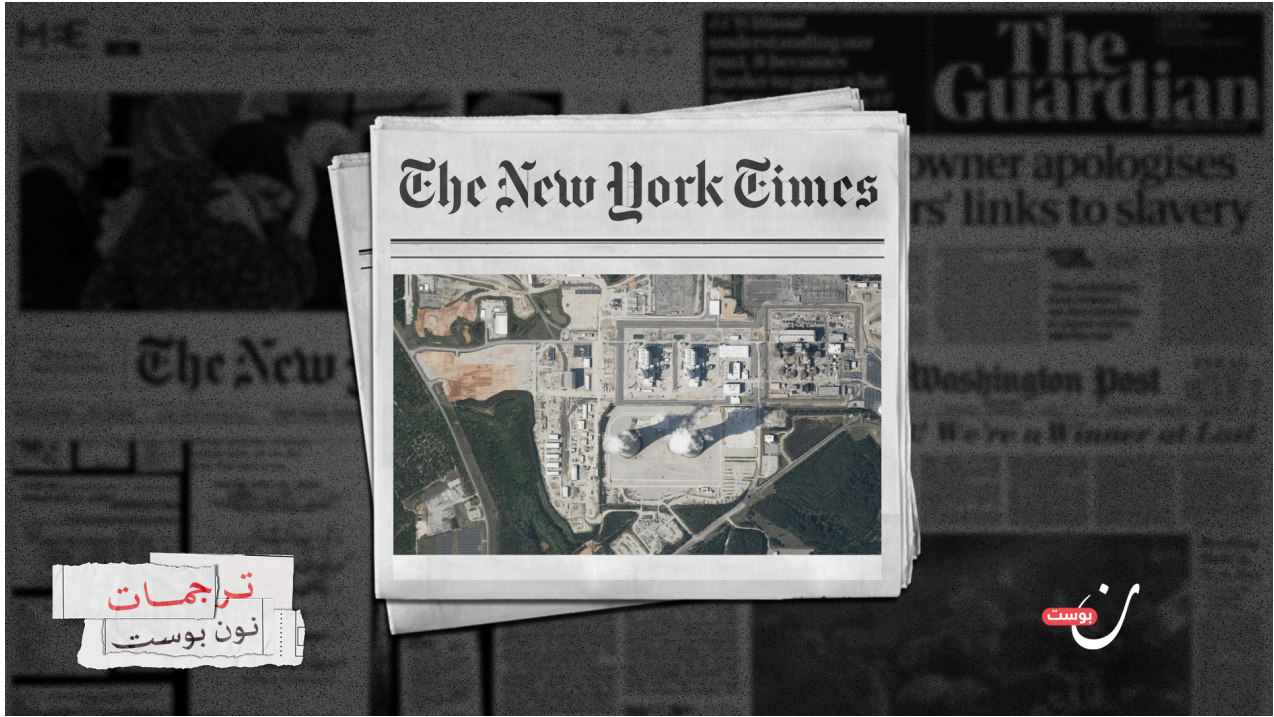


كيف تفوقت بكين على واشنطن في مجال الطاقة النووية؟



ترجمة وتحريـر: نون بوست

تُوشك الصين أن تصبح الدولة الرائدة عالميًا في مجال الطاقة النووية، إذ تبني حاليًا عددًا من المفاعلات يقارب ما تبنيه بقية دول العالم مجتمعة. وبينما يُعرف على نطاق واسع تفوقها في مجال الألواح الشمسية والمركبات الكهربائية، فإنها أيضًا تُشيّد محطات نووية بوتيرة غير مسبوقة. وبحلول عام 2030، من المتوقع أن تتجاوز القدرة النووية للصين نظيرتها في الولايات المتحدة، التي كانت أول دولة تستخدم الانشطار الذري لتوليد الكهرباء.

تعتمد العديد من المفاعلات الصينية على تصاميم أمريكية وفرنسية، لكن الصين تمكنت من التغلب على تأخرها في عمليات البناء والتكاليف التي أعاقت جهود الدول الغربية في توسيع إنتاج الطاقة النووية.

