# نهضة نووية غائمة

بقلم: فيكتور ام. موروجوف

**هناك مبادرات عالمية تدعو إلى تطوير مفاعلات متقدمة وكذلك لتشجيع التعليم النووي. أما المستقبل فإنّه أبعد ما يكون عن الوضوح.**

**نظراً لأن قضايا الطاقة تحتل قمة الأجندة العالمية**، فما هو الدور المتوقع للطاقة النووية في العقود القادمة؟ وهل يُعد ما تم إنجازه كافياً وذلك من حيث إنشاء مفاعلات جديدة وتوفير المعرفة اللازمة لتشغيلها تشغيلاً آمناً حين تكون مطلوبة، ولاسيما في الدول النامية حيث يتزايد الطلب على الطاقة بسرعة كبيرة؟ لا توجد إجابات سهلة على ذلك ومع هذا فإنّه تلوح في الأفق بعض الاتجاهات.

هناك تطورات مهمة تؤثر علي القوى العاملة المتغيرة في المجال النووي، كما تؤثر علي تكنولوجيا الطاقة النووية وعلى تأهيل الجيل القادم من القادة. إنّ التحدي الأساس يتمثل في الحفاظ على المعرفة والخبرة المكتسبة في المجال النووي ضماناً لإرساء أساس صلب يمكن من خلاله إيجاد حلول تقوم على الأمان والأمن.

ولحسن الحظ فإنّ بعض المبادرات العالمية يمكن أن تساعد في تمهيد الطريق أمام مستقبل الطاقة النووية وإسهاماتها في التنمية المستدامة. وتتضمن هذه المبادرات خطوات قامت بها الوكالة الدولية للطاقة الذرية مثل المشروع الدولي للمفاعلات النووية الابتكارية ودورة الوقود النووي- *إنبرو* (INPRO) والجامعة النووية العالمية (WNU). وتساعد كلتا المبادرتين في نشر الوعي حول التعليم وإدارة المعرفة والحاجة لتكنولوجيا نووية متقدمة.

ومن دواعي الأسف فإنّ هناك حاجة في كلٍ من روسيا وكذلك في الولايات المتحدة وغرب أوربا والدول النووية النامية لمزيد من الاهتمام والدعم للتعليم والتدريب في المجال النووي وللحفاظ علي عشرات السنين من الخبرة النووية والتي أفادت منها المبادرات الدولية. وفي رأيي أنّ هناك فرصاً ضائعة، وبما قد يؤدى إلى مستقبل نووي غامض، ومن المفيد أن نعيد النظر في الموضوع.

### مشروع *إنبرو* (INPRO) وأمن الطاقة

نشأ مشروع *إنبرو* استجابةً لدعوة الرئيس الروسي *بوتين* للتعاون الدولي في مجال الطاقة النووية في قمة الألفية في الأمم المتحدة في عام 2000. يستهدف المشروع أمن الطاقة العالمي ودور

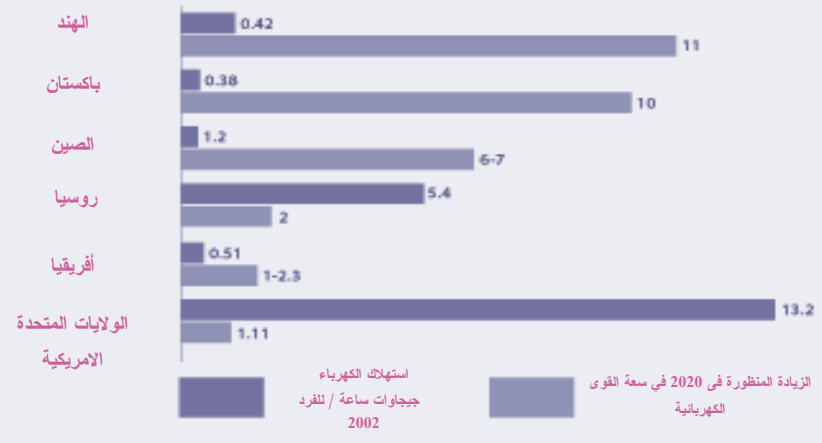
تُعد الصين من الدول التي لديها خطط طموحة في الطاقة النووية. وتوضح هذه الصورة غرفة التحكم من الداخل لمحطة *كينشان* النووية.

