IAEA BULLETIN

مجلة الوكالة الدولية للطاقة الذرّية

منشور الوكالة الرئيسي | حزيران/يونيه ٢٠١٨

للاطّلاع على النسخة الإلكترونية
www.iaea.org/bulletin

اليورانيوم

من الاستكشاف إلى الاستصلاح

بين الصعود والهبوط: اقتصاديات تعدين اليورانيوم، ص. ٤

الوكالة تزيح الستار عن خريطة فريدة من نوعها لليورانيوم في العالم، ص. ١٢

خطة رئيسية استراتيجية جديدة لتنسيق استصلاح مواقع إنتاج اليورانيوم الموروثة في آسيا الوسطى، ص. ٢٠

انظر أيضًا: أخبار الوكالة

IAEA
الوكالة الدولية للطاقة الذرّية
تسخير الذرّة من أجل السلام والتنمية

مجلة الوكالة الدولية للطاقة الذرِّية

يصدرها مكتب الإعلام العام والاتصالات
الوكالة الدولية للطاقة الذرِّية
العنوان:

International Atomic Energy Agency
PO Box 100, 1400 Vienna, Austria
الهاتف: ٠-٢٦٠٠ (١-٤٣)
iaeabulletin@iaea.org

المحرِّر: ميكلوس غاسبر
مديرة التحرير: لورا غيل
التصميم والإنتاج: ريتو كين

مجلة الوكالة متاحة على الموقع التالي:
www.iaea.org/bulletin

يمكن استخدام مقتطفات من مواد الوكالة التي تتضمَّنها مجلة الوكالة في مواضع أخرى بِحُرِّية، شريطة الإشارة إلى المصدر. وإذا كان مبيَّناً أنَّ الكاتب من غير موظفي الوكالة، فيجب الحصول منه أو من المنظمة المصدِرة على إذن بإعادة النشر، ما لم يكن ذلك لأغراض العرض.

ووجهات النظر المُعرَب عنها في أيِّ مقالة موقَّعة واردة في مجلة الوكالة لا تُمثِّل بالضرورة وجهة نظر الوكالة الدولية للطاقة الذرِّية، ولا تتحمَّل الوكالة أيَّ مسؤولية عنها.

الغلاف: شركة أورانو

تابعونا على

IAEA

تكمن مهمة الوكالة الدولية للطاقة الذرِّية في منع انتشار الأسلحة النووية ومساعدة كلِّ البلدان، لا سيَّما في العالم النامي، على الاستفادة من استخدام العلوم والتكنولوجيا النووية استخداماً سلميًّا ومأموناً وآمناً.

وقد تأسَّست الوكالةُ بصفتها منظمةً مستقلَّةً في إطار الأمم المتحدة في عام ١٩٥٧، وهي المنظمة الوحيدة ضمن منظومة الأمم المتحدة التي تملك الخبرة في مجال التكنولوجيات النووية. وتساعد مختبراتُ الوكالة المتخصِّصة الفريدة من نوعها على نقل المعارف والخبرات إلى الدول الأعضاء في الوكالة في مجالات مثل الصحة البشرية والأغذية والمياه والصناعة والبيئة.

وتقوم الوكالةُ كذلك بدور المنصَّة العالمية لتعزيز الأمن النووي. وقد أسَّست الوكالةُ سلسلةَ الأمن النووي الخاصة بالمنشورات الإرشادية المتوافق عليها دوليًّا بشأن الأمن النووي. كما تركِّز أنشطةُ الوكالة على تقديم المساعدة للتقليل إلى الحدِّ الأدنى من مخاطر وقوع المواد النووية وغيرها من المواد المشعَّة في أيدي الإرهابيين والمجرمين، أو خطر تعرُّض المرافق النووية لأعمال كيدية.

وتوفِّر معاييرُ الأمان الصادرة عن الوكالة نظاماً لمبادئ الأمان الأساسية، وتجسِّد توافقاً دوليًّا في الآراء حول ما يشكِّل مستوى عالياً من الأمان لحماية الناس والبيئة من التأثيرات الضارَّة للإشعاعات المؤيِّنة. وقد وُضِعت معاييرُ الأمان الخاصة بالوكالة لتطبيقها في جميع أنواع المرافق والأنشطة النووية التي تُستخدَم للأغراض السلمية، وكذلك لتطبيقها في الإجراءات الوقائية الرامية إلى تقليص المخاطر الإشعاعية القائمة.

وتتحقَّق الوكالةُ أيضاً، من خلال نظامها التفتيشي، من امتثال الدول الأعضاء للالتزامات التي قطعتها على نفسها بموجب معاهدة عدم انتشار الأسلحة النووية وغيرها من اتفاقات عدم الانتشار، والمتمثِّلة في عدم استخدام المواد والمرافق النووية إلاَّ للأغراض السلمية.

ولعمل الوكالة جوانب متعدِّدة، وتشارك فيه طائفة واسعة ومتنوِّعة من الشركاء على الصعيد الوطني والإقليمي والدولي. وتُحدَّد برامجُ الوكالة وميزانياتها من خلال مقرَّرات جهازَيْ تقرير سياسات الوكالة — أيْ مجلس المحافظين المؤلَّف من ٣٥ عضواً والمؤتمر العام الذي يضمُّ جميع الدول الأعضاء.

ويوجد المقرُّ الرئيسي للوكالة في مركز فيينا الدولي. كما توجد مكاتب ميدانية ومكاتب اتصال في جنيف ونيويورك وطوكيو وتورونتو. وتدير الوكالةُ مختبراتٍ علميةً في كلٍّ من موناكو وزايبرسدورف وفيينا. وعلاوةً على ذلك، تدعم الوكالةُ مركز عبد السلام الدولي للفيزياء النظرية في تريبستي بإيطاليا وتوفِّر له التمويلَ اللازم.

ضمان إمدادات مأمونة وآمنة ومستدامة من اليورانيوم

بقلم يوكيا أمانو، المدير العام للوكالة الدولية للطاقة الذرِّية

اليورانيوم هو الوقود الرئيسي المستخدم في القوى النووية، وهي تكنولوجيا منخفضة الكربون لها أهمية محورية في توليد الكهرباء. وفي الوقت الحاضر، هناك ٤٥١ من مفاعلات القوى النووية العاملة في ٣٠ بلداً، وتولِّد هذه المفاعلات ١١٪ من كهرباء العالم. ومن المرجَّح أن تزيد القدرة العالمية على توليد القوى النووية بحلول عام ٢٠٥٠، وفقاً لتوقعات الوكالة، بيد أنَّه لا يزال من غير الواضح ما إذا كان حجم هذه الزيادة سيكون متواضعاً أم كبيراً.

وتشير التقديرات إلى أنَّ العالم سيكون لديه ما يكفي من اليورانيوم لعقود مقبلة. ولكن من المهم أن يجري تعدين اليورانيوم وإنتاجه والتصرُّف فيه بطريقة مستدامة لتلافي وقوع عجز في الكميات المتاحة. وهناك أجيال جديدة من مفاعلات القوى النووية تتطلَّب — بحسب التكنولوجيا المستخدمة — كمية أقل من اليورانيوم، بما في ذلك المفاعلات الصغيرة والمتوسطة الحجم أو النمطية، وسيكون لهذه الأجيال الجديدة دور محوري في الإدارة المستدامة لهذا المورد الحيوي الأهمية.

ولكلِّ بلدٍ أن يقرِّر ما إذا كان سوف ينخرط في استخدام القوى النووية أو تعدين اليورانيوم أم لن يفعل ذلك. ولا تحاول الوكالة أن تؤثِّر في القرار الذي تتَّخذه البلدان في هذا الصدد. ولكن إذا اختارت البلدان الأخذ بالقوى النووية أو قرَّرت استكشاف إمكانية إنتاج اليورانيوم، فإنَّ وظيفتنا هي أن نساعدها على أن تفعل ذلك على نحو مأمون وآمن ومستدام. والأمان والأمن النوويان هما أيضاً من المسؤوليات النووية؛ ووظيفة الوكالة هي أن تجمع بين البلدان حتى تتفق على المعايير الدولية وتتعلَّم من تجارب بعضها. ومن خلال ما نقدِّمه من الخدمات الاستشارية والبعثات ومشورة الخبراء، نساعد السلطات الوطنية على ضمان أن يكون التعامل مع اليورانيوم مأموناً وآمناً طوال دورة عمره بجميع مراحلها.

ويناقش هذا العدد من مجلة الوكالة حالة هذا القطاع الصناعي في الوقت الحاضر ومستقبله المحتمل. وهو يوضِّح المساعدة التي تقدِّمها الوكالة إلى البلدان في مجال تعدين اليورانيوم وتجهيزه واستصلاح المناجم. كما يقدِّم لمحةً عامةً عن اقتصاديات إنتاج اليورانيوم (الصفحة ٤) ويتضمَّن دراسة حالة بشأن وضع مشروع لتعدين اليورانيوم في تنزانيا من نقطة الصفر (الصفحة ٦). ويمكنكم أيضاً التعرُّف على الكيفية التي يجري بها تطبيق نهج المعالم المرحلية البارزة الخاص بالوكالة — وهو منهجية تسترشد بها البلدان والمنظمات في العمل بطريقة منتظمة من أجل الأخذ بالقوى النووية — في مجال إنتاج اليورانيوم (الصفحة ١٠).

ويمكنكم الاطلاع على تفاصيل خريطة فريدة من نوعها لمستودعات اليورانيوم أطلقتها الوكالة مؤخراً (الصفحة ١٢). ويوضِّح خبراء الضمانات بالوكالة جانباً غير معروفٍ جيِّداً من جوانب عملهم في مجال التحقُّق النووي، ألا وهو: تطبيق الضمانات على مناجم اليورانيوم (الصفحة ١٤). ويسلِّط خبيران في مجال النقل من أستراليا وملاوي الضوء على أهمية ضمان الأمان والأمن في نقل اليورانيوم (الصفحة ١٨). ونورد في هذا العدد من مجلة الوكالة تقديماً للخطة الرئيسية الاستراتيجية التي نشرناها مؤخراً، والتي تضع الإطار الخاص باستصلاح مواقع تعدين اليورانيوم السابقة في آسيا الوسطى (الصفحة ٢٠). ويقدِّم هذا العدد أيضاً عرضاً لصخرة أوكلو التي يبلغ عمرها ملياري عام، وهي المفاعل النووي الطبيعي الوحيد المعروف في العالم (الصفحة ٢٦)، كما يتضمَّن العددُ لمحةً عامةً مدروسةً عن مستقبل اليورانيوم (الصفحة ٢٤).

