ROSATOM NEWSLETTER

.01

قصص

تمكين مستقبل أفضل
التعليم: القوة الدافعة وراء الطاقة النووية
مرحبًا بمنتدى BRICS الكمي

.02

اتجاهات

التوازن العالمي

.03

الأخبار الإقليمية

الشرق الأوسط. "تحتاج الطاقة النووية إلى أفراد واعين عالميًا"

تمكين مستقبل أفضل

في أغسطس 2025، تحتفل الصناعة النووية الروسية بالذكرى الثمانين لتأسيسها. فقد وُقِع قرار بتاريخ 20 أغسطس 1945 بإنشاء لجنة خاصة تحت لجنة الدفاع الحكومية للاتحاد السوفيتي، كُلفت بالإشراف على جميع الجهود لتسخير طاقة انشطار اليورانيوم. تمثل هذه التاريخ بداية المشروع النووي السوفيتي. تواصل الجيل الحالي من المحترفين النوويين الروس إرث سلفائهم العظماء، حيث يفتحون آفاقًا جديدة في تقنيات الطاقة النووية.

كان أفضل علماء الرياضيات والفيزياء والكيمياء والهندسة في البلاد من الرواد في مجال الطاقة النووية، شكلت مصدر طاقة جديد تمامًا. في أواخر الأربعينيات من القرن العشرين، اقترح عالم الفيزياء إيغور كورشاتوف، الذي قاد المشروع النووي، بناء أول محطة طاقة في العالم تعمل بالطاقة النووية. في 26 يونيو 1954، بدأت محطة أوبنسك للطاقة النووية، وهي أول محطة نووية عاملة في العالم، في ضخ الكهرباء في الشبكة. وفي نفس العام، أقر مجلس وزراء الاتحاد السوفيتي برنامجًا واسع النطاق لبناء محطات طاقة نووية في جميع أنحاء الاتحاد السوفيتي.

كما مهدت محطة أوبنينسك للطاقة النووية الطريق لتقدم الطاقة النووية في دول أخرى. حاليًا، تعمل 416 وحدة للطاقة النووية بقدرة إجمالية تتجاوز 376 غيغاواط حول العالم. وفي روسيا، تولد 36 مفاعلًا طاقيًّا بقدرة إجمالية تبلغ 26.8 غيغاواط طاقة نووية موثوقة ونظيفة.

يواصل الخبراء النوويون الروس تحسين تقنيات الطاقة النووية، مما يقدم حلولًا مبتكرة بشكل متزايد لشركائهم الدوليين. على سبيل المثال، أصبحت عدة تعديلات على مفاعلات VVER التصميم الأكثر طلبًا في السوق العالمية لمحطات الطاقة النووية الكبيرة. تشمل محفظة روساتوم الطلبات الدولية لـ 33 وحدة من مفاعلات VVER العالية القدرة عبر 10 دول.

تُعتبر روساتوم أيضًا رائدة في تقنية المفاعلات الصغيرة المودولية (SMR). كان مهندسو روساتوم هم الأوائل – وبالفعل، الوحيدون – الذين بنوا محطة طاقة نووية عائمة، وهي الأكاديمية لومونوسوف. تُبنى أربع وحدات طاقة عائمة أخرى مزودة بمفاعلات RITM-200 حاليًا لتوفير الكهرباء لموقع التعدين بايمسكي GOK في تشوكوتكا. تبحث الشركة النووية الروسية في مشاريع مختلفة لمحطات الطاقة العائمة مع الشركاء الدوليين، بينما تستعد لبناء مفاعل SMR على اليابسة في منطقة ياقوتيا في روسيا وتقدم مشروعها الأول للتصدير لمحطة SMR مكونة من ست وحدات في أوزبكستان.

قدمت روساتوم مفهومًا لأنظمة المفاعلات من الجيل الرابع. يعد هذا المفهوم بتحسينات كبيرة في السلامة والكفاءة بينما يغلق دورة الوقود النووي من خلال إعادة معالجة الوقود المستهلك وإعادة استخدام اليورانيوم المستنفد المتبقي من التخصيب. يحقق هذا النهج أقصى استفادة من الطاقة الموجودة في اليورانيوم الطبيعي، مما يقلل من الحاجة إلى التعدين الجديد وحجم النفايات المشعة.

تُظهر تلك المبادئ في إطار مشروع "بروريف" (اختراق): تقوم روسيا ببناء مفاعل سريع يستخدم الرصاص كوسيلة تبريد BREST-OD-300، إلى جانب وحدات إعادة معالجة الوقود وإعادة تصنيعه في نفس الموقع. تمثل المفاعلات السريعة التركيز الرئيسي لصناعة الطاقة النووية في روسيا. تم إطلاق أول مفاعل من هذا النوع، BR-2، في عام 1956، ومنذ ذلك الحين تم بناء عدة مفاعلات بحثية ومفاعلات طاقة من هذا النوع، لا يزال بعضها قيد التشغيل حتى اليوم. تقوم روساتوم أيضًا ببناء مفاعل بحثي قوي MBIR، الذي جذب اهتمامًا كبيرًا من المجتمع النووي العالمي.

قيادة جديدة

لطالما كانت صناعة الطاقة النووية في روسيا متعددة الأوجه، حيث تقدمت في مجالات المواد الجديدة، وأنظمة الحوسبة، والطب النووي، وأكثر من ذلك. ومن خلال الاستفادة من هذه الخبرات، قامت روساتوم بتنمية صناعات كاملة حيث تحتل الآن مراكز قيادية.

تقوم شركة TVEL التابعة لروساتوم، التي تتولى مسؤولية الوقود، بالتوسع في التصنيع الإضافي، ومنتجةً المساحيق والطابعات ثلاثية الأبعاد وتلعب دورًا رئيسيًا في إدخال تقنيات التصنيع الإضافي في روسيا والخارج. كما تبني روساتوم منشآت الإنتاج الخاصة ببطاريات الليثيوم أيون، مما يدعم تطوير المواد لهذه البطاريات ويشارك في إنشاء سيارات كهربائية محلية. يشارك ثلاث من أقسام روساتوم في نشر بنية تحتية لشحن السيارات الكهربائية عبر روسيا. يطور قسم التعدين مشاريع لإنتاج كربونات الليثيوم، وهيدروكسيدات الليثيوم، ومركزات معينة من المعادن النادرة المستخدمة في تصنيع المغناطيسات، وبالتالي، المحركات الكهربائية. يشمل التخطيط أيضًا إنشاء إنتاج المغناطيسات في أحد مصانع روساتوم. أنشأ قسم المواد المركبة سلاسل إمداد عمودية، من المواد الخام إلى مكونات ومنتجات الألياف الزجاجية والكربونية. يقوم قسم الطاقة الهوائية ببناء وتشغيل مزارع الرياح في روسيا واستكشاف مشاريع مماثلة في الخارج.