وفي الوقت نفسه، تستمر الصين في فتح آفاق جديدة للابتكار، محققة تقدمًا في تقنيات نووية من الجيل الجديد لم تتمكن الدول الغربية من تحقيقه. كما تستثمر بكثافة في مجال الاندماج النووي، وهو مصدر محتمل وغير محدود للطاقة النظيفة إذا أمكن السيطرة عليه.

ويتمثل هدف بكين النهائي في أن تصبح مؤرّدًا عالميًا للطاقة النووية، لتنضم إلى عدد قليل من الدول - من بينها الولايات المتحدة وروسيا وفرنسا وكوريا الجنوبية - القادرة على تصميم وتصدير بعض من أكثر الآلات تطورًا في التاريخ.



عملية تركيب القبة على مبنى المفاعل رقم 1 في محطة الطاقة النووية ”تشيجيانغ سانو“ بمقاطعة تشيجيانغ الصينية عام 2022

قال مارك هيبز، الزميل البارز في مؤسسة كارنيغي للسلام الدولي، ومؤلف كتاب عن البرنامج النووي الصيني: ”الصينيون يتحركون بسرعة كبيرة جدًا. إنهم حريصون للغاية على إظهار أن برنامجهم لا يمكن إيقافه“.

وفي ظل المنافسة بين الولايات المتحدة والصين على الهيمنة العالمية، أصبحت الطاقة ساحة معركة جيوسياسية. برزت الولايات المتحدة، خاصة في عهد الرئيس ترامب، كمورد رئيسي للوقود الأحفوري، مثل النفط والغاز والفحم. وعلى النقيض، تهيمن الصين على تصنيع الألواح الشمسية والتوربينات الهوائية والبطاريات، معتبرة أن الطاقة المتجددة سوق مستقبلي تقدر قيمته بتريليونات الدولارات.

يشهد العالم عودة قوية للاهتمام بقطاع الطاقة النووية، خاصة مع تصاعد المخاوف بشأن تغير المناخ، ويرجع ذلك إلى أن المفاعلات النووية لا تطلق انبعاثات تسبب الاحتباس الحراري، على عكس محطات الفحم والغاز، كما أنها قادرة على توليد الكهرباء على مدار الساعة، بخلاف طاقتي الرياح والشمس.

تسعى إدارة ترامب إلى مضاعفة قدرة طاقة الولايات المتحدة النووية أربع مرات بحلول عام 2050، رغم تجاهلها لقضية الاحتباس الحراري، وتأمل في تطوير جيل جديد من المفاعلات لتغذية مراكز البيانات محليًا وبيعها للدول التي تعاني من نقص في الطاقة. ويخشى المسؤولون من أن هيمنة الصين على سوق تصدير الطاقة النووية قد يوسع نفوذها العالمي، لأن بناء محطات نووية في الخارج يخلق علاقات عميقة وطويلة الأمد بين الدول.

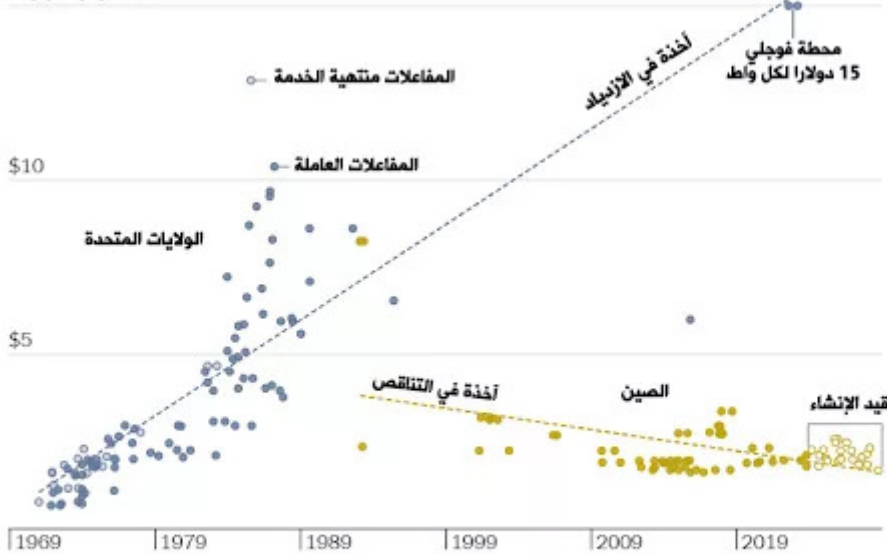
تتمتع الصين بميزة واضحة في سباق الطاقة الذرية: فقد تمكنت من إنتاج المفاعلات بوتيرة سريعة وتكلفة منخفضة نسبيًا، وأصبحت تبني المفاعلات في غضون خمس إلى ست سنوات، أي نصف المدة