وتجمع «الندوة الدولية عن مادة اليورانيوم الخام المستخدمة في دورة الوقود النووي: المسائل المتصلة بالاستكشاف والتعدين والإنتاج والعرض والطلب والاقتصاديات والبيئة» بين الخبراء والأطراف المهتمة من العديد من المجالات بهدف مناقشة آخر ما توصَّلت إليه البحوث والقضايا الراهنة المتعلقة بجميع جوانب المرحلة الاستهلالية من دورة الوقود النووي.

وآمل أنَّ هذا العدد من مجلة الوكالة سيقدِّم للقراء رؤيةً متعمِّقةً عن هذا المجال من عمل الوكالة، والذي يظلُّ مبهراً ومهمًّا رغم كونه غير معروفٍ جيِّداً كغيره من المجالات.

"من خلال ما نقدِّمه من الخدمات الاستشارية والبعثات ومشورة الخبراء، نساعد السلطات الوطنية على ضمان أن يكون التعامل مع اليورانيوم مأموناً وآمناً طوال دورة عمره بجميع مراحلها."

— يوكيا أمانو،
المدير العام للوكالة الدولية
للطاقة الذرِّية

(الصورة من: كونليث برادي/الوكالة الدولية للطاقة الذرية)

(الصورة من: كونليث برادي/الوكالة الدولية للطاقة الذرية)

(الصورة من: روزاتوم)

تصدير

١ ضمان إمدادات مأمونة وآمنة ومستدامة من اليورانيوم

٤ بين الصعود والهبوط: اقتصاديات تعدين اليورانيوم

٦ بعد مضي خمس سنوات، التقدُّم الذي أحرزته تنزانيا في استكشاف اليورانيوم

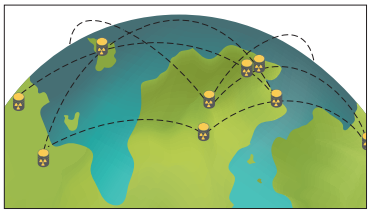
٨ شرح عملية تعدين اليورانيوم

١٠ بعد تجربته واختباره: نهج المعالم المرحلية البارزة الخاص بالوكالة يُطبَّق الآن في مجال إنتاج اليورانيوم

١٢ الوكالة تزيح الستار عن خريطة فريدة لليورانيوم في العالم

١٤ ضمانات الوكالة المطبقة في مناجم اليورانيوم تقدِّم صورة أكثر اكتمالاً للأنشطة النووية التي تضطلع بها البلدان

١٦ مراحل تعدين اليورانيوم



١٨ ضمان المرور المأمون والآمن للموارد الطبيعية ذات الأهمية الحيوية في قطاع الصناعة النووية

٢٠ خطة رئيسية استراتيجية جديدة لتنسيق استصلاح مواقع إنتاج اليورانيوم الموروثة في آسيا الوسطى

٢٣ نضُّ اليورانيوم: كيف تُصنع الكعكة الصفراء

٢٤ مستقبل اليورانيوم كمصدر مستدام للطاقة

٢٦ تعرَّفوا على أوكلو: المفاعل النووي الطبيعي الوحيد المعروف على وجه الأرض والذي يبلغ من العمر ملياري عام

رؤية عالمية

٢٨ نظرة متعمِّقة على إنتاج اليورانيوم: الحالة الراهنة والآفاق والتحديات
– بقلم ألكساندر بويتسوف

تحديثات الوكالة

٣٠ الوكالة تتوسَّع في بناء القدرات لمكافحة سرطان الأطفال

٣٠ تطبيق حاسوبي للعبة عبر الإنترنت يفوز بمسابقة الوكالة للطلاب

٣١ الوكالة تطلق مركزاً لبناء القدرات في مجال الطاقة النووية

٣٢ المنشورات

بين الصعود والهبوط: اقتصاديات تعدين اليورانيوم

بقلم ميكلوس غاسبر ونُوَا مايهيو

> "غالباً ما تكون فترات الذروة في أسعار اليورانيوم قصيرة، في حين قد تستمر الأسعار المتدنية لعدَّة عقود."
>
> — بريت مولدوفان، أخصائي إنتاج اليورانيوم، الوكالة الدولية للطاقة الذرية

يقول عدَّة مسؤولين تنفيذيين في مجال الصناعة إنَّ تعدين اليورانيوم يشبه تعدين أيٍّ من المعادن الأساسية الأخرى من حيث أنشطة استكشافه وترخيصه وأعمال الحفر ثمَّ إغلاق المنجم في نهاية عمره الإنتاجي. ولكن عند التفكير في الوقاية من الإشعاعات، والتصرُّف الطويل الأجل في النفايات المشعة، وإحجام الجمهور عن دعم تعدين اليورانيوم في بعض بلدان العالم، يبدو واضحاً أنَّ تحديات هذه الصناعة أكثر تعقيداً مما عليه الحال فيما يتعلق بالمعادن الأخرى. وقد اتَّسمت اقتصاديات هذه الصناعة بالتعقيد أيضاً، حيث أظهرت الأسعار في العقد الأخير أو نحو ذلك أكبر قدر من التقلبات في تاريخها، إذ بلغت ذروتها عند سعر ٣٠٠ دولار أمريكي للكيلوغرام في عام ٢٠٠٧ وأدنى مستوياتها عند سعر ٤١ دولاراً أمريكيًّا للكيلوغرام في عام ٢٠١٦ (انظر الرسم البياني).

وقال بريت مولدوفان، أخصائي إنتاج اليورانيوم في الوكالة الدولية للطاقة الذرية: «خلال السنوات القليلة الماضية، نشأ فائض من مخزون ركازة خام اليورانيوم، ما أدَّى إلى انخفاض الأسعار. ومردُّ ذلك إلى زيادة الإنتاج وانخفاض الطلب في آنٍ معاً. ويمثِّل تشغيل العديد من المناجم في إطار الأسعار الحالية لليورانيوم تحدِّياً اقتصاديًّا».

وبينما تحوم الأسعار اليوم حول معدَّل ٤٩ دولاراً أمريكيًّا / كيلوغرام، أصبح العديد من أكبر مناجم اليورانيوم في العالم في وضعية الرعاية والصيانة. وفي هذا الصدد، قال مولدوفان: «سيكون مجدياً من حيث المردود إعادة تشغيل تلك المناجم عندما تكون أسعار التسليم الفوري لليورانيوم أعلى من تكلفة الإنتاج، وعندما تُظهر توقعات الأسعار أنَّ هذا السعر سيظل ثابتاً أو سيزيد.

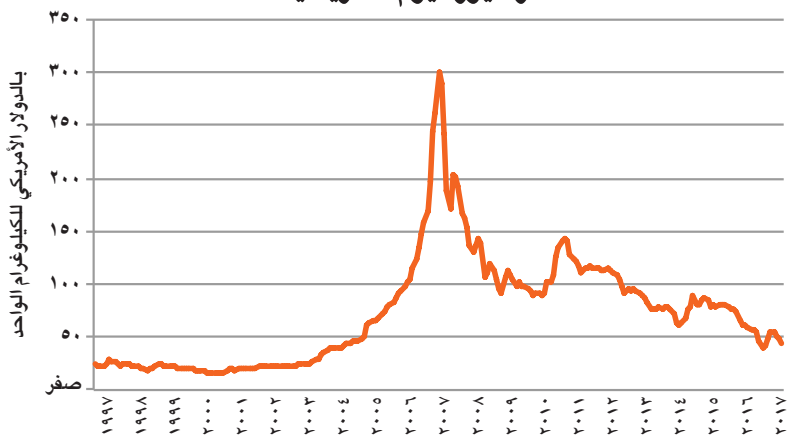
وسعر اليورانيوم المطلوب لإعادة التشغيل يختلف من منجم إلى آخر بسبب تفاوُت تكاليف تشغيل كل واحد منها. وغالباً ما تكون فترات الذروة في أسعار اليورانيوم قصيرة، في حين قد تستمر الأسعار المتدنية لعدَّة عقود».

ويتوقف الطلب على اليورانيوم في المقام الأول على القوى النووية. إذ يوجد حاليًّا ٤٥١ محطة قوى قيد التشغيل في العالم و٥٩ محطة قوى قيد الإنشاء، في حين خضعت للإغلاق الدائم خمس محطات قوى في عام ٢٠١٧ وأربع محطات أخرى في العام السابق. وتتوقع وكالة الطاقة الدولية أن يرتفع استهلاك الطاقة في العالم بنسبة ١٨٪ بحلول عام ٢٠٣٠ وبنسبة ٣٩٪ بحلول عام ٢٠٥٠، والسؤال هو ما الدور الذي ستضطلع به القوى النووية في تلبية هذا الطلب المتزايد.