تعمل روساتوم على فتح الإمكانيات اللوجستية لطريق البحر الشمالي (NSR). بفضل أسطول كاسحات الجليد التي تعمل بالطاقة النووية الوحيد في العالم، تزداد حركة الشحن على هذا الطريق كل عام، مما يجعل NSR شريانًا حيويًا ومتزايد الأهمية في اللوجستيات العالمية.

تتقدم روساتوم في مجال الطب النووي. تحتفظ الحكومة الروسية بمراكز قيادية في إنتاج نظائر طبية، وتطوير الأدوية الإشعاعية وتعزيز استخدامها في التشخيص والعلاج. كما تشارك روساتوم خبراتها على المستوى الدولي. في بوليفيا، على سبيل المثال، تقوم ببناء مركز بحثي وتكنولوجي نووي متطور مزود بكساكن، ومركز إشعاع متعدد الأغراض، ومختبرات الإشعاع وعلم البيئة الإشعاعية، ومفاعل بحثي.

تعمل روساتوم على جعل الكوكب أكثر نظافة من خلال معالجة الأضرار البيئية المتراكمة – تنظيف مكبات النفايات، والمرافق الكيميائية الخطرة، والمواقع الملوثة بالإشعاع.

التقنيات المتطورة

منذ نشأتها وحتى اليوم، لا تزال الصناعة النووية الروسية في طليعة الابتكار العلمي والهندسي. تساهم روساتوم في تطوير وتطبيق تقنيات الاندماج والكم، والحواسيب الفائقة، والذكاء الاصطناعي، وتصنيع الأنسجة والأعضاء، وبرامج الفضاء الروسية. تشكل الخبرات النووية الروسية المشهد التكنولوجي المستقبلي في روسيا وعلى مستوى العالم. ستعود تلك الأعمال بالفائدة على الإنسانية لعقود قادمة، على الأرض وما بعدها.

التعليم: القوة الدافعة وراء الطاقة النووية

تقوم روساتوم بتدريب محترفين من جميع أنحاء العالم، والكثير منهم سيعملون في القطاع النووي. من 2019 إلى 2024، أكمل أكثر من 1,900 شخص من أكثر من 60 دولة التدريب بموجب البرامج الدولية فقط. تُدار هذه البرامج من قبل أكاديمية روساتوم الفنية (روساتوم تيك) بالتعاون مع الوكالة الدولية للطاقة الذرية، لكن أكاديمية روساتوم تك تنظم أيضًا دوراتها الخاصة. شاركت ماريا خاليتسكايا، نائبة رئيس أكاديمية روساتوم تك، بمزيد من التفاصيل.

– هل يمكن أن تخبرينا عن تعاون أكاديمية روساتوم تيك مع الوكالة الدولية للطاقة الذرية؟

– لقد عملنا بنشاط مع الوكالة منذ عام 2011 عندما بدأنا استضافة جلسات تدريبية تركز على البنية التحتية النووية. في عام 2018، وقعت أكاديمية روساتوم تيك والوكالة الدولية للطاقة الذرية ومركز استجابة الطوارئ في روساتوم على اتفاقية تعاون لتقوية الكفاءات في السلامة النووية، وحماية الإشعاع، والاستجابة للطوارئ. كجزء من تلك الاتفاقية، أطلقنا مركزًا مشتركًا لتطوير الكفاءات.

في عام 2019، أصبحنا أول وأحد المراكز الوحيدة المتعاونة مع الوكالة الدولية للطاقة الذرية التي تقدم التدريب للمتخصصين النوويين العالميين عبر ثلاثة مجالات: الطاقة النووية، والأمن النووي، والتطبيقات غير الطاقوية للطاقة النووية. في أكتوبر 2024، تم تمديد وضع أكاديمية روساتوم تيك كمركز تعاوني، مع توسيع الشراكة مع الوكالة.

كل عام، تنظم أكاديمية روساتوم تيك والوكالة الدولية للطاقة الذرية مدارس لإدارة الطاقة النووية وإدارة المعرفة النووية. كما نقدم التدريب كجزء من مشروع INT2024، وهو مشروع للوكالة يركز على تطوير البنية التحتية النووية، وINT2023، الذي يدعم التقدم في تكنولوجيا المفاعلات الصغيرة المودولية (SMR).

– من أين يأتي المشاركون؟

– من جميع أنحاء العالم، وخاصة من آسيا وأفريقيا والشرق الأوسط. انضم إلينا مشاركون من كوبا والكويت للمرة الأولى في عام 2024، تلاهم ميانمار في عام 2025. تخطط هذه الدولة لبناء أربعة مفاعلات صغيرة مصممة بالطريقة الروسية. عادةً ما تأتي المجموعات الأكبر من البلدان التي تقوم روساتوم ببناء محطات طاقة نووية كبيرة فيها، مثل مصر وتركيا وبنغلاديش وبيلاروس.

– ما أنواع برامج التدريب المقدمة؟

– تنقسم برامجنا إلى أربع فئات رئيسية. أولاً، ننظم مدارس تُعطي المشاركين نظرة شاملة عن الصناعة النووية، بما في ذلك نماذج الحكم، والبنية التحتية، وتطوير الموارد البشرية. هذه المدرسة مناسبة بشكل أفضل للمهنيين الشباب والمديرين في بداية أو منتصف مسيرتهم المهنية الذين يرغبون في بناء رؤية استراتيجية للقطاع النووي.