تصوير *باقليسيك*/ الوكالة الدولية للطاقة الذرية

محطات القوى النووية الابتكارية التي لا تستخدم البلوتونيوم (الذي يتم فصله خلال عمليات إعادة معالجة الوقود المستهلك) واليورانيوم شديد الإثراء. أي أنّ المشروع بذلك يركز على كل من الأمان ومخاوف الانتشار النووي.

بلغ عدد الدول المشاركة في مشروع *إنبرو* حتى الآن 26 دولة ومنظمة وهي: الأرجنتين، أرمنيا، البرازيل، بلغاريا، كندا، شيلي، الصين، جمهورية التشيك، فرنسا، ألمانيا، الهند، إندونيسيا، اليابان، جمهورية كوريا، المغرب، هولندا، باكستان، الاتحاد الروسي، سلوفاكيا، جنوب إفريقيا، إسبانيا، سويسرا، تركيا، أوكرانيا، الولايات المتحدة والمفوضية الأوروبية.

## احتياجات الكهرباء وتوقعاتها




**لمواجهة الاحتياجات المتزايدة، فإنّ من المتوقع أن تزيد القدرة الكهربائية المنشأة بمعاملات تتراوح بين أكثر قليلاً من الواحد في الولايات المتحدة إلى أحد عشر في الهند وذلك بحلول عام 2020.**

وترسم اتجاهات الطاقة العالمية وتطوراتها صورة واضحة تماماً تعتمد علي التحليل الذي تم في إطار مشروع *إنبرو* وتوضح الآتي:

- ارتفاعاً كبيراً في معدل نمو السكان والطلب على الطاقة؛
- المنافسة الشديدة علي الحصول على كمية محدودة من الموارد الأحفورية الموزعة بشكل غير متساوٍ؛
- عدم الاستقرار المتزايد في الدول المصدرة للبترول؛
- تزايد القلق الإيكولوجي والقيود البيئية؛
- زيادة التباين في استهلاك الطاقة بين الدول الغنية والدول الفقيرة.

يشير التحليل إلى حقيقة أنّ التكنولوجيا النووية ليست مجرد أحد العناصر في سوق الطاقة بل أنها تتجاوز مجرد الاستخدام في توليد الكهرباء إلى العديد من المجالات الاجتماعية والصناعية والاقتصادية في المجتمعات الصناعية وذلك في العديد من الأشكال ويشمل ذلك:

- الطب النووي في الرعاية الصحية؛
- التقنيات النووية في إدارة الغذاء والزراعة؛
- التطبيقات النووية في رقابة الجودة في الصناعة؛
- التطبيقات النووية في العلوم والبحث والصناعة (الليزر – المعجلات – إنتاج النظائر)؛
- القوى النووية لتوفير مياه صالحة للشرب.

ويكفي القول أنّ تطبيقات التكنولوجيا النووية في غير مجالات إنتاج الطاقة في الدول الصناعية – مثل الولايات المتحدة واليابان ودول غرب أوروبا – تتجاوز تطبيقاتها في مجال إنتاج الطاقة، وذلك يعني أنّ استخدام التكنولوجيا النووية في الطب والصناعة والزراعة والمجالات الأخرى له أثر كبير في اقتصاديات الصناعة.

وبالتالي، فإنّ إدخال الطاقة النووية واستخدامها يمكن أن يلعب دوراً أساسياً في مساعدة الدول للوصول إلى أهدافها في التنمية المستدامة. لكن ذلك يمكن أن يحدث فقط من خلال تنفيذ مفاعلات نووية ابتكارية. وقد تم التركيز علي هذه الفكرة في تحليل مشروع *إنبرو* ومن قبل خبراء منتدى الجيل الرابع الدولي (GIF) الذي أقامته الولايات المتحدة ليستهدف "الجيل القادم" من أنظمة الطاقة النووية.