التي يستغرقها البناء في الدول الغربية.

وبينما ارتفعت تكاليف بناء المفاعلات النووية في الولايات المتحدة بشكل كبير بعد ستينيات القرن الماضي، انخفضت هذه التكاليف إلى النصف في الصين خلال العقد الأول من القرن الحادي والعشرين واستقرت منذ ذلك الحين، وفقًا لبيانات نُشرت مؤخرًا في مجلة "نيتشر". (أما المفاعل الوحيدان اللذان بُنِيا في الولايات المتحدة خلال القرن الحالي، بمحطة فوجلي للطاقة النووية في وايينسبورو بولاية جورجيا، فقد استغرق بناؤهما 11 عامًا، وبلغت تكلفتها 35 مليار دولار).

تكاليف بناء المفاعلات النووية

15 دولارا لكل واط



ملاحظة: تصنف المفاعلات وفقًا لتاريخ دخولها أو التاريخ المتوقع لدخولها حيز التشغيل التجاري. يوضح الرسم البياني التكاليف اليومية المعدلة حسب التضخم، والتي تستبعد مدفوعات الفائدة. توضح خطوط الاتجاه منحدر الانحدار الخطي.

المصدر: ليو وآخرون. 2025.

وقال شانغوي ليو، الباحث في كلية كينيدي للإدارة الحكومية بجامعة هارفارد، والذي قاد إعداد الورقة البحثية: "عندما حصلنا على هذه البيانات ورأينا هذا الاتجاه التنازلي في الصين، شعرت بالدهشة". وأضاف ليو أن السؤالين المهمين هما: كيف أصبحت الصين بارعة إلى هذا الحد في مجال الطاقة النووية؟ وهل يمكن للولايات المتحدة اللحاق بها؟ كيف تفوقت الصين في مجال الطاقة النووية؟

تُعد محطات الطاقة النووية الحديثة واحدة من أكثر مشاريع البناء تعقيدًا على وجه الأرض.

يُصنع وعاء المفاعل، حيث يتم انشطار الذرات، من فولاذ خاص يصل سمكه إلى 10 بوصات، ويجب أن يتحمل ضغطًا إشعاعيًا لعقود. ويوضع هذا الوعاء بدوره داخل قبة احتواء ضخمة، غالبًا ما تكون بارتفاع ثلاثة طوابق ويعرض يعادل قبة مبنى الكابيتول في الولايات المتحدة، وهي مصنوعة من خرسانة مسلحة بالفولاذ لمنع التسربات الخطيرة، كما يجب أن تقي آلاف الأمتار من الأنابيب والأسلاك بمعايير سلامة صارمة.

ويعد تمويل هذه المشاريع التي تبلغ تكلفتها مليارات الدولارات تحديًا هائلًا. حتى المشكلات البسيطة، مثل الحاجة إلى موافقة الجهات التنظيمية لتعديل أحد المكونات أثناء التنفيذ، يمكن أن يؤدي إلى تأخير طويل وتكاليف اقتراض باهظة.

وقد تمكنت الصين من التغلب على هذه العملية بمرور الوقت.