تشمل الفئة الثانية الدورات الأكثر تركيزًا التي تتناول الموضوعات العملية وتعزز المعرفة الأساسية، لكنها لا تتعمق كثيرًا في الجانب الفني. هذه الدورات متاحة لعدد واسع من المشاركين من خلفيات مختلفة.

تتكون الفئة الثالثة من ورش العمل التي تركز على الممارسة للمهنيين المتمرسين الذين يتطلعون إلى التعمق في منطقة موضوع معينة. غالبًا ما تتضمن هذه البرامج حالات دراسية من العالم الحقيقي وتحث على تبادل الخبرات العملية بين الأقران.

وأخيرًا، هناك الزيارات العلمية، التي تم تصميمها لجماهير متقدمة وتخصيصها لتلبية الاحتياجات الخاصة للدول المشاركة. ما يميز جميع برامجنا هو تضمين جولات تقنية إلى المنشآت النووية ذات الصلة بموضوع البرنامج.

– ما الدورات التي تقام هذا العام؟

– هذا العام، نقدم مجموعة متنوعة من برامج التدريب التي تغطي كل شيء من اختيار المواقع للمنشآت النووية والدراسات الجدوى للمفاعلات الصغيرة المودولية إلى إدارة المعرفة، والعلاقات مع أصحاب المصلحة، والدورة المغلقة للوقود النووي، وإدارة النفايات المشعة، وصنع القرار الاستراتيجي، والحلول الرقمية لتكنولوجيا المفاعلات من الجيل الرابع.

على سبيل المثال، في مايو، استضفنا دورة مخصصة لعملية اختيار المواقع لمحطات الطاقة النووية، بما في ذلك المفاعلات الصغيرة المودولية. جمعت الدورة أكثر من 20 مشاركًا من 18 دولة مختلفة، من بينها أرمينيا والبرازيل وكازاخستان وسريلانكا وزامبيا. تحدث خبراء الوكالة الدولية للطاقة الذرية عن الدعم لبناء محطات الطاقة النووية وشاركوا خبراتهم من الدول الأعضاء، بينما قدم المشاركون رؤى من برامجهم النووية المحلية، مع تسليط الضوء على العقبات التي واجهتهم وكيف تعاملوا معها. كجزء من الدورة، زاروا أيضًا محطة كالينين للطاقة النووية.

– هل تُعقد الدورات حضوريًّا؟

– في الغالب، نعم. لكن عند الحاجة، نقدم أيضًا تنسيقات عن بُعد أو هجينة عبر مؤتمرات الفيديو.

– كيف يمكن للمرء التقدم؟

– فقط من خلال InTouch+، المنصة الرسمية للوكالة الدولية للطاقة الذرية. تنسق أكاديمية روساتوم تك والوكالة الدولية للطاقة الذرية كل شيء: المواضيع، التواريخ، التنسيقات، المناهج الدراسية، والمدربين، لضمان تقديم الدورات خبرات عملية حقيقية.

– هل تنتهي الدورات بامتحان؟

– برامجنا المشتركة مع الوكالة الدولية للطاقة الذرية لا تحتوي على امتحانات نهائية. يتلقى المشاركون شهادة إتمام بعد الدورة.

– تدير أكاديمية روساتوم تك أيضًا برامجها التدريبية الخاصة. ماذا تتضمن؟

– يدير مكتب مشروع نقل التعليم النووي لدينا دورات قصيرة المدى لتدريب المدربين مصممة لأساتذة الجامعات وطلاب الدراسات العليا من الخارج. نشارك كل من المعرفة التقنية ومنهجية التدريس، مما يساعد الجامعات الأجنبية على بناء برامجها الخاصة في التعليم النووي.

– ما الموضوعات التي تغطيها هذه الدورات؟

– تركز على تقنيات روساتوم الرئيسية للتصدير، بما في ذلك مفاعلات VVER-1200 الكبيرة ومفاعلات RITM-200 الصغيرة المودولية، بالإضافة إلى التطبيقات غير الطاقوية للطاقة النووية مثل الطب النووي، ومراكز الإشعاع متعددة الأغراض، والمفاعلات البحثية، والدورات. في السنوات الأخيرة، أضفنا التدريب على البنية التحتية النووية. بالإضافة إلى ذلك، قمنا بتجربة ناجحة لدورات تدريبية حول منشآت التخلص من النفايات المشعة والتخطيط الاستراتيجي للطاقة للدول الناشئة. نتطلع إلى توسيع نطاقنا ليتضمن تقنيات الطاقة المتجددة ونمذجة سيناريوهات إمدادات الطاقة، وتطوير دورة جديدة حول هيئات تنفيذ برامج الطاقة النووية(NEPIO)).

تُقدم دورات تدريب المدربين بجميع التنسيقات: حضوري، عبر الإنترنت، هجينة، وبأسلوب ذاتي. هذا العام، حضر المشاركون من أكثر من 40 دولة، بما في ذلك بلدان جديدة مثل الصومال ومالاوي.

– ما الموضوعات الأكثر طلبًا؟

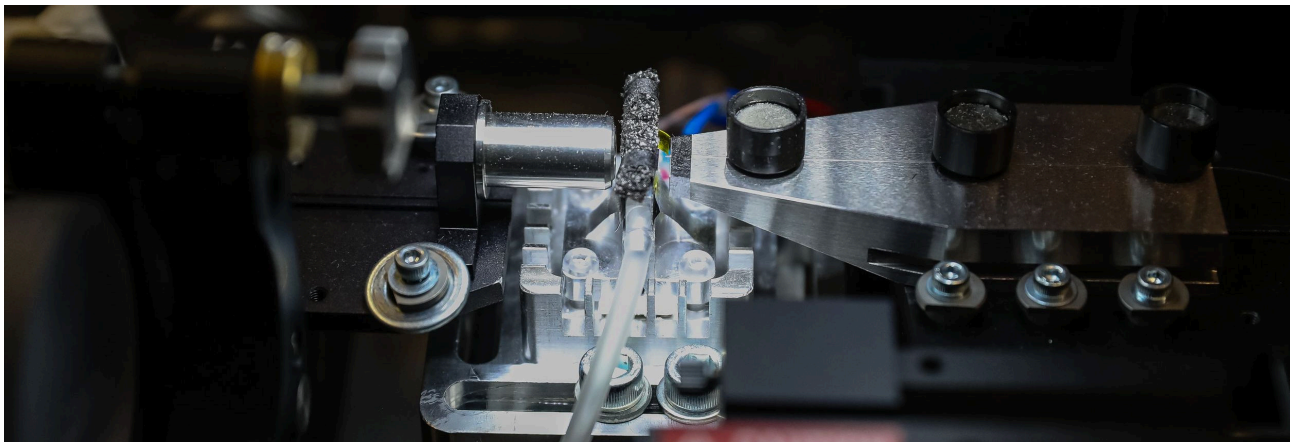
– تجذب الدورات حول المفاعلات البحثية، والمفاعلات الصغيرة المودولية، والطب النووي باستمرار أكبر اهتمام.