كيف يتضح مستقبل الطاقة العالمية؟ توضح التقديرات أنّ عدد سكان العالم سوف يرتفع إلى 10– 12 بليون نسمة بحلول عام 2050، حيث من المتوقع أن يزيد استهلاك الطاقة إلى ضعفين أو ثلاثة أضعاف. أما استهلاك الكهرباء فسوف يتزايد بشكل أسرع بمعدل خمسة إلى سبعة أضعاف.

والمهم في ذلك أنّ 70% من الزيادة المتوقعة في الاستهلاك العالمي للطاقة سوف تكون لتلبية الاحتياجات في الدول النامية. ولمواجهة هذه الزيادة، فإنّ استخدام الوقود الهيدروكربوني يعتبر أمراً مشكوكاً فيه لأسباب متعددة، منها محدودية الموارد البترولية والمخاوف ذات الصلة بظاهرة الصوبات الزجاجية.

وفي ضوء ذلك تشير التوقعات إلى أنّ حصة الطاقة النووية ستصل إلى 35% في سوق الطاقة العالمي بحلول عام 2050.

ويبدو أنّ بنية أسواق الطاقة سوف تتغير أيضاً في هذا القرن. فقد بدأت تظهر أسواق جديدة – وهي إنتاج الهيدروجين – حيث تشير التوقعات إلى أنّه سوف يؤدي إلى الزيادة في استخدام الطاقة النووية مع نهاية القرن الحادي والعشرين. وعندئذٍ وعلى المدى البعيد في المستقبل سوف يصل إنتاج الطاقة النووية إلى ما بين 12000 – 15000 جيجاوات كهربي مقارنة بالمستوى الحالي وهو 364 جيجاوات كهربي.

أما بخصوص البحث والتطوير في مجال الطاقة النووية فقد لاحت ثلاثة اتجاهات لنظم مبتكرة:

وأحد أهم الاستنتاجات التي توصل إليها خبراء مشروع إنبرو ومنتدى الجيل الرابع الدولي (GIF) هو أنّه يمكن باستخدام دورة الوقود النووي المغلقة فقط – حيث يعاد تدوير البلوتونيوم للاستخدام في

نسخة مجانية

المفاعلات السريعة – أن يزيد دور الطاقة النووية ليصل إلى المستوى المطلوب كمنافس عالمي في سوق الطاقة.

يجب تطوير المفاعلات الجديدة بحيث تكون متأصلة الأمان وتعتمد على خصائص أمان كامنة.

يجب أن تتنوع تكنولوجيا الطاقة النووية – بحيث تساهم في إمداد الأحياء السكانية بالحرارة (ومن المتوقع أن تصل من 20 – 25% من إجمالي سوق الطاقة العالمي) وأيضاً للمساهمة في مجال المواصلات (من 30 – 35% حالياً في الدول المتقدمة) وذلك من خلال تكنولوجيا إنتاج الهيدروجين التي تعتمد علي مفاعلات الحرارة العالية والمفاعلات فائقة الحرارة المبردة بالغاز.

وكما رأينا فإنّ زيادة المفاعلات النووية في سوق الطاقة تثير المخاوف المتعلقة بالانتشار التي تعرّض لها مشروع "*إنبرو*".

وقد تجاوز مشروع "*إنبرو*" مسألة حساب وضمانات المواد الإنشطارية إلى دراسة مجالات أكثر اتساعاً من القضايا:

- تطوير نظام الضمانات الحالي للوكالة الدولية للطاقة الذرية بما في ذلك الأنظمة الوطنية للحماية المادية لمواجهة التخريب والإرهاب؛
- توفير عوائق هندسية وتكنولوجية لمواجهة الاتجار غير المشروع في المواد النووية؛
- توفير إجراءات مؤسساتية تشمل اتفاقية دولية بشأن مراكز نووية دولية مدعمة من الوكالة لإعادة معالجة الوقود المستهلك والتخلص من النفايات وإثراء اليورانيوم وتدوير البلوتونيوم للاستخدام في المفاعلات السريعة، وتوفير وقود اليورانيوم منخفض الإثراء مثل اليورانيوم الطبيعي U-235، U-238 حالياً و U-233 و U-238 مستقبلاً.