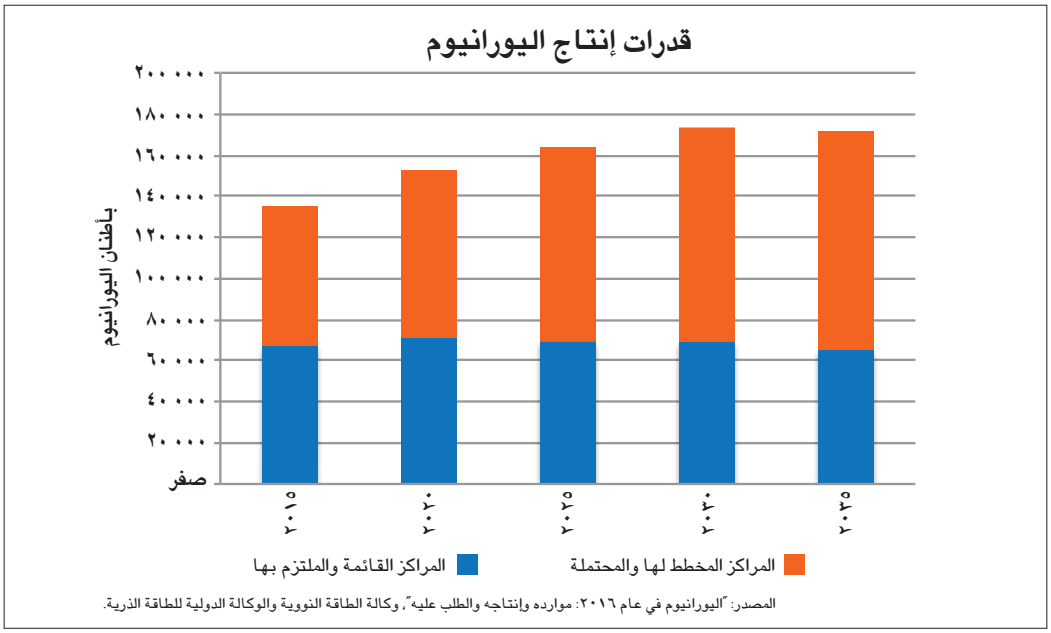
ووفق التقديرات المنخفضة للوكالة الدولية للطاقة الذرية فإنه من المتوقع أن تنخفض الطاقة العالمية المولَّدة بالقوى النووية تدريجيًّا حتى عام ٢٠٤٠، ثمَّ تعود إلى مستويات اليوم بحلول عام ٢٠٥٠. وهذا السيناريو مصمَّم خصيصاً لوضع تقديرات متحفظة. ووفق التقديرات المرتفعة فإنه من المتوقع أن تزداد القدرة على توليد الطاقة الكهربائية نوويًّا من مستويات عام ٢٠١٦ بنسبة ٤٢٪ بحلول عام ٢٠٣٠ وبنسبة ١٢٣٪ بحلول عام ٢٠٥٠. وتقوم هذه التقديرات المرتفعة على افتراض استمرار معدلات النمو الاقتصادي الحالية، إلى جانب تزايد الاهتمام بالقوى النووية، خاصة في شرق آسيا.

ورغم أنَّ اليورانيوم يشكِّل فقط ٥–١٠٪ من سعر الكهرباء المولَّدة باستخدام القوى النووية، إلا أنَّ له أهمية بالغة في استدامة الصناعة في الأجل الطويل. ووفق أحدث

أسعار اليورانيوم التاريخية



المصدر: www.indexmundi.com.



المصدر: "اليورانيوم في عام ٢٠١٦: موارده وإنتاجه والطلب عليه"، وكالة الطاقة النووية والوكالة الدولية للطاقة الذرية.

طبعة من المنشور المعنون «اليورانيوم في عام ٢٠١٦: موارده وإنتاجه والطلب عليه» — وهو مرجع عالمي عن اليورانيوم تشترك في إعداده وكالة الطاقة النووية والوكالة الدولية للطاقة الذرية — فإنَّ الإمدادات العالمية الأولية مضمونة حتى عام ٢٠٣٥ على أقل تقدير في إطار التقديرات المنخفضة لنمو الطاقة النووية. والموارد المحدَّدة المعروفة عند معدل الطلب الراهن كافية لنحو ١١٨ سنة، بل ولفترة أطول إذا أُخذت في الحسبان الموارد غير المكتشفة (انظر الرسم البياني).

الاستثمار في تعدين اليورانيوم

يتطلَّب فتح منجم لليورانيوم استثماراً كبيراً في رأس المال، وهو عملية طويلة تستغرق في الغالب فترة تتراوح بين ١٠ أعوام و١٥ عاماً كفجوة زمنية قبل أن يبدأ تشغيل المنجم. كما أنَّ تكلفة معدات تعدين اليورانيوم وتجهيزه لتحويله إلى ركازة خام اليورانيوم، وهي عملية تجري عادةً في الموقع، تتجاوز ١٠٠ مليون دولار أمريكي بل ويمكن أن تصل إلى مليارات الدولارات. ومن ثمَّ لا بدَّ للشركات الخاصة والكيانات الحكومية على حد سواء من أن تنظر بتأنٍّ في الأبعاد الاقتصادية البعيدة المدى قبل الشروع في فتح منجم لليورانيوم. وقد استفاد العديد من البلدان المستجدة في مجال تعدين اليورانيوم، مثل بوتسوانا وتنزانيا، من خبرات الوكالة ومساعدتها في إنشاء البنية الأساسية الضرورية وإرساء الأطر القانونية والبيئية والرقابية اللازمة لفتح المناجم. وقد وصلت المناجم في تلك البلدان إلى مرحلة متقدمة من الاستكشاف، في انتظار بيئة اقتصادية أكثر ملاءمة.

ومعظم العقود في عالم أعمال اليورانيوم طويلة الأجل، وتشتمل على حدود قصوى للأسعار لحماية العملاء وحدود دنيا لحماية المناجم. ورغم أنَّ أسعار التسليم الفوري تؤثر في سعر السوق عموماً، فإنَّ هذا التغيير يحدث ببطء أكبر. ورهناً بسعر السوق الحالي ومستوى برنامج القوى النووية في البلد المعني، قد يكون الخيار الأجدى من حيث الربحية هو الحصول على اليورانيوم تجاريًّا بدلاً من تعدينه محليًّا.

وثمة دول مثل الصين والهند تشغِّل المناجم في المقام الأول لضمان أمن الإمدادات المحلية، وتنظر للاعتبارات الاقتصادية على أنها مهمة ولكنها تأتي في المرتبة الثانية. ومع ذلك، فإنَّ معظم اليورانيوم في العالم هذه الأيام يجري تعدينه تجاريًّا. وتشغِّل بلدان مثل أستراليا وكازاخستان وناميبيا مناجمَ لتصدير اليورانيوم، في حين تستخدم بلدان أخرى مثل كندا اليورانيوم محليًّا ولغرض تصديره على السواء.

والآن ما الذي تخبرنا به الكرة البلورية بشأن المستقبل؟ أنَّه من المتوقع أن يزداد الطلب على اليورانيوم في الأجل الطويل وأنه لا بدَّ من أن يرافق ذلك ارتفاع في أسعار اليورانيوم. ولكن من الصعب التنبؤ بوقت حدوث ذلك الارتفاع ومقداره، خاصة في ضوء تردُّد الجمهور في العديد من البلدان فيما يتعلق بالاستثمار في القوى النووية.

وقال حسين اللبون، مدير شركة تعدين اليورانيوم الأردنية: «إنَّ الحلول المؤقتة التي قدَّمها هذا القطاع في السابق، على سبيل المثال من خلال تعزيز المسؤولية الاجتماعية للشركات أو الجهود الأخرى المشابهة لإشراك أصحاب المصلحة، باتت أقلّ فاعلية بالنظر إلى درجة تشكك الجمهور بشأن الصناعات التعدينية على وجه العموم».

والأردن واحد من بلدان عديدة تستكشف إمكانية إنتاج اليورانيوم. وقد أجرى دراسات جدوى في هذا الصدد وأنشأ محطة تجريبية لجمع البيانات الصناعية والهندسية اللازمة. وقال اللبون: «لقد وُضع هذا المشروع لكي يكون أحد المكونات في برنامج وطني متعدِّد الجوانب للتحوُّل إلى الطاقة النووية دعت إليه حاجة البلاد الماسة إلى توفير مصدر آمن للطاقة».

بعد مضي خمس سنوات، التقدُّم الذي أحرزته تنزانيا في استكشاف اليورانيوم

بقلم آبها ديكسيت

عملية أخذ العيِّنات البيئية في منطقة نهر مكوجو لقياس ظروف الإشعاعات الخلفية قبل بدء التعدين.

(الصورة من: فيرمي ب. بانزي/ هيئة الطاقة الذرية في تنزانيا)

وصلت تنزانيا إلى مرحلة متقدِّمة من استكشاف اليورانيوم وتخطّط للبدء في عمليات التعدين في أول موقع تعدين حصل على الموافقة لديها فور أن تغدو الظروف الاقتصادية مواتية وترتفع أسعار اليورانيوم، وذلك وفقاً لما ذكره خبراء محليون. وقد قدَّمت الوكالة الدعم لتنزانيا من أجل استهلال برنامجها لتعدين اليورانيوم، بما في ذلك عن طريق بعثة استشارية أوفدتها الوكالة في عام ٢٠١٣ للبدء في إطلاق المشروع.

وقال دينيس أ. موالونغو، رئيس إدارة الإشعاعات المؤيِّنة بهيئة الطاقة الذرية في تنزانيا: «بعد مضي خمس سنوات، أُحرز تقدُّم كبير. لقد عملت الحكومة بجدٍّ من أجل تنفيذ توصيات فريق تقييم مواقع إنتاج اليورانيوم التابع للوكالة، بما في ذلك وضع تدابير قانونية ورقابية ملائمة تمتثل للمتطلبات الدولية».

وقد انتهت الحكومة من المرحلة الأولى من تشييد مجمَّع المختبرات التابع لهيئة الطاقة الذرية في تنزانيا، والذي سيقدِّم الخدمات التحليلية الإشعاعية وخدمات المعايرة دعمًا للإشراف الرقابي على تعدين اليورانيوم في البلاد وعلى نطاق أوسع في المنطقة.

وقال موالونغو إنَّ البدء في تعدين اليورانيوم يتطلَّب تخطيطاً بعيد المدى، بما يشمل إجراء عمليات لمسح مواقع الاستكشاف المختارة وتقييمات للتربة وبناء الثقة العامة وبناء القدرات. وأضاف قائلا: «إنَّ بعثة فريق تقييم مواقع إنتاج اليورانيوم التي أوفدتها الوكالة قد مهَّدت الطريق نحو تحقيق هذه الغاية من خلال توفير تقييم شامل لإمكانات تعدين اليورانيوم في تنزانيا».

ويبلغ مقدار موارد اليورانيوم الموجودة في موقع نهر مكوجو، وهو أكثر المشاريع المعنية باليورانيوم تقدُّماً في تنزانيا، ٣٦٠٠٠ طن من الموارد المقاسة والمبيَّنة و١٠٠٠٠ من الموارد المستنبطة. ومن المقرَّر أن تتولى تشغيل الموقع شركة Uranium One، وهي شركة تعدين روسية تخطّط لإنتاج ١٤٠٠ طن من اليورانيوم سنويًّا، حسبما ذكره موالونغو. «إنَّ تعدين اليورانيوم سوف يسهم في نجاح واستدامة التنمية الاجتماعية والاقتصادية في تنزانيا. ومن الأهداف المهمة الأخرى تطوير ميناء دار السلام البحري لأغراض استيراد اليورانيوم وتصديره».