– كيف يتم تنظيم الدورات؟

– تُعقد الدورات عادة عند الطلب من عميل من القطاع. يفتح التسجيل عادةً قبل 2-3 أشهر. تستغرق معظم الدورات من 1-2 أسبوع؛ وقد تتطلب البرامج الأكثر تقدمًا اختبارات دخول. في النهاية، هناك تقييم نهائي، مع إمكانية إعادة المحاولة إذا لزم الأمر.

مرحبًا بمنتدى BRICS الكمي

سيقام منتدى دولي حول تقنيات الكم في روسيا عام 2026. وقد تم إدراج هذا الحدث رسميًا في تقويم أنشطة العلوم والتكنولوجيا والابتكار لدول البريكس. جاء هذا عقب القمة السابعة عشر لدول البريكس التي عقدت في ريو دي جانيرو في 6-7 يوليو، حيث عبرت الدول الأعضاء عن دعمها القوي لتطوير تقنيات الكم.



تم إدراج المنتدى الكمي في التقويم

لقد تم الآن إدراج المنتدى الدولي حول تقنيات الكم بشكل رسمي في تقويم أنشطة دول البريكس. تلعب شركة روساتوم، التي تتعاون مع المؤسسات الأكاديمية والجامعات والشركات الصناعية والشركات الناشئة، دورًا رئيسيًا في دفع حدود البحث في مجال الكم. بموجب اتفاقية أبرمت في عام 2020 مع الحكومة الروسية، تقود روساتوم جهود البلاد في مجال الحوسبة الكمية. اعتبارًا من عام 2026، ستشرف الشركة النووية الروسية أيضًا على تطوير أجهزة الاستشعار الكمومية. يوفر برنامج روساتوم الكمومي استمرارية البحث الأساسي مع التركيز على التطبيق العملي لتقنيات الكم عبر القطاع النووي وغيرها من الصناعات. جزء رئيسي من البرنامج هو توسيع التعليم الكمي.

تدعم روساتوم أيضًا التعاون العالمي في مجال الكم. قالت يكاترينا سولنتسيفا، مديرة تقنيات الكم في روساتوم: "مع الإمكانيات الكبيرة التي نملكها، نحن مدافعون قويون للوصول العادل والمفتوح إلى التقنيات المتقدمة لأن الهدف النهائي من التقدم العلمي والتكنولوجي هو تحسين جودة الحياة على مستوى العالم. لهذا السبب، ندعم بشدة إدراج تقنيات الكم في جدول أعمال البريكس ونرحب بفرص التعاون الدولي".

في التصريح الذي أعقب الاجتماع الثالث عشر لوزراء العلوم والتعليم في دول البريكس، الذي عقد بالتوازي مع قمة ريو، تم الاعتراف بتقنيات الكم كأولوية قصوى: "نحن نُقدّر بشدة الاقتراح البرازيلي للنظر في الذكاء الاصطناعي وتقنيات الكم والابتكار في الصناعة كأولويات لعام 2025، في سياق جديد لتقدم التقنيات الناشئة وعمليات إعادة التصنيع الوطنية". ومن الجدير بالذكر أن الأمم المتحدة قد أعلنت أن عام 2025 سيكون عامًا دوليًا للعلوم والتكنولوجيا الكمومية.

تطور الكم في روسيا

شهد البرنامج الوطني الروسي للكم زخمًا في عام 2020 مع توقيع عدة خرائط طريق تركز على تقنية الكم. نتجت واحدة منها، خريطة طريق الحوسبة الكمومية التي تنسقها روساتوم، عن إنشاء حواسيب كمومية فعالة على جميع المنصات الأربعة ذات الأولوية: جهاز إيقاف أيوني بـ 50 كيوبت، ونظام ذرات محايدة بـ 50 كيوبت، ومعالج ضوئي بـ 35 كيوبت، ونظام دائرة فائقة التوصيل بـ 16 كيوبت. كما طور الباحثون 34 خوارزمية كمومية تستهدف مجالات مثل تحسين الكم، والكيمياء الكمومية، والمحاكاة، وتحليل البيانات الكبيرة. تم إنشاء منصة سحابية محلية لتوفير الوصول عن بُعد إلى هذه المعالجات الكمومية في النهاية. سيتحول التركيز حتى عام 2030 نحو التطبيق العملي لتقنيات الكم عبر الصناعات، مع قيادة القطاع النووي.

يضع الباحثون الروس أهدافًا طموحة، حيث يقومون بتكبير سجلات الكم (زيادة عدد الكيوبتات)، وتحسين دقة التشغيل، وتصغير الأجهزة الكمومية. بحلول عام 2030، تهدف روسيا إلى إنتاج معالج كمومي بـ 300 كيوبت، والأهم من ذلك، البدء في حل مشاكل العالم الحقيقي. تشمل التطبيقات المحتملة مهام التحسين، واكتشاف مواد جديدة (بما في ذلك المركبات الصيدلانية)، والطب الشخصي، وعمليات اللوجستيات الأكثر كفاءة.

تقنيات الكم قيد الاختبار بالفعل في القطاع النووي. على سبيل المثال، تم استخدام خوارزميات مستوحاة من الكم لتحسين تخطيط الإنتاج على المدى الطويل وتسليم الوقود النووي، مما أدى إلى تحسين تخصيص الموارد وكفاءة الإنتاج لمشروع "برويف" (الاختراق)، وهو مبادرة روسيا لتطوير نظام نووي من الجيل الرابع.