تلخيصاً لما سبق، فإنّ مشروع "*إنبرو*" يهدف إلى تشكيل نظام دولي جديد لاستخدام الطاقة النووية. ويلتزم هذا النظام بشكل خاص بعقد اتفاقية دولية جديدة للاستخدام السلمي للطاقة النووية ولتعظيم دور الوكالة الدولية للطاقة الذرية كضامن أساسي.

يجب التأكيد على أهمية التعاون الدولي في مجال التكنولوجيا النووية الابتكارية. ويتسع مجال العضوية في مشروع "*إنبرو*" ليشمل الصين والهند وروسيا بالإضافة إلى 24 دولة أخرى. وتخطط كل من الصين والهند (سوف يصل عدد سكانهما معاً إلى أكثر من ثلاثة بلايين نسمة بحلول عام 2050) لبرامج نووية طموحة. ويوضح ذلك الأهمية المتزايدة للتعاون العالمي ونقل المعرفة النووية لمواجهة تحديات الطاقة والتحديات البيئية.

## التعليم النووي – أزمة التنمية

يرتبط الحفاظ على المعرفة في المجال النووي ونقلها إلى الجيل التالي من القادة ارتباطاً وثيقاً بالتعاون العالمي بين الشمال والجنوب وبين الشرق والغرب. وقد تم افتتاح الجامعة النووية العالمية (WNU) في عام 2004 بدعم من الوكالة الدولية للطاقة الذرية والاتحاد النووي العالمي ووكالة الطاقة النووية التابعة لمنظمة التعاون الاقتصادي والتنمية والاتحاد العالمي للمشغّلين النوويين.

تجمع الجامعة النووية العالمية (WNU) كل البرامج التعليمية النووية، وهي تمثل تطوراً منطقياً لمشروع "*إنبرو*" من حيث إنها تعكس الحاجة إلى نقل المعرفة والخبرة من الدول الصناعية إلى الدول النامية. وتمتلك الوكالة الدولية للطاقة الذرية – علي سبيل المثال – أكبر قاعدة بيانات نووية والأدبيات الخاصة بها في مجال الاستخدام السلمي للطاقة النووية، والنظام الدولي للمعلومات النووية *اينيس* (INIS) وتقوم بتنفيذ برنامج دولي نشط لإدارة المعرفة. وتعد فكرة التعاون الدولي لتطوير أنظمة نووية ابتكارية وإدارة المعرفة أمراً بالغ الأهمية كمطلب أساسي للدور العالمي للتكنولوجيا النووية.

وقد تم في الاتحاد السوفيتي (السابق) فصل التعليم النووي عن التعليم العلمي والهندسي. فلقد تم منح دارسي العلوم النووية وكذلك هيئة التدريس بعض الامتيازات (مثل زيادة الدعم المالي – الرواتب – المنح الدراسية،...الخ) مما جذب معظم الدارسين الموهوبين للعمل في المجال النووي. وتطبق الفكرة نفسها في الجامعة النووية العالمية حيث يتم اختيار الدارسين المهتمين والموهوبين بعناية وإعطاؤهم منحاً دراسية صيفية في معاهد الجامعة ولتكون لديهم فرص إجراء مناقشات وجهاً لوجه مع علماء واختصاصيين مشهورين.

وعلى النقيض من ذلك نجد أنّ التعليم النووي في روسيا تراجع من تربعه على قمة الأولويات إلى كونه مجرد مستوى متوسط من التعليم الجامعي. وذلك أمر يدعو للأسف إذا ما قورن بالمكانة العالية التي كان يحظى بها من قبل. فقد انتقلت تبعية الجامعات النووية الرئيسية (مثل معهد موسكو للهندسة والفيزياء وجامعة ولاية *اوبنينسك* الفنية لهندسة القدرة النووية) من وكالة *روس أتوم* (الوكالة الفيدرالية للطاقة النووية) إلى وزارة التعليم والعلوم حيث لا تتلقى هذه الجامعات الدعم الكافي الذي يجذب الشباب للدخول في المجال النووي.

وعلى سبيل المثال، فقد كانت روسيا الدولة الأكثر تقدماً في مجال المفاعلات السريعة والتعليم النووي الجامعي. واعتمدت استراتيجية تنمية الطاقة النووية في روسيا على الدور الكبير للمفاعلات السريعة في تطوير دورة الوقود المغلقة مستقبلاً. ومع ذلك فإنّه لا يوجد برنامج وطني لحفظ المعرفة والخبرة في هذه المجالات الخاصة.