بناء برج نقل للطاقة في محطة تيانوان للطاقة النووية في مقاطعة جيانغسو عام 2023

يبدأ ذلك بدعم حكومي كبير. تحصل ثلاث شركات حكومية لتطوير الطاقة النووية على قروض مدعومة من الدولة بأسعار فائدة منخفضة لبناء مفاعلات جديدة، وهو أمر بالغ الأهمية نظرًا لأن التمويل الحكومي قد يشكل ثلث التكلفة الإجمالية. كما تُلزم الحكومة الصينية مشغلي شبكات الكهرباء بشراء جزء من الطاقة التي تنتجها المحطات النووية بأسعار تفضيلية.

وبالقدر ذاته من الأهمية، تبني الشركات النووية الصينية عددًا محدودًا من أنواع المفاعلات، وتكرر ذلك مرارًا وتكرارًا.

هذا ما يسمح للمطورين بإتقان عملية البناء، وهو أمر "أساسي للتوسع بكفاءة"، كما تقول جوي جيانغ، الخبيرة في معهد بريكترو، وهو مؤسسة بحثية مؤيدة للطاقة النووية. وتضيف: "هذا يعني أنه يمكنك تبسيط إجراءات الترخيص وتسهيل سلسلة التوريد".

ويضاف إلى ذلك وجود تفويض من الحكومة الصينية لتوسيع مشاريع الطاقة النووية، مما يمنح الشركات الثقة للاستثمار في مصانع محلية وقوى عاملة هندسية متخصصة. ففي مجمع ضخم بالقرب من شنغهاي، تُصنع أوعية ضغط المفاعلات العملاقة بشكل مستمر، لتكون جاهزة للشحن إلى مشاريع جديدة دون تأخير. وتنتقل فرق اللحامين المتخصصين بسلاسة من موقع بناء إلى آخر.

أما في الغرب، فالوضع مختلف.

تباطأ بناء المفاعلات النووية في الولايات المتحدة بشكل كبير في سبعينيات وثمانينيات القرن الماضي مع ارتفاع أسعار الفائدة وتشديد الجهات التنظيمية لقواعد السلامة بشكل متكرر، مما أدى إلى تأخير كبير في تنفيذ المشاريع. كما ساهمت المخاوف بشأن التخلص من النفايات النووية، والذعر الذي أعقب

الانصهار الجزئي لمفاعل في جزيرة الثلاثة أميال في بنسلفانيا عام 1979، في تعقيد الأمور. وفي الوقت نفسه، استمر مطورو القطاع الخاص في تجربة تصاميم جديدة للمفاعلات تتطلب مكونات مختلفة وتدخل تعقيدات إضافية. وهكذا تراجعت الطاقة النووية في الولايات المتحدة بسبب غياب القدرة على التنبؤ.



متظاهرون أمام محطة الطاقة النووية في جزيرة الأميال الثلاثة بالقرب من هاريسبرغ في بنسلفانيا، عام 1979

أصبح التباين واضحًا في أواخر العقد الأول من الألفية الجديدة، عندما حاولت المرافق العامة الأمريكية إحياء الطاقة النووية من خلال نموذج مفاعل جديد أطلق عليه "إيه بي 1000"، يتميز بخصائص محسّنة لضمان السلامة. لكن المطورين واجهوا صعوبات مع هذه التكنولوجيا الجديدة، مما أدى إلى تأخير متكرر في تنفيذ المشاريع وارتفاع كبير في التكاليف. وعندما اكتمل بناء المفاعلين في ولاية جورجيا العام الماضي، كانت معظم شركات المرافق مترددة في خوض التجربة مجددًا.

كانت الصين تبني مفاعلات "إيه بي 1000" أيضًا، وواجهت هي الأخرى تحديات كبيرة، مثل صعوبة الحصول على مضخات التبريد وارتفاع التكاليف بشكل غير متوقع. لكن بدلًا من التخلي عن المشروع، درس المسؤولون الصينيون أسباب الإخفاقات وخلصوا إلى ضرورة تعديل التصميم وتطوير سلاسل توريد محلية.