وبغية تلبية الطلب المتزايد على الطاقة في البلاد، تخطّط تنزانيا للأخذ بالقوى النووية استناداً إلى قانون الطاقة الذرية لسنة ٢٠٠٣، والذي يأذن باستخدام اليورانيوم في إنتاج الكهرباء. وينصُّ هذا القانون على أحكام صارمة فيما يتعلق بالأمان في استخدام اليورانيوم. وبهذا القرار، تكون تنزانيا أول بلد في شرق ووسط أفريقيا يصير جاهزاً للأخذ بالقوى النووية من أجل توليد الكهرباء.

> **"إنَّ البدء في تعدين اليورانيوم يتطلَّب تخطيطاً بعيد المدى، بما يشمل إجراء عمليات لمسح مواقع الاستكشاف المختارة وتقييمات للتربة وبناء الثقة العامة وبناء القدرات."**
>
> — دينيس أ. موالونغو، رئيس إدارة الإشعاعات المؤيِّنة، هيئة الطاقة الذرية في تنزانيا

بعثة فريق تقييم مواقع إنتاج اليورانيوم تعزِّز الإجراءات الداخلية

اتُّخذت قرارات رئيسية بشأن تشجيع إنتاج اليورانيوم وتنفيذه استناداً إلى التوصيات التي قدَّمتها بعثة فريق تقييم مواقع إنتاج اليورانيوم التي أوفدتها الوكالة، ومن ذلك على سبيل المثال إرساء البنية الأساسية الرقابية ووضع تشريعات ملائمة لتعدين اليورانيوم بطريقة مأمونة وتوحيد التشريعات بهدف حماية الناس والبيئة.

وفي الوقت ذاته، أعدَّت هيئة الطاقة الذرية في تنزانيا تشريعات بشأن استكشاف اليورانيوم وتشييد المرافق الخاصة به وتعدينه وتجهيزه وتعبئته ونقله، وكذلك إخراج مواقع تعدين اليورانيوم المحدَّدة من الخدمة في نهاية المطاف.

وأضاف موالونغو أنَّ الحكومة قد وضعت مبادئ توجيهية واضحة ومحدَّدة بشأن التصرف في المواد المشعة والنفايات المشعة وبشأن حماية العاملين والجمهور والبيئة.

وقدَّمت الوكالة والمفوضية الأوروبية والهيئة الرقابية النووية بالولايات المتحدة وهيئة الأمان النووي الكندية أنشطة بناء القدرات والتدريب القائم على الكفاءة والخبرات الدولية وتنمية المهارات المحدَّدة.

إشراك الجمهور

إنَّ تعدين اليورانيوم نشاط متنوِّع الجوانب ومعقَّد يتطلب إشراك جميع الجهات المعنية، بما في ذلك عموم الجمهور.

ودعماً لذلك، عقدت الحكومة عدداً من الحملات وحلقات العمل الرامية للتوعية العامة بهدف إذكاء الوعي بالمتطلبات الرقابية المتعلقة بتعدين اليورانيوم. وشارك في جهود التواصل المذكورة مسؤولون من الحكومة المركزية والحكومات الإقليمية، وممثِّلون عن الجهات المشغِّلة، والهيئة الرقابية، والمنظمات غير الحكومية، والطلاب، وأعضاء البرلمان، والمجتمع المدني. وقال موالونغو إنَّ الهدف من الإطار الرقابي هو ضمان اضطلاع الجهة المشغِّلة بإدارة تعدين وتجهيز اليورانيوم بفعالية دون الإضرار بصحة البشر أو البيئة.

المرحلة الأولى من أعمال تشييد مختبر اليورانيوم التابع لهيئة الطاقة الذرية في تنزانيا.

(الصورة من: دينيس موالونغو/ هيئة الطاقة الذرية في تنزانيا)

تشمل معدات مختبر اليورانيوم نظاماً لقياس طيف أشعة غاما سوف يساعد السلطات على إجراء تقييم سليم لليورانيوم الموجود في البلاد.

(الصورة من: دينيس موالونغو/ هيئة الطاقة الذرية في تنزانيا)

شرح عملية تعدين اليورانيوم

على غرار سائر المعادن، عادةً ما يجري تعدين اليورانيوم باستخدام تكنولوجيا الحُفر المفتوحة إذا كانت المادة الخام قريبة من سطح الأرض وباستخدام تكنولوجيا التعدين في باطن الأرض حين تكون المادة الخام في أماكن أعمق. ويتطلب التعدين في باطن الأرض مستوى مرتفعاً من التهوية من أجل تقليل تعرُّض العاملين لغاز الرادون. وينتج الرادون عن عملية الاضمحلال الطبيعية لليورانيوم.

وعلى الصعيد العالمي، يمكن أن يتراوح تركيز اليورانيوم في المادة الخام من بضع مئات في المليون إلى ما يصل إلى ٢٠٪. وفي حالة المناجم التقليدية، تُنقل المادة الخام إلى محطات المعالجة أو وحدات التجهيز حيث تجري تنقية اليورانيوم وتركيزه في شكل أكسيد اليورانيوم. وكبديل عن التعدين عن طريق الحفر المفتوحة أو في باطن الأرض وحين يكون التركيب الجيولوجي مواتياً، يمكن ضخُّ مياه جوفية مضاف إليها مواد كيميائية لتمرَّ عبر مستودع اليورانيوم بما يؤدي لإذابة اليورانيوم فيما يُطلق عليه عمليات النضِّ الموقعي. وعن طريق ضخِّ محاليل قلوية، على غرار المحاليل التي تُنتج باستخدام صودا الخبز، أو محاليل حمضية في طريقة بديلة، لتمرَّ من خلال المادة الخام عبر أنابيب، يفصل القائمون على التعدين اليورانيوم من المادة الخام الموجودة تحت الأرض، ويعيدون ضخَّ المحلول الناتج إلى السطح لاستخلاص اليورانيوم منه.

ويبلغ الإنتاج العالمي من اليورانيوم قرابة ٦٠٠٠٠ طن سنويًا. وتتصدَّر قائمة البلدان المنتجة أستراليا وكندا وكازاخستان، وتستأثر البلدان الثلاثة معاً بنسبة تقترب من ثُلثي الإنتاج العالمي من اليورانيوم.

— بقلم آيها ديكسيت

منجم روسينغ لليورانيوم، ناميبيا
(الصورة من: كونليث برادي/ الوكالة الدولية للطاقة الذرية)

بعد تجربته واختباره: نهج المعالم المرحلية البارزة الخاص بالوكالة يُطبَّق الآن في مجال إنتاج اليورانيوم

بقلم آيهان إيفرينسيل

منجم دولني روزينكا لليورانيوم في الجمهورية التشيكية، أحد البلدان المنتجة لليورانيوم البالغ عددها نحو ٢٠ بلداً.

(الصورة من: دين كالما/ الوكالة الدولية للطاقة الذرية)

تبدأ العملية باستكشاف اليورانيوم، وبعد ذلك تُجرى دراسات الجدوى، ثمَّ يُعَدُّ المشروع ويُنفَّذ، وتبدأ أنشطة تعدين اليورانيوم ومعالجته وإنتاجه ونقله، وأخيراً يجري إخراج المشروع من الخدمة ويُستصلح الموقع. وهذا كلُّ ما في الأمر. يبدو ذلك بسيطاً للغاية.

لكن هل هو بهذه البساطة حقًّا؟

يمكن أن يكون هناك العديد من العوامل المهمة التي تُؤثِّر في هذا المسار الزمني لعملية إنتاج اليورانيوم، وهو العنصر الكيميائي الذي يُستخدم كوقود لتوليد القوى النووية. ومن بين الدول الأعضاء في الوكالة والبالغ عددها ١٧٠ دولةً، هناك في الوقت الراهن نحو ٢٠ دولةً تشارك في إنتاج اليورانيوم، بكميات متفاوتة. وهناك نحو ١٠ دول أعضاء تعكف على إجراء دراسات بشأن إمكانية إنتاج اليورانيوم أو انتهت من ذلك.

فكيف يمكن لبلد «مستجد» أو راغب في العودة إلى مجال إنتاج اليورانيوم أن يعرف أنَّه يسير على الطريق الصحيح؟ ما هي الخطوات التي يتعين على بلدٍ كهذا أن يتَّخذها، قبل فترة طويلة من الالتزام بأي شيء، بغية ضمان أن يكون الإنتاج مأموناً ومستداماً؟

وقبل البدء في أنشطة إنتاج اليورانيوم ومعالجته أو العودة إليها، هناك طائفة واسعة من المسائل التي يتعيَّن النظر فيها. وقد عملت الوكالة على تقديم الإرشادات بشأن جميع هذه المراحل من خلال معايير الأمان والمنشورات وعقد الاجتماعات وإقامة الشبكات وغيرذلك من الوسائل. وقد آن أوان توحيد جميع هذه الإرشادات.

وبناءً على طلب عدَّة دول أعضاء، استهلَّت الوكالة عملاً يهدف إلى تطبيق نهج المعالم المرحلية البارزة الذي وضعته على إنتاج اليورانيوم.

أحد عشر عاماً من تطبيق نهج المعالم المرحلية البارزة الذي وضعته الوكالة

في عام ٢٠٠٧، وتجاوباً مع الاهتمام المتزايد الذي أبدته الدول الأعضاء بإضافة القوى النووية إلى مزيج الطاقة لديها، أصدرت الوكالة المنشور المعنون «المعالم البارزة لتطوير بنية أساسية وطنية للقوى النووية» (*Milestones in the Development of a National Infrastructure for Nuclear Power*). ونظراً لأنَّ الوقت الذي يستغرقه بلدٌ ما منذ التفكير الأوَّلي في الأخذ بخيار القوى النووية وحتى بدء تشغيل أول محطات القوى النووية لديه يتراوح بين ١٠ أعوام و١٥ عاماً، قسَّم نهج المعالم المرحلية البارزة هذه المدَّة إلى ثلاث مراحل: الدراسة والإعداد والتشييد. وفي كلِّ مرحلة من هذه المراحل، يتعيَّن على البلد المعني أن يتعامل مع ١٩ مسألة

معزَّفة تعريفاً واضحاً، تتفاوت من الإطار القانوني والرقابي إلى تنمية الموارد البشرية، ومن إشراك الجهات المعنية إلى التصرف في النفايات المشعة.