قال أليكسي ليخاتشيوف، المدير العام لروساتوم، في حديثه خلال إفطار عمل بعنوان "اختراق الكم: من الاستثمار في البحث إلى المشاريع التجارية" في منتدى سانت بطرسبرغ الاقتصادي الدولي في يونيو 2025: "تتقدم روساتوم بحذر في تطبيق الحوسبة الكمومية في مجالات اللوجستيات والهندسة وعمليات الوقود النووي. وعندما يتعلق الأمر بمحطات الطاقة النووية من الجيل الرابع، نعتقد أن تقنيات الكم ليست فقط مفيدة، بل أساسية" .

التوازن العالمي

على مدار العقود القليلة الماضية، لم تتداخل أكبر الدول المستهلكة لليورانيوم كوقود لمحطات الطاقة النووية والدول المنتجة لليورانيوم إلا نادرًا. لكن الوضع بدأ يتحول تدريجيًا حيث بدأت الدول التي تمتلك محطات الطاقة النووية في اتخاذ خطوات لإطلاق أو استئناف أو توسيع عمليات التعدين المحلي لليورانيوم بشكل كبير، بينما تخطط الدول الغنية باليورانيوم لبناء محطات طاقة نووية خاصة بها. تشارك روساتوم في كلتا هاتين الاتجاهين، مما يدفع تقدم التكنولوجيا النووية على مستوى العالم.

تاريخيًا، كانت المناطق الرئيسية المنتجة لليورانيوم جغرافيًا مختلفة عن الدول المستهلكة الرئيسية. تقوم كازاخستان وأستراليا وناميبيا وأوزبكستان والنيجر بتصدير جميع اليورانيوم الذي تنتجه. على النقيض، تستورد الدول الأوروبية والولايات المتحدة جميع اليورانيوم الذي تحتاجه تقريبًا. تستورد جنوب إفريقيا والهند والصين جزءًا من إمدادات اليورانيوم المطلوبة. سعت روسيا – وإلى حد ما، الصين – إلى استراتيجية مختلفة، حيث أسست مشاريع تعدين اليورانيوم في دول أخرى. كانت الشراكة الأكثر نجاحًا واستدامة بالنسبة لروسيا هي مع كازاخستان.

في السنوات الأخيرة، شهد قطاع الطاقة النووية نهضة جديدة، ويبدأ الوضع الموصوف أعلاه في التغيير. تتجه كازاخستان وأوزبكستان وناميبيا نحو بناء محطاتها النووية الخاصة، بينما تخطط الولايات المتحدة والبرازيل والأرجنتين والسويد لتوسيع أساطيلها النووية، فضلاً عن إحياء الإنتاج المحلي لتركيز اليورانيوم الطبيعي.

كازاخستان

على مدى أكثر من 15 عامًا، كانت كازاخستان أكبر منتج لليورانيوم في العالم. في عام 2024، أنتجت البلاد 23270 طنًا متريًا من اليورانيوم، جزئيًا من خلال مشاريع مشتركة مع روساتوم. يتم تصدير جميع اليورانيوم الكازاخستاني حاليًا، حيث لا توجد لديها محطات نووية عاملة بعد إغلاق مفاعل محطة الطاقة النووية مانغستاو في عام 1999. لكن هذا على وشك التغيير. العام الماضي، أجرت كازاخستان استفتاءً ووافقت العامة على بناء قدرة نووية، مع عدة مفاعلات مخطط لها. ستُبنى أول محطة للطاقة النووية من قِبل اتحاد دولي تقوده روساتوم، الذي تم اختيار عرضه كأفضل خيار من قِبل اللجنة المشتركة لتنمية الصناعة النووية في كازاخستان. في منتدى سانت بطرسبرغ الاقتصادي الدولي (SPIEF) في يونيو، وقّع أليكسي ليخاتشيوف، المدير العام لروساتوم، وألمسادام ساتكالييف، رئيس الهيئة النووية في جمهورية كازاخستان، خريطة طريق تحدد الخطوات الأساسية لمشروع قدرة نووية كبير في البلاد. وقّعت محطة كازاخستان للطاقة النووية وقسم الهندسة في روساتوم اتفاقية إطار تحدد مبادئ التعاون الأساسية لمشروع البناء في منطقة زامبيل.

أعلى ثلاث دول من حيث إنتاج اليورانيوم (طن، بيانات 2022، WNA):

كازاخستان – 21227
كندا – 7351
ناميبيا – 5613

أوزبكستان

تعد أوزبكستان من بين كبار منتجي اليورانيوم في العالم. وفقًا لرابطة الطاقة النووية العالمية (WNA)، قدرت البلاد أنها أخرجت 3300 طن متري من اليورانيوم في عام 2022، ولكن لم يكن لديها أبدًا محطات طاقة نووية. تدخل أوزبكستان عصر الطاقة النووية بمفاعلات صغيرة متوسطة مصممة في روسيا. في عام 2024، وقعت روساتوم عقدًا مع حكومة البلاد لبناء ست وحدات طاقة مزودة بمفاعلات RITM-200 بقدرة 55 ميغاوات، مع جدول دخول أول وحدة حيز التشغيل في عام 2029. هذا هو أول عقد تصدير في العالم لبناء محطة طاقة نووية صغيرة. تجري الآن الاستعدادات في منطقة جيزاخ بأوزبكستان، بينما بدأت روسيا في تصنيع أول مفاعل للمحطة. أيضًا في SPIEF، وقعت روساتوم والوكالة لتطوير الطاقة النووية تحت مجلس وزراء أوزبكستان اتفاقية لدراسة الجدوى لبناء وحدتين (قد تكون أربع وحدات محتملة) بقدرة 1 غيغاوات من مفاعلات VVER-1000 في أوزبكستان.