يقول جيمس كريلنشتاين، الرئيس التنفيذي لشركة "ألفا إنرجي" المتخصصة في الطاقة النووية: "ما فعله الصينيون كان ذكيًا للغاية. قالوا: سنتوقف لبضع سنوات ونستوعب كل الدروس المستفادة". تبني الصين الآن تسعة مفاعلات إضافية من طراز "سي إيه بي 1000"، ومن المتوقع أن تُستكمل جميعها خلال خمس سنوات وبتكلفة أقل بكثير، وفقًا لتقرير صادر عن وزارة الطاقة الصينية



تواصل الصين أعمال البناء والتوسعة في محطة "هايانغ" للطاقة النووية

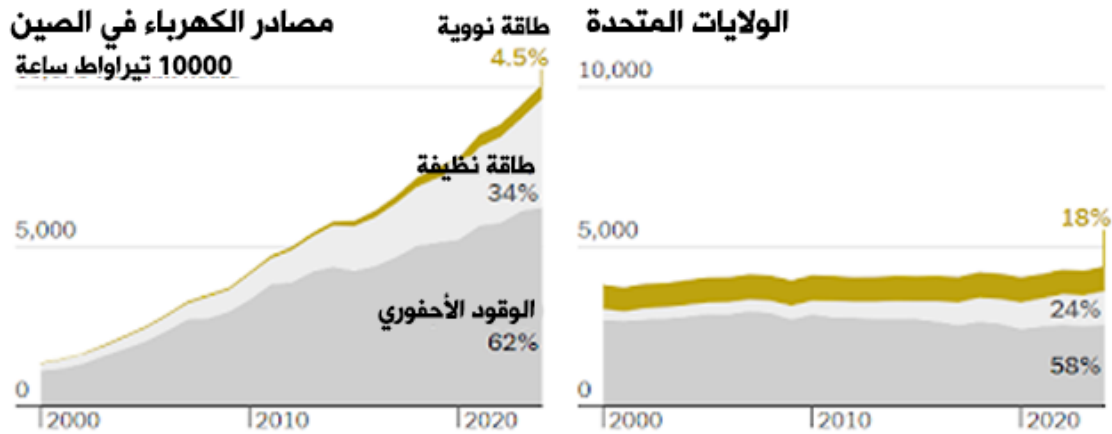
يرى مؤيدو الطاقة النووية في الولايات المتحدة أحياناً أن لوائح السلامة الصارمة للغاية تؤدي إلى ارتفاع التكاليف.

متطلبات السلامة في الصين مشابهة، لكن عملية الموافقة هناك أكثر قابلية للتنبؤ، كما أن المعارضين لديهم وسائل أقل للطعن في المشاريع. ووفقاً لأبحاث أجرتها جيانغ، تبدأ معظم المفاعلات في الصين أعمال البناء بعد أسابيع فقط من الحصول على الموافقة النهائية من الهيئة التنظيمية للسلامة. أما في الولايات المتحدة، فعادةً ما تحتاج المشاريع إلى تصاريح إضافية من حكومات الولايات، والتي قد تستغرق شهراً أو سنوات.

يقول ديفيد فيشمان، المستشار في قطاع الطاقة لدى مجموعة لانتاو للاستشارات: "تمتع الصين بخبرة في بناء مشاريع ضخمة، من السدود إلى الطرق السريعة إلى السكك الحديدية فائقة السرعة، وهذه المهارات في إدارة المشاريع قابلة للاستنساخ".

تسعى الصين، أكبر مصدر لانبعاثات غازات الاحتباس الحراري في العالم، إلى الحد من التلوث، وهي تعتمد على الطاقة النووية للعب دور مهم في هذا الصدد.

تنمو الطاقة الشمسية وطاقة الرياح بسرعة وتشكلان معظم الكهرباء النظيفة في الصين، لكن البلاد تحرق أيضاً كميات هائلة من الفحم لتوفير الطاقة عندما لا تشرق الشمس ولا تهب الرياح، ويمكن أن تساعد زيادة الطاقة النووية في دعم الطاقة المتجددة والتخلي عن الفحم.



المصدر: إمبر. ملاحظة: يشمل مصطلح "طاقة نظيفة" المصادر منخفضة الكربون مثل طاقة الرياح والطاقة الشمسية والطاقة الكهرومائية والطاقة الحيوية. يشمل مصطلح "الوقود الأحفوري" الفحم والغاز الطبيعي والنفط.