وفي عام ٢٠١٢، جرى تكييف هذا النهج لتطبيقه على مفاعلات البحوث، بعد أن أعربت عدَّة دول أعضاء مهتمة ببناء مفاعلات بحوث عن رغبتها في الحصول على إرشادات مماثلة. ومرة أخرى تناول منشور الوكالة ذو الصلة ثلاث مراحل — الدراسة والإعداد والتشييد — مسلِّطاً الضوءَ على ١٩ مسألة، واستهدف المنشور الذي صدر بعنوان «الاعتبارات والمعالم المحدَّدة لمشاريع مفاعلات البحوث» (*Specific Considerations and Milestones for a Research Reactor Project*) مساعدة السلطات الوطنية على تحسين استعدادها لتنفيذ عمليات مفاعلات البحوث على نحو مأمون وآمن ومستدام.

ويجري الآن العمل على تطبيق هذا النهج على إنتاج اليورانيوم. بيد أنَّ الانخراط كبلدٍ مستجد في إنتاج اليورانيوم يختلف إلى حدٍّ بعيد عن الأخذ بالقوى النووية أو إنشاء مفاعلات البحوث.

وقال بريت مولدوفان، أخصائي إنتاج اليورانيوم في الوكالة الدولية للطاقة الذرية: «من الناحية النظرية، يمكن استيراد مكوِّنات أيِّ مفاعل من هذه المفاعلات وتشييده أو تشغيله في أي مكان في العالم. لكن اليورانيوم لا يُنتج إلا حيثما كان موجوداً، أي حيثما يُعثر عليه. ونريد من البلدان المستجدَّة في مجال إنتاج اليورانيوم أن تتفهَّم أنَّها بصدد عملية تجري على مراحل، وأنَّ هذه العملية لا تمضي قُدماً سوى في حال العثور على شيء واعد، وإذا كانت مناسبة ومجدية من الناحية المالية».

المراحل الأربع لعملية إنتاج اليورانيوم

بمراعاة الاعتبارات المذكورة آنفاً، استُهلَّت عملية إعداد وثيقة إرشادية بعقد اجتماع في كانون الأول/ديسمبر ٢٠١٦، وقد أوشكت هذه العملية الآن على الانتهاء.

ويجري العمل على إعداد الإرشادات بحيث تشمل أربع مراحل يمكن للدول الأعضاء أن تجد نفسها في أيٍّ منها، مع تناوُل المعالم البارزة المرتبطة بكل مرحلة والمتعلقة بمستوى الجاهزية، وهذه المراحل كما يلي:

- الدول الأعضاء التي تدرس استكشاف اليورانيوم أو تعدينه للمرة الأولى، أو بعد فترة توقُّف دامت سنين عديدة، ولكن لا يوجد لديها مشروع محدَّد؛
- والدول الأعضاء التي تسعى إلى استهلال/استئناف تعدين اليورانيوم ولديها مشروع محدَّد واحد أو أكثر؛
- والدول الأعضاء الراسخة في مجال إنتاج اليورانيوم والراغبة في تعزيز قدرتها/إمكانياتها الحالية؛
- والدول الأعضاء التي كانت تُنتج اليورانيوم في وقت سابق ولديها مواقع مغلقة/ في مرحلة الإغلاق وإعادة التأهيل/الاستصلاح أو في مرحلة الرعاية اللاحقة.

وسوف تتناول الوثيقة القواسم المشتركة والممارسات الجيِّدة، وهي تهدف إلى مساعدة الدول الأعضاء على تحديد المجالات التي هي أقل جاهزية بشأنها ضمن المرحلة المعنية وتقديم المشورة إليها بشأن سبل المضي قُدماً صوب المرحلة التالية.

بيد أنَّ مولدوفان استأنف قائلاً: «إنَّ هذه المراحل ليست متمايزة تماماً عن بعضها. فقد تكون هناك دولة عضو في أكثر من مرحلة منها في الوقت نفسه. وحتى في حال الاضطلاع بعمل ممتاز في استكشاف اليورانيوم ووضع سياسات وتشريعات ولوائح جيِّدة ووجود خبراء مدرَّبين جيِّداً، فقد تظلُّ الدولة العضو في مرحلة مبكرة للغاية، لا لسبب إلا لأنَّ خام اليورانيوم قد لا يكون موجوداً».

وأضاف مولدوفان أنَّ الهدف من هذه الوثيقة الإرشادية هو توضيح السبيل الأمثل الذي يتعيَّن على الدولة العضو أن تسلكه في العثور على اليورانيوم وتعدينه ومعالجته، وفي تنظيف المواقع بطريقة مأمونة عند نهاية عمرها. واختتم قائلاً: «إنَّ هدفنا هو أن نساعد الدول الأعضاء على أن تسير على الطريق الصحيح».

"نريد من البلدان المستجدَّة في مجال إنتاج اليورانيوم أن تتفهَّم أنَّها بصدد عملية تجري على مراحل، وأنَّ هذه العملية لا تمضي قُدماً سوى في حال العثور على شيء واعد، وإذا كانت مناسبة ومجدية من الناحية المالية."

— بريت مولدوفان، أخصائي إنتاج اليورانيوم، الوكالة الدولية للطاقة الذرية

نفق بطول ١٢٠٠ متر تحت الأرض في منجم دولني روزينكا لليورانيوم، الجمهورية التشيكية.

(الصورة من: دين كالما/ الوكالة الدولية للطاقة الذرية)

الوكالة تزيح الستار عن خريطة فريدة لليورانيوم في العالم

بقلم فلورينسيا كاروسو

> "تقدِّم هذه الخريطة الأخيرة لمحة موجزة للمعارف الحالية كاملة، بما في ذلك حزمة من المعلومات وعرض لبيانات مستمدة من وثائق تقنية مختلفة بطريقة بصرية، وكلُّ ذلك ملخَّص في مكان واحد."
>
> — مارتن فيركلاف، أخصائي إنتاج اليورانيوم، الوكالة الدولية للطاقة الذرية

أطلقت الوكالة الدولية للطاقة الذرية خريطة رقمية تفاعلية شاملة ومتكاملة على الإنترنت تُظهر توزُّع اليورانيوم ومستودعاته في العالم. وتمثِّل هذه الخريطة الإصدار الثاني من «قاعدة بيانات توزُّع مستودعات اليورانيوم في العالم» (World Distribution of Uranium Deposits)، وقد أُعدَّت بإسهامات من كل من هيئة المسح الجيولوجي في ساسكاتشوان، وهيئة المسح الجيولوجي في جنوب أستراليا، وهيئة المسح الجيولوجي الأمريكية.

والمعلومات مصنَّفة في هذا الإصدار حسب نوع المستودع، وتنفرد الخريطة من حيث كونها تتضمَّن كمية هائلة من المعلومات والمعارف الجديدة، فهي توحِّد البيانات المستمدة من مئات المصادر المتاحة للعلن. ويمكن للجميع الاطلاع على هذه الخريطة عبر الإنترنت وهي تتيح لمستخدميها أدوات تفاعلية متقدِّمة.

وقال مارتن فيركلاف، أخصائي إنتاج اليورانيوم في الوكالة الدولية للطاقة الذرية والذي شارك في إعداد الخريطة: «كان الهدف أن نُعِدَّ خريطة معقَّدة لكنَّها تتسم بالسهولة البالغة في الاستخدام».

وقد أُعدَّت الخريطة لأغراض إدارة موارد اليورانيوم ومخزوناته، وبحوث علوم الأرض، والترويج لاكتشاف اليورانيوم واستخدامه. وتقدِّم الخريطة أيضاً بيانات تتعلق بتنفيذ برامج القوى النووية حول العالم.

وتستند الخريطة إلى بيانات مستمدة من «قاعدة بيانات توزُّع مستودعات اليورانيوم في العالم» (UDEPO) التي تتعهَّدها الوكالة، والتي ترد تفاصيل أكثر بشأنها في الوثيقة المعنونة «التصنيف الجيولوجي لمستودعات اليورانيوم ووصف أمثلة مختارة» (*Geological Classification of Uranium deposits and Description of Selected Examples*) والوثيقة الصادرة عن الوكالة بعنوان «توزُّع مستودعات اليورانيوم — طبعة ٢٠١٦» (*UDEPO 2016 edition*). ويجري تحديث قاعدة البيانات المذكورة باستمرار، وهي تتضمَّن معلومات تقنية ومعلومات جغرافية مفصَّلة عن المناطق والأقاليم ومستودعات اليورانيوم. ويمكن تنزيل الوثيقتين عبر شبكة الإنترنت، وهما تُعتبران مكمِّلتين للخريطة.

ومنذ نشر الإصدار الأول من الخريطة في عام ١٩٩٥، شهد العالم زيادة هائلة في كمية المواد وتنوُّع المعلومات المتاحة، بالاقتران مع تحقيق أوجه تقدُّم في فهم مستودعات اليورانيوم. وكان الإصدار الأول من الخريطة يتضمَّن ٥٨٢ مستودع يورانيوم حول العالم؛ في حين يتضمَّن الإصدار الأخير ٢٨٣١ مستودعاً.

وقال فيركلاوف: «تقدِّم هذه الخريطة الأخيرة لمحة موجزة للمعارف الحالية كاملة بما في ذلك حزمة من المعلومات وعرض لبيانات مستمدة من وثائق تقنية مختلفة بطريقة بصرية، وكلُّ ذلك ملخص في مكان واحد».