ناميبيا

أنتجت البلاد 8283 طنًا متريًا من اليورانيوم في عام 2023، وفقًا لمعهد اليورانيوم الناميبي. قد تكون مشروع "أجنحة" من روساتوم بمثابة محرك للتغيير، حيث يمكن أن تفتح منطقة جديدة لاستخراج اليورانيوم وتعزز التنمية الاقتصادية في شرق ناميبيا. بالإضافة إلى ذلك، نوت ناميبيا البدء في مناقشات حول بناء محطة طاقة نووية. وقد أعلن الرئيس نيتومبو ناندي-ندیتواه: "بينما لا أستطيع أن أقول متى سيكون لناميبيا محطة طاقة نووية، يمكنني أن أؤكد أن المناقشات ستبدأ بالتأكيد خلال هذه السنة المالية". توليد الطاقة المحلي هو هدف حاسم حيث تعتمد ناميبيا على استيراد الكهرباء من جنوب إفريقيا، والتي غالبًا ما تكون غير مستقرة. شددت الرئيسة ناندي-ندیتواه على ضرورة استغلال الإمكانات المعدنية للبلاد بالكامل، حيث قالت: "لا يجب علينا تصدير المعادن فقط، بل ينبغي معالجتها هنا. يجب علينا أن ندعي مكانتنا في سلسلة القيمة".

روساتوم مستعدة لدعم هذه الخطط. قال رايان كولير، الرئيس التنفيذي لروساتوم في إفريقيا الوسطى والجنوبية، في حديثه في الخريف الماضي في المؤتمر الثاني للعلوم والتكنولوجيا النووية في ناميبيا: "يمكن للطاقة النووية أن تضع أساسًا قويًا لأنظمة الطاقة المستدامة في البلدان الأفريقية. لقد طورت روساتوم مجموعة واسعة من الحلول لتحقيق هذا الهدف. [...] نحن سعداء بأن ناميبيا تستكشف إمكانيات الطاقة النووية. قد يجعل هذا القرار البلاد لاعبًا رئيسيًا في الطاقة في القارة الأفريقية".

أعلى ثلاث دول من حيث القدرة النووية المثبتة (غيغاوات، بيانات الوكالة الدولية للطاقة الذرية، 2025):

الولايات المتحدة – 96.95
فرنسا – 63
الصين – 55.32

البرازيل

تشغل البرازيل حاليًا مفاعلين في محطة أنغرا للطاقة النووية بسعة إجمالية تبلغ 1.88 غيغاوات. البلاد تستكشف خيارات لتوسيع أسطولها النووي وزيادة إنتاج اليورانيوم، وتتضمن خطط تنفيذ هذه المشاريع التعاون مع روساتوم. في مايو الماضي، قال الرئيس البرازيلي لويز إيناسيو لولا دا سيلفا خلال اجتماع مع الرئيس الروسي فلاديمير بوتين إن البرازيل مهتمة بالتعاون مع روسيا في بناء مفاعلات صغيرة متوسطة. علاوة على ذلك، تتحدث الحكومة البرازيلية وروساتوم عن مشاريع مشتركة لتعدين اليورانيوم والليثيوم في البلاد.

السويد

لم تقم السويد بتعدين اليورانيوم منذ 15 عامًا على الأقل، وقد أوقف حظر في عام 2018 الإنتاج تمامًا. ولكن العام الماضي، أصدرت الحكومة السويدية تقريرًا بعد مراجعة شاملة تعد برفع الحظر عن التعدين. من المتوقع تقديم مشروع قانون مماثل للبرلمان الوطني قبل 1 يناير 2026. الشركات الأجنبية الاستكشافية التي لديها مشاريع في السويد تضغط بشدة من أجل هذه الخطوة. تشغل السويد حاليًا ستة مفاعلات نووية بسعة إجمالية تبلغ 7 غيغاوات. وقد أعلنت الحكومة أن 2.5 غيغاوات من الطاقة النووية الجديدة يجب أن تُبنى بحلول عام 2035. يتوقع بناء ما بين أربع إلى عشر وحدات جديدة (القرار النهائي قيد الانتظار) على مدار العقد المقبل.

الأرجنتين

تشغل الأرجنتين حاليًا ثلاثة مفاعلات في مصنعين، اثنان في أتوخا وواحد في إيمبلس، بسعة إجمالية تبلغ 1.64 غيغاوات. في ديسمبر 2024، قدمت الحكومة الوطنية استراتيجيتها لتطوير الطاقة النووية. يشمل خطة الأرجنتين النووية بناء مفاعل صغير مصمم محليًا في موقع أتوخا، وتحديث البنية التحتية النووية، وإحياء تعدين اليورانيوم في البلاد. وفقًا للرابطة العالمية للطاقة النووية، لم تنتج الأرجنتين اليورانيوم على مدى السنوات الاثني عشر الماضية. جذبت خطة الطاقة النووية انتباه الرئيس الفرنسي إيمانويل ماكرون. وفي مؤتمر الأمم المتحدة للمحيطات في نيس في يونيو، اتفق مع الرئيس الأرجنتيني خافيير ميلي على التعاون في تنفيذ خطة الطاقة النووية ووقع مذكرة تفاهم بشأن التعاون في تطوير ما يُعرف بالمعادن "الحرجة"، بما في ذلك اليورانيوم.

الولايات المتحدة

في مايو 2025، وقع الرئيس الأمريكي دونالد ترامب أربعة أوامر تنفيذية تهدف إلى توسيع قدرة الطاقة النووية في البلاد من ما يقرب من 97 غيغاوات اليوم إلى 400 غيغاوات بحلول عام 2050. الهدف لعام 2030 هو إضافة 5 غيغاوات من خلال ترقية الوحدات الحالية والبدء في بناء 10 مفاعلات جديدة كبيرة. يُشدد أحد الأوامر على تطوير خطة لتوسيع قدرة تحويل اليورانيوم وتخصيبه بما يكفي لتلبية الطلب الأمريكي على اليورانيوم منخفض ومتوسط وعالي التخصيب. يُحدد أمر آخر الهدف في جعل الشركات النووية الأمريكية شركاء مفضلين، مستهدفًا ما لا يقل عن 20 اتفاقية جديدة من نوع 123 كأساس لمزيد من التعاون النووي الدولي. تسعى الولايات المتحدة أيضًا لزيادة إنتاج اليورانيوم المحلي. حتى الآن، كان التقدم محدودًا. وفقًا لتقرير إدارة معلومات الطاقة للربع الأول من عام 2025، انخفض إنتاج اليورانيوم الذي كان بالفعل ضعيفًا إلى 310,533 رطلاً من U3O8 (أقل من 120 طنًا متريًا)، أي أقل بحوالي 65,000 رطل (25 طنًا متريًا) مقارنةً بالربع الرابع من عام 2024.