وكذلك لم تشارك روسيا حتى وقت قريب على المستوى الوطني في الجامعة النووية العالمية – التي تمثل الأنظمة التعليمية المتحدة للدول النووية البارزة. والتناقض المثير هنا هو أنّ المجتمع النووي العالمي يستخدم مزايا خبرة الاتحاد السوفيتي القديم في تنظيم التعليم النووي (ازدهر في ستينيات

نووية

القرن الماضي في معهد موسكو للهندسة والفيزياء ومعهد موسكو للفيزياء والتكنولوجيا) حتى ولو أنكرت روسيا هذه المزايا الخاصة بها.

إنّ موقف روسيا من التعليم النووي يجب – من وجهة نظري – أن يوصف بأنّه موقف حرج. إنه لم يتبق إلا فترة لا تتجاوز خمس سنوات يتم خلالها تعزيز ونقل المعرفة والخبرة النووية إلى الجيل الجديد من الاختصاصيين النوويين الروس. وما لم تحدث تغيرات جذرية في موقف الحكومة تجاه التعليم النووي فلسوف يصبح الوضع كارثياً.

وتواجه روسيا مشكلة تآكل الثقافة والخبرة والمعرفة النووية. وللأسف فإنّ الفجوة بين الأجيال حقيقة واقعة. فبالرغم من التحاق الدارسين الجدد بالأقسام النووية فإن جودة التعليم تدنت عما كانت عليه قبل عقدين ماضيين. ويعتبر انخفاض رواتب أعضاء هيئة التدريس بالجامعة من أهم عوامل تدهور مستوى التعليم. وعلي الجانب الآخر هناك عامل شيخوخة القوى العاملة حيث تتراوح أعمار الاختصاصيين النوويين البارزين ما بين 60 إلى 70 عاماً. كما تقل نسبة الاختصاصيين المبتكرين الذين تتراوح أعمارهم ما بين 35 إلى 45 عاماً، مما يثير الشكوك حول جدية البرنامج الحكومي للتنمية النووية.

لكن هذه المشكلة ليست مشكلة روسيا وحدها، إذ أنّه من الواضح أنّ المجتمع النووي بحاجة إلى اتخاذ إجراءات عاجلة لإنقاذ المعرفة النووية. ومن أهم هذه الإجراءات التي يتوجب اتخاذها تقديم الحوافز المادية في صورة دعم مالي للبحوث النووية ولهيئة التدريس والمنح الدراسية للطلاب المتفوقين.

**ترسيّخ المبادرات المحلية.** تتطلب المبادرات العالمية لإحداث نهضة نووية دعماً مؤسساتياً وعلمياً. إلا أنّه من الممكن إحياء أفضل التقاليد الوطنية في التعليم النووي عن طريق تنظيم مراكز تعليم نووية هندسية مع برامج جامعية تختص بالفيزياء والرياضيات وتشجيع التعاون الوثيق مع المعامل النووية الوطنية الرائدة في المجال التجريبي والتكنولوجي.ومثل هذه المراكز آخذة في الظهور في روسيا من خلال المبادرات المحلية بالقرب من المنظمات البحثية والصناعية الكبرى في *تومسك ديميتروفجراد و اوبنينسك*.

وتقدم *اوبنينسك* – وهي مهد التكنولوجيا النووية للاستخدامات السلمية في روسيا – فرصة عظيمة لتنظيم مركز متكامل للعلم والتكنولوجيا النوويين. وتضم *اوبنينسك* 12 مؤسسة نووية بحثية ومنشآتها التجريبية المختلفة. وقد اكتسبت *اوبنينسك* مكانة خاصة كأول مدينة علمية (وبالروسية Naukogard) في الاتحاد الروسي بقرار خاص من الرئيس الروسي في عام 2000.

وبالرغم من هذه المكانة المشرّفة إلا أنّ القاعدة العلمية التجريبية في *اوبنينسك* أصبحت تعاني من الشيخوخة ويمكن بالكاد أن تقدم نتائج علمية رائدة. ودون مساندة حكومية لهذه البرامج البحثية فسوف تصبح بلا فائدة. إلا أنها قد تكون مفيدة بالتأكيد إذا استخدمت لأغراض التعليم والتدريب.