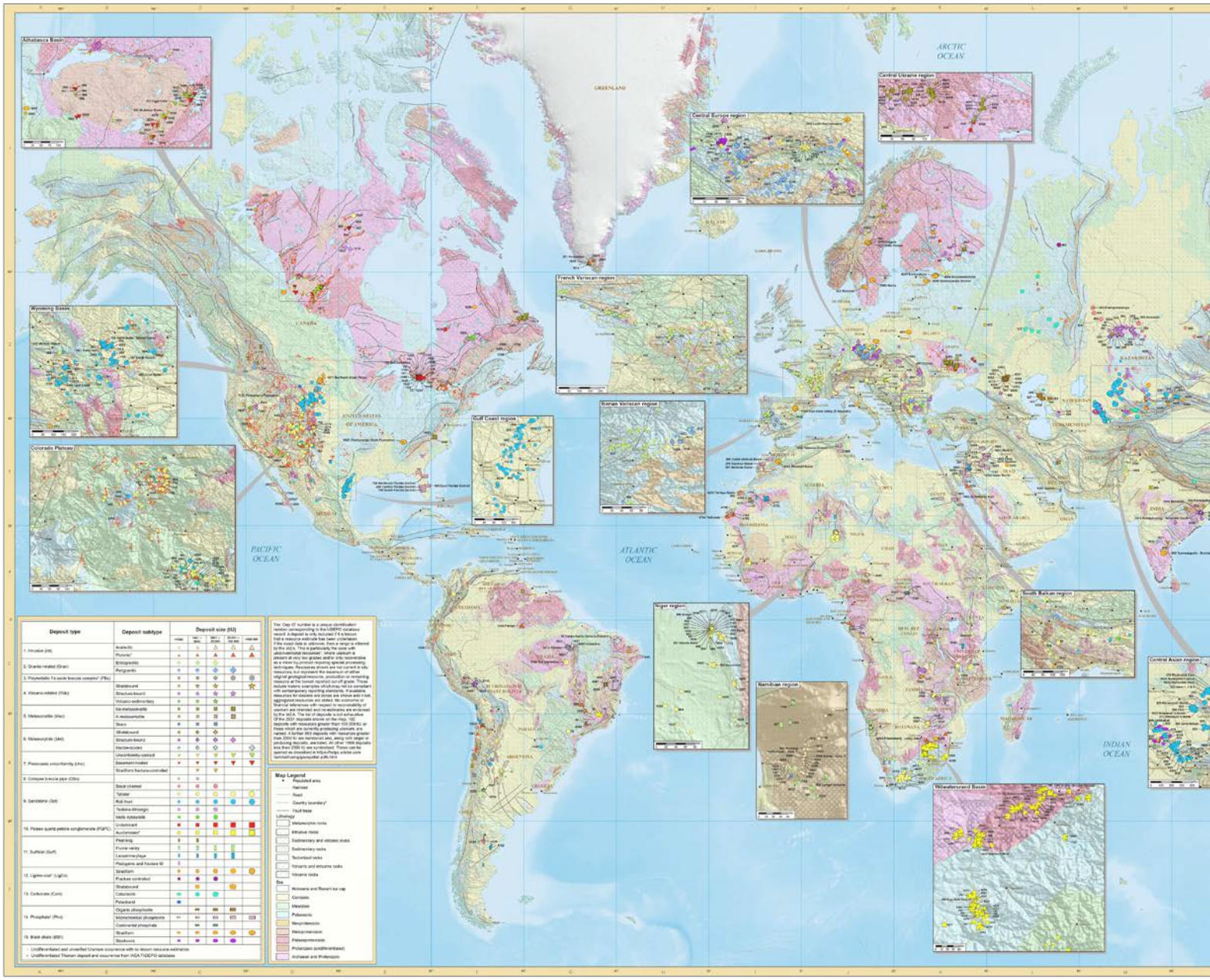
وتنفرد الخريطة من حيث طريقة عرضها لهذه الكمية الهائلة من المعلومات. وتصنِّف الخريطة مستودعات اليورانيوم إلى ١٥ نوعاً مختلفاً، تندرج تحتها أنواع فرعية.

وتختلف الرموز التي تبيِّن المستودعات على الخريطة باختلاف هذه الأنواع، ويتناسب حجم هذه الرموز أيضاً مع حجم المستودعات التي تمثِّلها. وعلى سبيل المثال، تمثَّل برمز النجمة جميع المستودعات التي يتصلُ منشؤها بالنشاط البركاني، ويختلف لون النجمة باختلاف النوع الفرعي للمستودع المعني، كما يختلف حجمها بحسب حجم المستودع بأطنان اليورانيوم. فالنجمة الخضراء مثلاً تُشير إلى أنَّ النوع الفرعي الذي ينتمي إليه المستودع هو المستودعات الرسوبية البركانية. وكلما زاد حجم المستودع، يزيد حجم النجمة الخضراء.

وتتضمَّن الخريطة سمات خاصة تتيح لمستخدميها تنظيم جميع هذه البيانات وتخصيص طريقة عرضها. وبإمكان المستخدمين تفعيل أو تعطيل الطبقات، من أجل إظهارها أو إخفائها. وعلى سبيل المثال، يمكنهم اختيار إظهار نوع واحد من مستودعات اليورانيوم وإخفاء الأنواع الأربعة عشر الأخرى، ثمَّ طباعة الخريطة في صيغة تتضمن البيانات التي حدَّدوها بالضبط في بحثهم. وتتمثل الفائدة المتحققة من ذلك في أنَّ منتجاً واحداً، وهو الخريطة، ينطوي على كمية هائلة من المعلومات المصنَّفة بطريقة هيكلية تمكِّن مستخدميها من إنتاج وثيقة تحتوي على ما يبحثون عنه بدقة وبالسرعة اللازمة.

وللخريطة ميزة فريدة أخرى تتمثل في تمكين المستخدمين من النظر في فرادى المستودعات بالنقر عليها لرؤية معلومات في صيغة نصية تتعلق بالمستودع المعني. وتتضمَّن الخريطة أيضاً خلفية تضاريس مظللة لمحاكاة عناصر التضاريس المختلفة وتحسين إيضاح الصلات بين الجيولوجيا والمستودعات.

ويمكن الاطلاع على الخريطة هنا:
https://www-pub.iaea.org/books/IAEABooks/12314/World-Distribution-of-Uranium-Deposits-Second-Edition



نظرة عامة على خريطة توزُّع مستودعات اليورانيوم في العالم، الإصدار الثاني، ٢٠١٨.

(الصورة من: الوكالة الدولية للطاقة الذرية)

ضمانات الوكالة المطبَّقة في مناجم اليورانيوم تقدِّم صورة أكثر اكتمالاً للأنشطة النووية التي تضطلع بها البلدان

بقلم مات فيشر

مفتشو الضمانات التابعون للوكالة الدولية للطاقة الذرية أثناء زيارة أحد مناجم اليورانيوم.

(الصورة من: دين كالما/ الوكالة الدولية للطاقة الذرية)

تؤدي ضمانات الوكالة دوراً حيويًّا في منع انتشار الأسلحة النووية عن طريق ضمان أن يظلَّ استخدام المواد النووية ضمن نطاق الأنشطة السلمية. وتتعامل مناجم اليورانيوم ومرافق تجهيزه مع كميات كبيرة من اليورانيوم؛ وتخضع للتحقق من جانب الوكالة في الدول المرتبطة ببروتوكولات إضافية ملحقة باتفاقات الضمانات الشاملة المعقودة معها.

وقال راسل ليزلي، خبير الضمانات في الوكالة: «إنَّ عمليات التحقق المُضطلع بها داخل مناجم اليورانيوم تُجرى في سياق تحليل الاتساق. إذ تُدقَّق المعلومات التي يجري الحصول عليها أثناء معاينة مفتشي الوكالة لمناجم اليورانيوم ووحدات تجهيزه من حيث مطابقتها لإعلانات الدول وتُقارن بسائر المعلومات ذات الصلة بالضمانات المتاحة للوكالة، بما في ذلك المعلومات ذات الصلة بأنشطة التفتيش المضطلع بها في الدولة المعنية، بغية توكيد وفاء هذه الدولة بالتزاماتها المتعلقة بالضمانات».

وتقبل الدول الخضوع للضمانات عن طريق عقد اتفاقات ضمانات. ولا يضطلع مفتشو الضمانات بالتحقُّق إلا في مناجم اليورانيوم الموجودة في البلدان التي أدخلت إلى حيز النفاذ بروتوكولاً إضافيًّا ملحقاً باتفاق الضمانات الشاملة المعقود معها. وتعزِّز البروتوكولات الإضافية قدرة الوكالة على التحقق عن طريق الأخذ بتدابير إضافية — مثل زيادة المعلومات بشأن ما تضطلع به الدول من أنشطة خاصة بدورة الوقود النووي وزيادة فرص المعاينة المادية للأماكن ذات الصلة في هذه الدول — وذلك بغية تعزيز فعالية وكفاءة الضمانات. وحتى الآن، ثمة ١٣٢ دولةً مرتبطة ببروتوكول إضافي نافذ — بما في ذلك جميع الدول التي تُوجد فيها مناجم يورانيوم عاملة.

وهذه البلدان ملزمة بتزويد الوكالة بمعلومات مستفيضة حول أنشطتها ذات الصلة بدورة الوقود النووي وبإتاحة فرص معاينة الأماكن ذات الصلة، بما يشمل مناجم اليورانيوم ومحطات تركيز اليورانيوم ومحطات تركيز الثوريوم. ويُمكِّن هذا الأمر الوكالة من زيادة تعزيز ثقتها في الطابع السلمي للبرامج النووية في هذه البلدان.

وبموجب البروتوكول الإضافي، يجمع المفتشون المعلومات عن أماكن مناجم اليورانيوم ووحدات تجهيزه وعن الحالة التشغيلية لهذه المناجم والوحدات، ويقدِّرون إجمالي القدرة الإنتاجية السنوية لمحطات تركيز اليورانيوم. وبغية التحقق من دقة هذه المعلومات، يجوز للوكالة الاضطلاع بما يُعرف بالمعاينة التكميلية لمناجم اليورانيوم ووحدات تجهيزه وذلك من أجل توفير

المزيد من التوكيد بشأن عدم وجود مواد وأنشطة نووية غير معلنة.

وقال ليزلي: «إنَّ الهدف من المعاينة التكميلية هو تقديم تقديرات معقولة لحجم الإنتاج».