روسيا

تُعتبر روساتوم رائدة عالمية في مجال الطاقة النووية، حيث تعمل في أكثر من 60 دولة. تشمل المحفظة الخارجية لشركة البناء النووي 33 وحدة مفاعل كبيرة في 10 دول، بالإضافة إلى أول مشروع تصدير في العالم لبناء ست مفاعلات صغيرة متوسطة في أوزبكستان. تقدم روسيا المساعدة للدول الصديقة في جميع أنحاء العالم في تطوير كل من تعدين اليورانيوم وتوليد الطاقة النووية، بينما توسع أسطولها من المفاعلات وإنتاج اليورانيوم. يقدم مخطط موقع محطات الطاقة الوطنية لدينا لإنشاء 38 مفاعل جديد من مختلف القدرات بحلول عام 2042. من المتوقع أن تزيد القدرة المثبتة الإجمالية بمقدار 18.9 غيغاوات من 26.8 غيغاوات الحالية، وستزداد حصة الطاقة النووية في مزيج الطاقة في البلاد إلى 25%. تتضمن الخطط أيضًا زيادة إنتاج

اليورانيوم من المناجم المحلية.

39 مفاعلًا

مجموعة روساتوم الدولية من طلبات البناء النووي

بعض النقاط الرئيسية

نظرًا للانخفاض المزمن في الاستثمار في كل من قطاعي الطاقة النووية واليورانيوم، فإنه من الصعب التنبؤ بدقة بأي خطط ستتحقق وبأي سرعة. ومع ذلك، فإن الاتجاه واضح: الحكومات ومشغلو محطات الطاقة النووية وشركات اليورانيوم يتسابقون لتأمين سلسلة الإمداد من الخام إلى المفاعل، مع هدف بناء أي روابط مفقودة في دورة الوقود النووي محليًا حيثما أمكن.

بشكل أوسع، يسعون لتحقيق التكامل الرأسي الكامل في بلدهم. وبناء محطات الطاقة النووية بالتوازي مع استخراج اليورانيوم هو الخيار الأكثر وضوحًا وفعالية من حيث التكلفة وقابلية التنفيذ من الناحية التكنولوجية.

لا تتم مناقشة استراتيجية الصين بشكل منفصل هنا، حيث تظل متسقة: تقوم البلاد ببناء مفاعلات جديدة بشكل ثابت وتؤمن إمدادات اليورانيوم بنشاط، بما في ذلك من خلال الموارد المحلية.

لا تهدف هذه المقالة إلى تحقيق توازن بين الطلب المتوقع والاستهلاك، خاصة على مدى جداول زمنية محددة. ومع ذلك، من الواضح أن كازاخستان وأوزبكستان تعطي الأولوية للاكتفاء الذاتي، حيث تخطط لبناء محطاتها النووية الخاصة. ومن المحتمل أن ينطبق الأمر نفسه على ناميبيا والبرازيل والأرجنتين، وأي دولة تعمل في إنتاج اليورانيوم وتشغيل محطات نووية. وهذا يعني أن إنتاجهم من اليورانيوم لن يكون متاحًا للمشترين الآخرين. ومع ذلك، ليست هذه هي نوع المخاطر التي يسلط محللو الاستثمار الضوء عليها غالبًا لإثارة المخاوف من نقص وشيك في اليورانيوم يتحرك بشكل متزايد بعيدًا عن التجارة الفورية، حيث تتحول المعاملات الحقيقية نحو عقود طويلة الأجل. منذ يوليو 2024، ظل سعر العقود الطويلة الأجل مستقرًا عند حوالي 80 دولارًا أمريكيًا لكل رطل من U3O8، دون الالتفات إلى التقلبات في السعر الفوري. تشمل العقود طويلة الأجل كميات كبيرة من الإمدادات وآفاق تخطيط ممتدة. وتتطلب حلولاً متسقة واستثمارًا مستمرًا في رواسب جديدة، وعمليات تعدين موثوقة، وإغلاق دورة الوقود النووي من خلال معالجة الوقود المستهلك واستخدام اليورانيوم المنضب. تضمن هذه التدابير مجتمعة التشغيل طويل الأجل للطاقة النووية. وهذا بالضبط ما تفعله روساتوم وروسيا ككل. لهذا السبب، الشراكة مع روساتوم تعني الموثوقية.

“تحتاج الطاقة النووية إلى أفراد واعين عالميًا”

خالد رمضان من مصر هو طالب دراسات عليا في جامعة تومسك البوليتكنيكية وشارك في برنامج سفراء التعليم النووي الروسي. في هذه المقابلة، يشارك سبب اختياره الدراسة في روسيا، وكيف تغلب على حاجز اللغة، وما هي التخصصات التي تحتاجها صناعة الطاقة النووية الناشئة في مصر.

هل يمكنك أن تخبرنا باختصار عن نفسك؟

اسمي خالد رمضان. أنا مصري ولدت في السعودية. قضيت سنواتي الأولى هناك ثم انتقلت إلى مصر. حصلت على التعليم العالي في روسيا، حيث حصلت أولاً على درجة متخصص في تصميم وتشغيل وهندسة محطات الطاقة النووية، ثم درجة الماجستير مع مرتبة الشرف من جامعة تومسك البوليتكنيكية. أنا الآن أسعى للحصول على درجة الدكتوراه في نفس التخصص.

لماذا اخترت هذا المجال المهني؟

أعتقد أن الطاقة النووية هي مستقبل الطاقة العالمية. تنتج المحطات النووية طاقة نظيفة وموثوقة تحتاجها البشرية بشدة. بالإضافة إلى ذلك، فإن القطاع النووي لا يقتصر على إنتاج الطاقة فقط بل يمتد أيضاً إلى الطب والزراعة والهندسة والعديد من المجالات الأخرى. أنا فخور ببناء مسيرتي المهنية في هذا المجال.