لا يزال التوسع الصيني في مجال الطاقة النووية يواجه بعض العقبات. شهد أحد المفاعلات الصينية تسربًا إشعاعيًا طفيفًا عام 2021، ويمكن أن يؤدي حادث أكبر إلى رد فعل شعبي عنيف. كما أن البلاد لا تزال تبحث عن موقع مناسب لدفن نفاياتها النووية، وقد شهدت بعض المدن احتجاجات حادة ضد خطط إنشاء مصانع لإعادة معالجة النفايات. كما أوقفت بكين بناء مفاعلات جديدة في معظم المناطق الداخلية بسبب المخاوف المتعلقة باستخدام المياه، وإذا استمر هذا التوقف فقد يحد من نمو القطاع.

ومع ذلك، تمضي البلاد قدمًا بخطى متسارعة، مع خطط لبناء مئات المفاعلات بحلول منتصف هذا القرن.

هل يمكن للولايات المتحدة اللحاق بالركب؟

تعد الطاقة النووية من أنواع الطاقة القليلة التي تحظى بدعم من السياسيين الجمهوريين والديمقراطيين في الولايات المتحدة على حد سواء، خاصة مع تزايد الطلب على الكهرباء. حتى بعض دعاة حماية البيئة مثل آل غور، الذين كانوا يخشون في السابق من الحوادث الكارثية والنفايات المشعة، بدأوا يتقبلون هذه التكنولوجيا.

ومع ذلك، تسلك الولايات المتحدة مسارًا مختلفًا تمامًا فيما يتعلق بالتوسع في مجال الطاقة النووية، وهو مسار يعتمد بدرجة أكبر على القطاع الخاص بدلًا من الدعم الحكومي.

تعمل عشرات الشركات الناشئة على تطوير جيل جديد من المفاعلات الصغيرة المصممة لتكون أرخص من المحطات الضخمة التقليدية، وتستثمر شركات التكنولوجيا مثل "غوغل" و"أمازون" و"أوبن إيه آي" مليارات الدولارات في شركات نووية ناشئة مثل "كايروس باور" و"إكس إنرجي" و"أوكلو" بهدف تزويد مراكز بيانات الذكاء الاصطناعي بالطاقة، وقد بدأت مشاريع أولية في ولايات وايومنغ وتكساس وتينيسي، رغم أنه من غير المتوقع تشغيل مفاعلات جديدة قبل عام 2030.

وتسعى إدارة ترامب إلى تسريع هذا التوجه من خلال تخفيف اللوائح التنظيمية في اللجنة التنظيمية النووية، وهي الهيئة التي تصادق على سلامة المفاعلات قبل بنائها. ويقول منتقدو الوكالة إنها أصبحت جامدة للغاية وغير قادرة على التعامل مع المفاعلات المتقدمة التي تقل احتمالية تعرضها لانصهارات نووية.



وزير الطاقة الأمريكي كريس رايت يتحدث خلال الاجتماع السنوي التاسع والستين للوكالة الدولية للطاقة الذرية في فيينا الشهر الماضي

قال وزير الطاقة كريس رايت إن الإدارة الأمريكية تراهن على أن تدفق رأس المال الخاص إلى مشاريع الطاقة النووية سيحفز روح الابتكار الأمريكية ويساعد الولايات المتحدة على أن تتفوق على الصين. وأضاف في مقابلة صحفية: "المنافسة الرأس مالية في مجال الأعمال هي المجال الذي تتفوق فيه الولايات المتحدة، وأعتقد أنها ميزة مقارنة بالصين".

ومع ذلك، يشعر البعض بالقلق من أن الولايات المتحدة تركز بشكل مفرط على الابتكارات التكنولوجية، بدلاً من التركيز على التمويل والمهارات والبنية التحتية اللازمة لبناء المحطات كما تفعل الصين. فعلى سبيل المثال، فقدت الولايات المتحدة تقريبًا كامل قدرتها على تصنيع المكونات الثقيلة للمفاعلات النووية، كما أن الجيل الجديد من المفاعلات المتقدمة قد يستغرق سنوات للوصول إلى مرحلة النضج، مما قد يؤدي إلى تخلف الولايات المتحدة في هذا المجال.