وفي أستراليا، وهي واحدة من أكبر منتجي اليورانيوم في العالم، اضطلعت الوكالة في المتوسط بعملية معاينة تكميلية واحدة في منجم يورانيوم عامل واحد كلَّ سنة. وخلال عمليات المعاينة التكميلية، يرافق مفتشون وطنيون من المكتب الأسترالي للضمانات وعدم الانتشار مفتشي الوكالة أثناء زيارتهم لمناجم اليورانيوم ووحدات تجهيزه. وقبل الاضطلاع بالتفتيش، يُحاط مفتشو الوكالة علماً بحالة المنجم الذي سيخضع للتفتيش.

وأثناء المعاينة التكميلية في مناجم اليورانيوم ووحدات تجهيزه، يجوز لمفتشي الوكالة إجراء ملاحظات بصرية وجمع العينات وأخذ القياسات في إطار عمليات اختبار غير متلف وفحص سجلات إنتاج وشحن اليورانيوم. ويمكن أن تضطلع الوكالة بهذه الأنشطة دون إشعار السلطات الوطنية بذلك إلا قبل الموعد المحدَّد بفترة قصيرة قد لا تتجاوز ٢٤ ساعة.

وتشمل الملاحظة البصرية فحص المنجم وكذلك البنية الأساسية للمحطة. وينطوي جمع العينات على أخذ كميات صغيرة من خام اليورانيوم ومن ركازة خام اليورانيوم المعالجة لتحليلها، وكذلك أخذ عينات بيئية عن طريق مسح مختلف الأسطح داخل المنجم باستخدام قطع قطنية ثمَّ ختم هذه القطع القطنية للتحقق منها فيما بعد في المختبر.

وقال ليزلي: «يوفِّر تحليل ركازة الخام معلومات ذات فائدة أكبر مقارنة بتحليل المنتج غير المكرَّر الذي يمكن أن تتفاوت درجة نقائه تفاوتاً كبيراً بحسب المكان الذي استُخرج منه داخل المنجم». وأضاف أنَّ ركازة الخام تقدِّم بيانات حاسمة الأهمية من أجل تحليل الاتساق والتوصُّل على نحو أفضل إلى فهم شامل للأنشطة النووية المضطلع بها في بلد ما.

والتحليل غير المتلف هو تقنية تُستخدم لتحليل «البصمة» المشعة للمواد النووية، وهو ينطوي على استخدام أجهزة مثل كاشفات أشعة غاما. ومن خلال هذه التقنية، يمكن للمفتشين أن يتأكدوا داخل الموقع من الطابع المحدَّد للمواد النووية الموجودة في المنجم.

ويشمل فحص السجلات، الذي يُجرى بالاشتراك مع موظفي المنجم، استعراض أنشطة التعدين السابقة وكذلك المعلومات بشأن عمليات التشغيل الجارية. ويمكن أيضاً استخدام الصور الساتلية في عملية التحقق، حسبما قاله ليزلي.

وبالإضافة إلى أنَّ المعاينة التكميلية لمناجم اليورانيوم توفِّر توكيداً إضافيًّا بعدم وجود مواد وأنشطة نووية غير معلنة، فهي تُستخدم لتوكيد حالة المناجم المقرَّر إخراجها من الخدمة أو للتحقُّق مما إذا كان منجم ما لا يزال مفتوحاً وقيد التشغيل أم لا.

مفتشو الضمانات أثناء زيارة أحد مرافق خزن اليورانيوم.

(الصورة من: دين كالما/ الوكالة الدولية للطاقة الذرية)

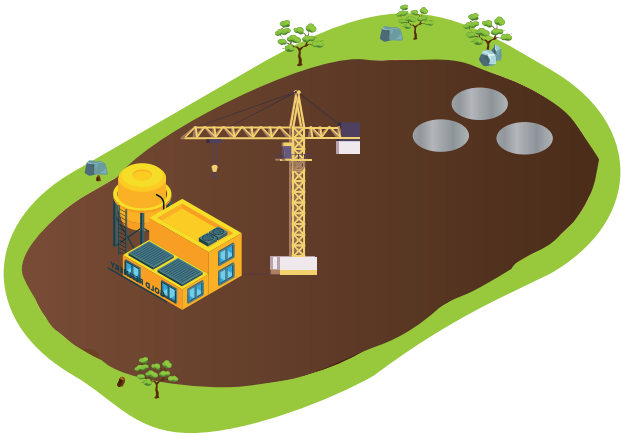
مراحل تعدي

الاستكشاف

من ١٠ سنوات إلى ١٥ سنة

دراسة الجدوى

من سنة إلى ٣ سنوات

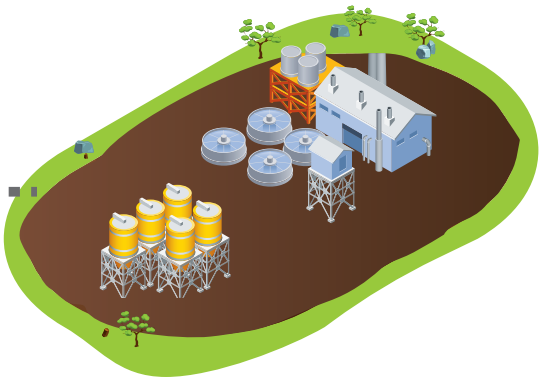


تشييد المنجم

من سنة إلى ٣ سنوات

ن اليورانيـوم

(الرسم البياني: ريتو كين/الوكالة الدولية للطاقة الذرية)



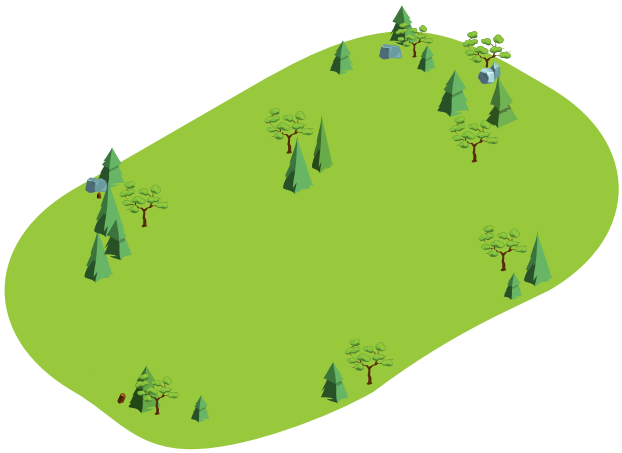
الكعكة الصفراء

التعدين والمعالجة

من ٥ سنوات إلى ٥٠ سنة

إعادة التأهيل/الاستصلاح

من سنتين إلى ١٠ سنوات (+فترة المتابعة اللاحقة)



ضمان المرور المأمون والآمن للموارد الطبيعية ذات الأهمية الحيوية في قطاع الصناعة النووية

بقلم نيكول جاويرث

> "رغم أنَّ نقل الكعكة الصفراء ينطوي على خطورة أقل نسبيًّا مقارنةً بنقل أجزاء أخرى من دورة الوقود النووي، فإنَّ تطبيق معايير عالية من الأمان والأمان أمرٌ حيوي الأهمية لبناء الثقة على الصعيدين المحلي والدولي في قطاع الصناعة النووية ككل."
>
> — روبرت فلويد، المدير العام، المكتب الأسترالي للضمانات وعدم الانتشار

ثمة تشابه بين شحنات اليورانيوم والمسافرين من كبار الشخصيات. فشحنات اليورانيوم تنتقل عن طريق البر أو البحر أو الجو وتتوقف في محطات مؤقتة، شأنها في ذلك شأن أيِّ مسافر آخر، بيد أنَّ ما تتسم به من تأثير عالمي وجاذبية للمجرمين يعني أنَّ كلَّ تفصيل من تفاصيل رحلتها مصمَّمٌ لضمان أمانها وأمنها في كل خطوة في الرحلة.

وقال روبرت فلويد، المدير العام للمكتب الأسترالي للضمانات وعدم الانتشار: « لا يُنتِج اليورانيوم سوى عدد قليل من البلدان وهو ضروري لإنتاج الوقود الخاص المستخدم في معظم محطات القوى النووية حول العالم، ولهذا السبب يُعَدُّ بضاعةً عالمية استراتيجية عالية القيمة. ونظراً للحاجة إلى نقل اليورانيوم على نطاق العالم، فمن المهم الحفاظ على معايير عالية على الصعيد الدولي».

وتُنتِج خمسة بلدان فقط أكثر من ٨٠٪ من اليورانيوم المستخدم على الصعيد العالمي. ومن بين البلدان التي تُشغِّلُ مفاعلات قوى نووية، والبالغ عددها ٣٠ بلداً تشغِّل ٤٥١ مفاعلاً، ليس هناك إلا عددٌ قليل من البلدان التي تُنتج اليورانيوم الذي تستخدمه. ويعني ذلك أنَّه في الظروف العادية يجري شحن ما يزيد على ٥٠٠٠٠٠ طن من ركازة خام اليورانيوم سنويًّا.

واليورانيوم هو عنصر مشع موجود في البيئة الطبيعية. أمَّا ركازة خام اليورانيوم، أو الكعكة الصفراء، فهي مسحوق مركَّز من اليورانيوم يُصنع بإزالة الشوائب من اليورانيوم الخام. (لمزيد من المعلومات عن كيفية صُنع الكعكة الصفراء، طالعوا الصفحة ٢٣). ويجري شحن معظم اليورانيوم في شكل كعكة صفراء لأنَّ ذلك أكثر فعالية من حيث التكلفة مقارنة بشحن خام اليورانيوم غير المكرَّر.

ومع أنَّ الكعكة الصفراء لا تشكِّل خطراً إشعاعيًّا يُذكر، فإنَّها تظلُّ تتطلب المناولة على نحو مأمون. وقال إيريك ريبر، أخصائي أمان النقل في الوكالة: «من منظور الأمان، ليست هناك حاجة سوى للتدابير الأساسية اللازمة للوقاية من الإشعاعات».

أمَّا من الناحية الأمنية، فكما أوضح ديفيد لادسو، وهو مسؤول أقدم في مجال الأمن النووي لدى الوكالة: «تضمن التدابير الوقائية عدم وقوع اليورانيوم في أيادٍ تسيء استخدامه. وتحظى هذه التدابير بأهمية خاصة لأنَّ اليورانيوم له قيمة اقتصادية واستراتيجية كبرى يمكن أن تكون عاملاً محفِّزاً لارتكاب أعمال السرقة أو التخريب».