ما الذي يعجبك أكثر في مهنتك المستقبلية؟

أستمتع بالطبيعة متعددة التخصصات للهندسة النووية، فهي تتطلب معرفة في الديناميكا الحرارية وعلوم المواد وبروتوكولات السلامة والأدوات الرقمية. أنا مهتم بشكل خاص بحل المشكلات الهندسية وتصميم الأنظمة. يتطلب النجاح في هذا المجال الدقة والمسؤولية والكفاءة الفنية والقدرة على التعامل المستمر مع التقنيات واللوائح المتطورة.

في رأيك، ما هي مزايا التعليم الروسي؟

يعتبر التعليم النووي الروسي ذا قيمة عالية في جميع أنحاء العالم بفضل عمقه الفني وتوجهه العملي. تعتبر روسيا رائدة عالمية في هذا المجال، ومؤسسات التعليم العالي مثل جامعة تومسك الحكومية تقدم تعليماً على مستوى عالمي وإمكانية الوصول إلى أحدث التقنيات.

في البداية، جاء قراري بالدراسة في روسيا من خلال برنامج مشترك بين الجامعة المصرية الروسية و جامعة تومسك الحكومية، والتي حصلت بموجبها على درجة متخصص. على الرغم من عدم عمل أي شخص في عائلتي في القطاع النووي، إلا أنهم كانوا داعمين جداً وفخورين بقراري بمجرد أن شرحت شغفي وأهدافي. بعد الوصول إلى روسيا وتجربة نظام التعليم والتدريب العملي والبيئة الأكاديمية بنفسي، اتخذت قراراً بالاستمرار في الحصول على درجة الماجستير ثم الدكتوراه. أنا ممتن لكلتا الجامعتين لوضعي على هذا المسار.

هل كان من الصعب الالتحاق بالجامعة الروسية؟

نعم، تتطلب عملية القبول خلفية أكاديمية قوية، ولكن بمجرد أن تكون لديك المستوى الكافي من المعرفة، يصبح الهدف قابلاً للتحقيق.

– كيف تسير تدريباتك؟

أنا حاليًا طالب دكتوراه في الهندسة الكهربائية والتكنولوجيا في جامعة تومسك. لقد أكملت ثلاث دورات تدريبية عملية:
– في مفاعل الأبحاث النووي للجامعة
– في مركز تدريب روساتوم في فولغودونسك، حيث درست تشخيص المعدات وأنظمة العمل، وتدربت على جهاز محاكاة كامل النطاق
– في معهد أوبنينسك للهندسة النووية، حيث درست الإشعاع المؤين، والجرعات الفعالة، والمواد الهوائية، وترشيح الهواء.

على الرغم من أن بعض الموضوعات مثل فيزياء المفاعلات والنقل النيوتروني أكثر تحديًا، أستمتع بالديناميكا الحرارية، والمحاكاة بالحاسوب (ANSYS وMATLAB)، وهندسة الأنظمة.

– كيف هي حياتك في روسيا؟ هل كان من الصعب اتقان اللغة الروسية؟

كان تعلم اللغة الروسية أحد أكثر الجوانب صعوبة في حياتي في روسيا. كانت لغة التعليمات في الغالب هي اللغة الإنجليزية ولكنك ما زلت بحاجة للروسية للتواصل اليومي. اللغة الروسية جميلة لكنها لغى معمقة نحوية.

تفاجأت بمدى كرم الروس، حيث هم مستعدون دائمًا لتقديم المساعدة. لقد تأثرت كثيرًا بعيد النصر الذي يُحتفل به في 9 مايو. إنه أحد أهم العطلات الوطنية في روسيا، ويكرم الشجاعة والتضحية لأولئك الذين قاتلوا.

– أين تخطط للعمل بعد التخرج؟

أولاً، أود أن أواصل مسيرتي البحثية والأكاديمية، وأصبح أستاذًا في النهاية. أستمتع بمشاركة المعرفة، وتوجيه الطلاب، والمساهمة في التقدم العلمي في الصناعة النووية. ثانيًا، أود أن أطبق مهاراتي الفنية والعملية في بيئة حقيقية، مثلاً مع روساتوم أو في مشاريع للتعاون الدولي. على المدى الطويل، آمل أن أساهم في نمو البنية التحتية للطاقة النووية في الشرق الأوسط، حيث تبدأ البلدان رحلتها في تطوير الطاقة النووية.

– ما هي آفاق تطوير الصناعة النووية في بلدك؟

تقوم روساتوم ببناء أول محطة طاقة نووية في مصر في الضبعة. أعتقد أن مصر لديها آفاق قوية لتطوير الصناعة النووية. يمكن أن توفر الطاقة النووية إمدادات طاقة طويلة الأمد منخفضة الكربون، وتدعم النمو الصناعي، وتعزز استقلالية البلاد في مجال الطاقة.

في الوقت الحالي، تعاني مصر من نقص في الخبراء في مجالات مثل تشغيل المفاعل، وهندسة السلامة، والديناميكا الحرارية. هناك أيضًا حاجة إلى متخصصين مدربين في التشخيص الرقمي وتكليف المصنع، وهو أمر ضروري خاصةً في الفترة السابقة لتسليم أول محطة طاقة نووية في مصر.

– ما النصيحة التي يمكنك تقديمها للشباب الذين يرغبون في اتباع خطاك؟

آمن بمهمتك، وكن فضوليًا، وكن مثابرًا. يُعتبر المجال النووي مجالًا مَطالبًا، لكنه يكافئ الالتزام، والمرونة، والرغبة الحقيقية في النمو. لا تخف من البدء من جديد، سواء كان ذلك في تعلم لغة جديدة، أو التأقلم مع ثقافة جديدة، أو الغوص في مواضيع علمية معقدة. تشكل هذه التحديات شخصك كمهني وكفرد عالمي الفكر.

شارك في المشاريع الدولية، مثل برنامج سفراء التعليم النووي الروسي (RNEA) الذي أفتخر كوني جزءًا منه. تُساهم هذه المبادرة في تعزيز الوعي والتعليم النووي عبر الحدود، وتربط الطلاب مع خبراء نوويين عالميين، وتشجع التبادل الثقافي والعلمي. تساعد برامج مثل RNEA على تطوير القيادة، ومهارات التحدث العام، والتواصل عبر الثقافات – وهي صفات أساسية لتصبح محترفًا مطلوبًا في صناعة الطاقة النووية اليوم.