES

THE NEED FOR INNOVATION FOR NUCLEAR POWER IN THE 21st CENTURY*

M. EL BARADEI
Director General of the International Atomic Energy Agency, in Vienna, Austria

ABSTRACT

The IAEA can play an important role in coordinating international efforts to explore innovative technologies.

* This article appeared in *Nuclear News*, November 2000. It has been translated into Arabic by Editorial Board, Atomic Energy Commission of Syria.

FOUNDATIONS FOR THE FOURTH GENERATION OF NUCLEAR POWER*

J. A. LAKE
President of the American Nuclear Society and Associate Laboratory Director, Nuclear and Energy Systems Engineering, at the Idaho National Engineering and Environmental Laboratory, in Idaho Falls, Idaho

ABSTRACT

Nuclear power shows great promise as an economical, safe, and emissions - free source for electrical energy as demand for electricity continues to grow.

* This article appeared in *Nuclear News*, November 2000. It has been translated into Arabic by Editorial Board, Atomic Energy Commission of Syria.

ROADMAP TO THE NEXT GENERATION OF NUCLEAR POWER SYSTEMS: A VISION FOR A POWERFUL FUTURE*

W. D. MAGWOOD IV
is Director, Office of Nuclear Energy, Science and Technology, in the U.S. Department of Energy

ABSTRACT

Although we do not pretend to know the future, we can see the formation of the forces that will shape the next few decades. In general, goverment researchers can be neither the implementers nor even the primary developers of new nuclear energy technologies.

* This article appeared in *Nuclear News*, November 2000. It has been translated into Arabic by Editorial Board, Atomic Energy Commission of Syria.

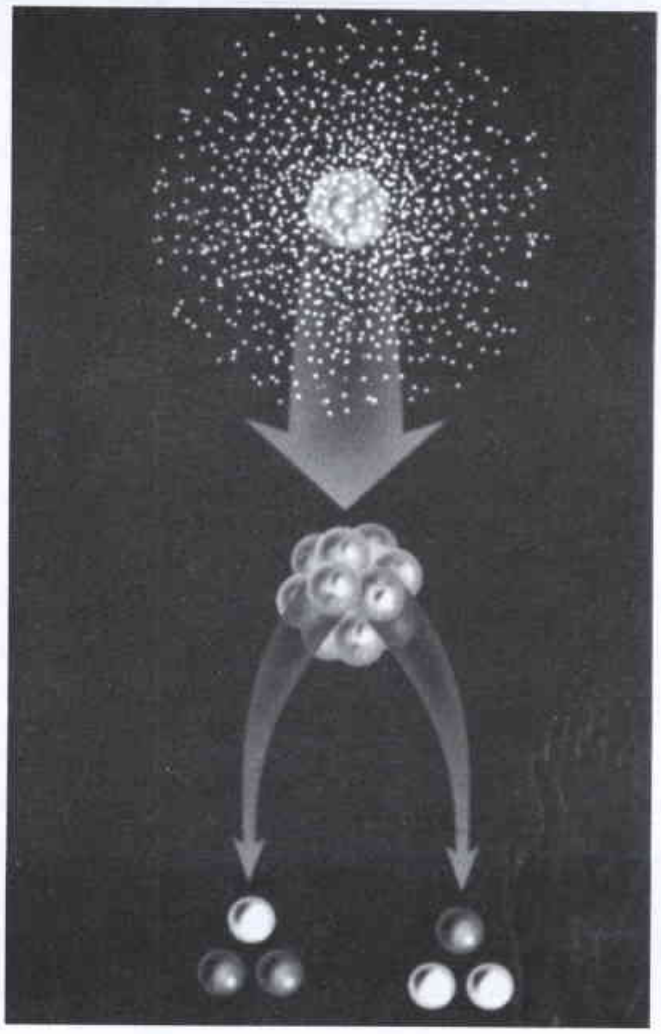
http://serversmiso.aecs.sy مكتب نظم المعلومات هيئة الطاقة الذرية السورية

SELECTED NEW BOOKS (Review and analysis)

☐ HEAVY WATER AND THE WARTIME RACE FOR NUCLEAR ENERGY ..... BY: PER. F. DAHL..... 83
OVERVIEW & ANALYSIS: S. R. BOHRER

ABSTRACTS OF THE SUBJECTS PUBLISHED IN THIS ISSUE IN ENGLISH. 92

صورة الغلاف الثاني



المادة الذرّية تعليب للدّمى الروسية

تتشكل الذرّة من نواة تحيط بها سحابة من الإلكترونات والنواة ذاتها تحوي بروتونات ونترونات وهي تجمعات لجسيمات تحت عنصرية تدعى الكواركات: كواركان u وكوارك d من أجل البروتون وكواركان d وكوارك u من أجل النترون