يقول فيليب أندروز-سييد، الباحث البارز في معهد أكسفورد لدراسات الطاقة: "عندما ننظر إلى عدد التصاميم، خصوصًا في الولايات المتحدة، تصاب بالدهشة. أعتقد أن تقليص الخيارات هو التصرف الحكيم".

ورغم أن إدارة ترامب اتخذت خطوات لتسريع إجراءات التصاريح النووية وزيادة الإمدادات المحلية من الوقود النووي، إلا أن بعض الأدوات الحكومية المهمة لدعم المفاعلات الجديدة، مثل مكتب القروض التابع لوزارة الطاقة، تأثرت سلبيًا بسبب تقليص عدد الموظفين. كما أن الجهود الرامية إلى تخفيف اللوائح التنظيمية المتعلقة بالسلامة قد تكون مثيرة للجدل، وهناك أيضًا خطر أن يتراجع اهتمام شركات التكنولوجيا الكبرى إذا تباطأ نمو الذكاء الاصطناعي.

يقول ستيفن إيزيل، نائب رئيس مؤسسة سياسة الابتكار العالمية في مؤسسة تكنولوجيا المعلومات والابتكار: "لا يوجد سبب يمنع الولايات المتحدة من توسيع الطاقة النووية. لكن السؤال هو: هل سنرى عددًا قليلًا من المفاعلات الصغيرة التي تغذي بعض مراكز البيانات، أم أننا سنشهد نهجًا حكوميًا جادًا لإعادة الطاقة النووية كمصدر أساسي للكهرباء؟".

سباق لتزويد العالم بالطاقة



وحدة أساسية لمفاعل مياه مضغوطة صغير متعدد الأغراض من طراز "إيه سي بي 100"، وهو نموذج أولي جديد لمحطة طاقة نووية في مقاطعة لياونينغ، عام 2023 يمثل البرنامج النووي الصيني الذي يتطور بسرعة مقدمة لهدف أكبر: الهيمنة على السوق العالمية. بنت الشركات الصينية ستة مفاعلات في باكستان، وتخطط لتصدير المزيد منها. وفي الوقت نفسه، تعمل الصين على تجاوز الولايات المتحدة في مجال الابتكار التكنولوجي، فقد أنشأت ما تصفه بأنه أول مفاعل من "الجيل الرابع" في العالم، وهو نموذج مبرد بالغاز يمكنه توفير الحرارة والبخار للصناعات الثقيلة بالإضافة إلى توليد الكهرباء. كما تسعى الصين إلى تطوير تقنيات تستخدم كميات أقل من اليورانيوم، مثل مفاعلات الثوريوم، أو إعادة تدوير الوقود النووي المستهلك، وهذا يؤكد أن الصين لا تمتلك ما يكفي من اليورانيوم محليًا لبناء عدد كبير من المفاعلات التقليدية.

حتى وإن بقيت الشركات والمختبرات الأمريكية رائدة في الابتكار، فقد حذر تقرير حديث من أن الصين تتقدم على الولايات المتحدة بفارق يتراوح بين 10 إلى 15 عامًا في قدرتها على نشر مفاعلات الجيل القادم على نطاق واسع.

هذه القصة متكررة، فقد اخترعت الولايات المتحدة الألواح الشمسية والبطاريات، لتشهد الصين تتفوق

عليها في هذه التقنيات وتسيطر على الأسواق العالمية.

يقول بول سوندرز، رئيس مركز المصلحة الوطنية، وهو مركز أبحاث محافظ: ”ربما يمكننا إقناع بعض حلفائنا بعدم شراء المفاعلات الصينية، لكن هناك الكثير من الدول الأخرى التي لديها طلب متزايد على الطاقة. وإذا لم تكن أمريكا مستعدة، فلن تكون قادرة على المنافسة“.

المصدر: نيويورك تايمز

رابط المقال: <https://www.noonpost.com/339627/>