ويبلغ عدد سكان *اوبنينسك* حوالي 100,000 نسمة وهي مدينة تفخر بارتفاع مستوى التعليم بها، حيث أنّ أكثر من 1100 فرد حصلوا على درجة "*الكانديدات*" في العلوم (وهي درجة مناظرة لدرجة الدكتوراه) ودرجة الدكتوراه الكاملة في العلوم (درجة خاصة في روسيا). ويتجاوز عدد أفراد فريق المهندسين العاملين في مجال البحوث الهندسية 12000 مهندس كما يبلغ عدد الدارسين 8000 دارس. وتعد جامعة ولاية *اوبنينسك* الفنية لهندسة القوى النووية أكبر مؤسسة علمية، وهي الجامعة الوحيدة في روسيا التي نجحت في الحفاظ علي عملية تعليم متكاملة في مجالات واسعة من العلوم النووية التطبيقية والمواد الهندسية.

وقد تم تسجيل الاتحاد الروسي للعلوم النووية والتعليم (RANSE) في *اوبنينسك* في عام 2005، وقد أنشأه وطوره العلماء الرواد من جامعة *اوبنينسك*، وعلماء مركز البحوث الروسي "معهد *كورشاتوف*" في موسكو، والمركز الطبي للبحوث الإشعاعية التابع للأكاديمية الروسية للعلوم الطبية (*اوبنينسك*) ومركز البحوث الروسي "معهد الفيزياء النظرية والتجريبية " في موسكو. وهذا الاتحاد لا يهدف إلى الربح ويفتح أبوابه أمام مزيد من المشاركين.

وقد تطور هذا الاتحاد واستضاف في *ديسمبر/كانون أول* 2006 أول دورة تعليمية نووية خاصة به بالتعاون مع الوكالة الدولية للطاقة الذرية والجامعة النووية العالمية بعنوان: "التكنولوجيا النووية لصالح الحياة البشرية في القرن الحادي والعشرين". وقد تم تنفيذ دورات علمية دولية بنجاح، ويتم التخطيط لدورات علمية أخرى في *اوبنينسك* بشكل دوري.

وبالرغم من أنّ الاتحاد قد تلقى دعماً مالياً محلياً إلا أنّه للأسف لم يتلق أي دعم من منظمات حكومية مثل "*روس اتوم*" أو وزارة التعليم والعلوم. وذلك يعكس التفكير البيروقراطي القاصر تجاه مشكلة استعادة القدرة التنافسية والمعرفة والاحتراف والموارد البشرية اللازمة للتنمية النووية في روسيا.

إنّ المبادرات الدولية التي أُطلقت في السنوات الأخيرة بدعم من الوكالة الدولية للطاقة الذرية يمكن أن تمثل أهمية حيوية لإحداث "نهضة نووية " والتي يمكن أن تلعب دوراً أساسياً في القضاء علي الفقر ورفع مستوى المعيشة في العالم. والمفارقة هنا أنّ هذه المبادرات تعتمد علي الخبرة النووية الروسية التي تتآكل – للأسف– في روسيا. ومن وجهة نظري فإنّه إذا توفر لنا المزيد من الدعم فسوف نتمكن من إصلاح الوضع.

---

*فيكتور موروجوف هو النائب الأسبق لمدير عام الوكالة الدولية للطاقة الذرية، وقد ترأس قسم الطاقة النووية وهو أستاذ في الجامعة الفنية لهندسة الطاقة النووية في اوبنينسك – روسيا. وقد ساهم في إعداد هذا المقال كل من الباحث الأكاديمي إن. إن بونوماريف – ستيبنوى والسيد أيه. جي كالاندريشفلي – مركز البحوث الروسي – معهد كورشاتوف – موسكو والأساتذة في.في. ارنيسيوك و يو. أيه كوروفين وأيه. أي فورديف (الجامعة الفنية لهندسة الطاقة النووية – اوبنينسك)*

*البريد الإلكتروني: victor_murogov@mail.ru*