CONTENTS

ARTICLES

- THE NEED FOR INNOVATION FOR NUCLEAR POWER IN THE 21ST CENTURY ..... M. EL BARADEI 7
- FOUNDATIONS FOR THE FOURTH GENERATION OF NUCLEAR POWER ..... J. A. LAKE 12
- ROADMAP TO THE NEXT GENERATION OF NUCLEAR POWER SYSTEMS: A VISION FOR A POWERFUL FUTURE ..... W. D. MAGWOOD IV 17
- NUCLEAR POWER MAY GET ITS SECOND WIND IN THE 21ST CENTURY ..... Y. O. ADAMOV 22
- THE ROLE OF OPENNESS AND SHARING IN THE FUTURE OF NUCLEAR ENERGY ..... Z. T. PATE 27
- ISSUES AFFECTING NUCLEAR POWER IN THE NEXT CENTURY ..... K. P. COHEN 31
- SOME NECESSARY CONDITIONS FOR THE REBIRTH OF NUCLEAR ENERGY ..... A. M. WEINBERG 34
- A VIEW OF NUCLEAR POWER IN THE FUTURE ..... J. SIMPSON 37
- NUCLEAR POWER: PREVENTING THE ANTICIPATED WORLD ENERGY DISASTERS ..... B. WOLFE 42
- NUCLEAR POWER TO GROW IN THE 21ST CENTURY ..... C. A. McNEILL, JR. 47
- PREREQUISITES FOR A SECOND NUCLEAR RENAISSANCE IN THE 21ST CENTURY: PERSPIRATION, ASPIRATION, INSPIRATION ..... C. K. LEE 51
- MAINTAINING NUCLEAR POWER'S FUTURE ..... D. HINTZ 56
- THE NUCLEAR SAFETY CHALLENGE IN THE 21ST CENTURY ..... L. G. WILLIAMS 59
- PERSPECTIVE ON THE FUTURE OF NUCLEAR POWER ..... T. ENOMOTO 63
- NUCLEAR POWER: LIGHTING THE WAY TO THE FUTURE IN CANADA AND AROUND THE WORLD ..... G. PRESTON 65
- NUCLEAR POWER IN MY LIFETIME THE PERSPECTIVE OF A 26-YEAR-OLD ..... A. R. PIPKIN-FERN 69

NEWS

- NUCLEAR HELPS U.S. HOLD DOWN CO2 EMISSIONS ..... *NUCLEAR NEWS* 74
- RADIATION AND LIFE ..... *URANIUM INFORMATION CENTRE LTD* 74

http://serversmiso.aecs.sy مكتب نظم المعلومات هيئة الطاقة الذرية السورية

Notice: Scientific matters and different inquiries; subscriptions, address changes, advertisements and single copy orders, should be addressed to the journal's address:
Damascus. P.O. Box 6091 Phone 6111926/7, Fax 6112289, Cable; TAKA.

Subscription rates, including first class postage charges: a) *Individuals* $ 30 for one year
b) *Establishments* $ 60 for one year
c) *For one issue* $ 6

It is preferable to transfer the requested amount to:
The Commercial Bank of Syria N-13 P.O. Box 16005 Damascus-Syria account N-3012\2
Cheques may also be sent directly to the journal's address.

The views expressed in any signed article in this journal do not necessarily represent those of the AEC of Syria, and the commission accepts no responsibility for them.

http://serversmiso.aecs.sy مكتب نظم المعلومات هيئة الطاقة الذرية السورية

AALAM AL-ZARRA

JOURNAL OF THE ATOMIC ENERGY COMMISSION OF SYRIA

A journal published in Arabic six times a year, by the Atomic Energy Commission of Syria. It aims to disseminate knowledge of nuclear and atomic sciences and of the different applications of atomic energy.

N° 74 | 16th Year | JULY/AUGUST 2001

Managing Editor

Dr. Ibrahim Othman

Director General of A. E. C. S.

Editorial Board

Dr. Tawfik Kassam *(Editor In-Chief)*

Dr. Mohammed Ka'aka ***Dr. Fouad Al-Ijel***

Dr. Ahmad Haj Said ***Dr. M. Fouad Al-Rabbat***

http://serversmiso.aecs.sy مكتب نظم المعلومات هيئة الطاقة الذرية السورية