وتعمل الوكالة مع السلطات في جميع أنحاء العالم على تدريب الموظفين وعلى المساعدة على وضع لوائح وطنية خاصة بالأمان والأمن فيما يتعلق بنقل اليورانيوم. وحسبما قال ريبر، ينبغي أن تُوضَع اللوائح الوطنية الخاصة بأمان المواد المشعة وأمنها على نحو يفي بالمعايير الدولية في هذا الشأن وبما يتيح إدماجها في نظام عالمي للأمان والأمن. وتشمل هذه الجهود المشتركة عملية النقل برمتها، بدءاً من مرحلة الإنتاج والتعبئة وصولاً إلى دروب العبور والتسليم. كما أنَّها تعالج المشاكل المحتملة من قبيل القرصنة.

وقال فلويد: «رغم أنَّ نقل الكعكة الصفراء ينطوي على خطورة أقل نسبيًّا مقارنةً بنقل أجزاء أخرى من دورة الوقود النووي، فإنَّ تطبيق معايير عالية من الأمان والأمان أمرٌ حيوي الأهمية لبناء الثقة على الصعيدين المحلي والدولي في قطاع الصناعة النووية ككل».

بناء الثقة من أجل تحقيق الاستقرار في قطاع صناعة اليورانيوم

يقوم بناء الثقة في جانب منه على اللوائح الوطنية والمعايير الدولية المشار إليها، لأنَّها تعني أنَّ جميع البلدان المشاركة في سلسلة الإمدادات تعمل وفق نفس المعايير العالية بشأن الأمان والأمن، حسبما قال لادسو. ويحظى هذا الأمر بأهمية خاصة للمنتجين المستجدين أو الصغار، وللبلدان التي تحاول، مثل ملاوي، معاودة دخول قطاع صناعة اليورانيوم.

وقال بيرنيت مسيكا، كبير مهندسي التعدين في إدارة المناجم التابعة لوزارة الموارد الطبيعية والطاقة والتعدين في ملاوي: «حتى وقت قريب، كان أحد أكبر التحديات التي واجهناها هو احتمال عدم اعتراف البلدان الأخرى بسلطتنا المختصة المؤقتة، أي وزارة الشؤون البيئية، بصفتها سلطات تتمتع بولاية مقبولة في مجال نقل المواد المشعة، بما فيها الكعكة الصفراء، ومن ثم كان هناك احتمال أن تُرفض بعض الشحنات أحياناً».

ورغم أنَّ ملاوي أغلقت في عام ٢٠١٤ بصورة مؤقتة منجمها الوحيد بعد خمس سنوات من التشغيل بسبب انهيار حاد في أسعار اليورانيوم وارتفاع تكاليف التشغيل،

فهي تعمل بنشاط على تحديث لوائحها وتدريب موظفيها بدعم من الوكالة من أجل الاستعداد لاستئناف عمليات تعدين اليورانيوم.

وقال مسيكا: «إنَّ هذا يُعَدُّ من الأسباب التي دفعتنا، من خلال وزارة الشؤون البيئية، إلى بدء تشغيل هيئة الرقابة الوطنية على الطاقة الذرية وإلى العمل على بناء وتعزيز الموارد البشرية وتحسين التعاون مع الجهات الرقابية في جميع مراحل عملية النقل».

أمَّا البلدان المصدِّرة التي تتمتع بقدر أكبر من الخبرة مثل أستراليا — وهي ثالث أكبر منتج لليورانيوم والبلد الذي توجد فيه أكبر مستودعات اليورانيوم في العالم — فينصبُّ فيها التركيز على الحفاظ على الثقة في أنَّها مصدِّر موثوق للطاقة.

وحسبما قال فلويد، تعمل أستراليا باستمرار على استعراض وتحديث لوائحها وتراخيصها وتدريب موظفيها لضمان وصول صادراتها من اليورانيوم التي تبلغ ٨٠٠٠ طن سنوياً إلى وجهاتها النهائية. ولدى كلِّ ولاية وإقليم في أستراليا لوائح وقوانين إضافية خاصة بالنقل. وتحدِّد هذه اللوائح والقوانين، مجتمعة، المتطلبات المتعلقة بالتعبئة ووسائل الشحن وطرق العبور والأمان والأمن في سياق نقل الكعكة الصفراء.

ويكتسي تنسيق هذا العمل على مستوى الولايات وعلى المستوى الفيدرالي أهميةً خاصة في بلد شاسع المساحة مثل أستراليا. وقال فلويد: «إنَّ أستراليا هي سادس أكبر بلد في العالم من حيث المساحة، ولذا فإنَّ أحد أكبر التحديات التي يتعيَّن علينا التصدي لها يتمثَّل في قطع مسافات طويلة كثيراً ما تمتدُّ عبر مناطق نائية شاسعة. وفي حالة وقوع حادثة ما، قد يستغرق وصول المساعدة وقتاً طويلاً. ولذا فمن المهم أن نكون مستعدين وأن نحافظ على استمرار الاتصالات وأن نتمتع بالقدرة على الاعتماد على الذات وأن تتوافر لدينا الأدوات المناسبة».

وتعتزم السلطات الأسترالية مواصلة العمل على نحو وثيق مع الوكالة من أجل زيادة تعزيز منظومة النقل في البلاد. وتشمل بنود العمل في المستقبل إعداد قائمة موحدة بالموارد الوطنية المتاحة في حال وقوع حادثة، وتحسين المواد التدريبية، ووضع دليل نموذجي بشأن خطط نقل الكعكة الصفراء بغية تعزيز فهم مساعي التعدين الجديدة.

(الرسم البياني: ريتو كين/الوكالة الدولية للطاقة الذرية)

خطة رئيسية استراتيجية جديدة لتنسيق استصلاح مواقع إنتاج اليورانيوم الموروثة في آسيا الوسطى

بقلم مريم أرغامانيان

"سيسهم برنامج الاستصلاح في التنمية الاجتماعية الاقتصادية الطويلة الأجل من خلال تطوير المهارات وزيادة فرص العمل."

— بايغابيل تولونغوتوف، مدير مركز الرقابة الحكومية على حماية البيئة والأمان الإيكولوجي، قيرغيزستان

تنتج عن وحدات تجهيز اليورانيوم مخلّفات تكرير، وهي نواتج ثانوية رملية تحتوي على معادن ثقيلة وعلى عنصر الراديوم. وتُظهر هذه الصورة مخلّفات تكرير في موقع ديغماي الموروث الذي كان يُستخدم في إنتاج اليورانيوم في طاجيكستان.

(الصورة من: ميشيل روبرتس/ الوكالة الدولية للطاقة الذرية)

نُشرت في أيار/مايو ٢٠١٨ خطة رئيسية استراتيجية من المقرَّر أن تساعد على تسريع جهود الاستصلاح في مناجم يورانيوم سابقة في آسيا الوسطى. ومع توافر التمويل اللازم، يمكن استصلاح المواقع ذات الأولوية العُليا في غضون سنوات معدودة.

وتُرسي الخطة الجديدة، التي وُضعت تحت قيادة الوكالة بالتعاون مع خبراء من المنطقة ومنظمات دولية، إطاراً لتنفيذ أنشطة الاستصلاح في الوقت المناسب وبطريقة منسَّقة وفعَّالة من حيث التكلفة ومستدامة. وتستند الخطة إلى تقييمات للأثر البيئي ودراسات جدوى أُجريت بتمويل من الاتحاد الأوروبي ودراسات أنجزتها الشركة الحكومية الروسية للطاقة الذرية (روزاتوم)، وتحدِّد البؤر الساخنة وأولويات الاستصلاح في المنطقة. وتقدِّم الخطة أيضاً تقييمات للمخاطر وتقديرات للتكاليف.

وتقع مواقع تعدين اليورانيوم الموروثة في منطقة وادي فرغانة التي يقطنها ١٤ مليون نسمة وتُعَدُّ واحدة من أكثر المناطق خصوبةً وكثافةً سكانيةً في آسيا الوسطى. ويُعَدُّ نهر سير داريا الواقع في وادي فرغانة أحد الأنهار الرئيسية في منطقة آسيا الوسطى. ومن بين الأهداف المتوخاة من المشاريع التي سُلِّط عليها الضوء في الخطة الرئيسية الاستراتيجية توطيدُ التعاون الإقليمي والإسهام في تحقيق قدر أكبر من الاستقرار والأمن في المنطقة.

وتحدِّد الوثيقة سبعة مواقع سابقة لإنتاج اليورانيوم في أوزبكستان وطاجيكستان وقيرغيزستان كأولوية عُليا للاستصلاح (انظر الخريطة). وما زالت هناك حاجة إلى نحو ١٣٠ مليون يورو لتمويل الاستصلاح، بالإضافة إلى ٣٠ مليون يورو تمَّ جمعها بالفعل. وتخطِّط المفوضية الأوروبية لعقد مؤتمر رفيع المستوى لإعلان التعهُّدات في أواخر عام ٢٠١٨ بغية اجتذاب المساهمات في حساب الاستصلاح البيئي لآسيا الوسطى. وسوف يُستخدم هذا الحساب، الذي يديره البنك الأوروبي للإنشاء والتعمير، لتمويل أنشطة الاستصلاح في المواقع السبعة.

وقد نُفِّذ بالفعل عدد صغير من جهود الاستصلاح المحلية والإقليمية، ولكن — بسبب محدودية الموارد — كان الهدف من تلك الجهود يقتصر على احتواء التلوث دون تنظيفه. وقد بدأت أنشطة استصلاح أولية تشرف عليها روزاتوم في مواقع أخرى في المنطقة.

وقالت ميشيل روبرتس، أخصائية أمان النفايات في الوكالة والمسؤولة عن البرنامج: «ستكون الخطة بمثابة خريطة طريق لتمكين أفضل استخدام للموارد المحدودة المتاحة للاستصلاح على المستويات الوطنية والإقليمية والدولية من خلال مواءمة هذه الأنشطة مع الأهداف المنصوص عليها صراحة والمتفق عليها».

وأضافت قائلة إن الخطة ستخضع بانتظام للاستعراض وإعادة التقييم والتحديث بما يجسِّد بدقَّة التقدُّم المحرز وأولويات البرنامج.

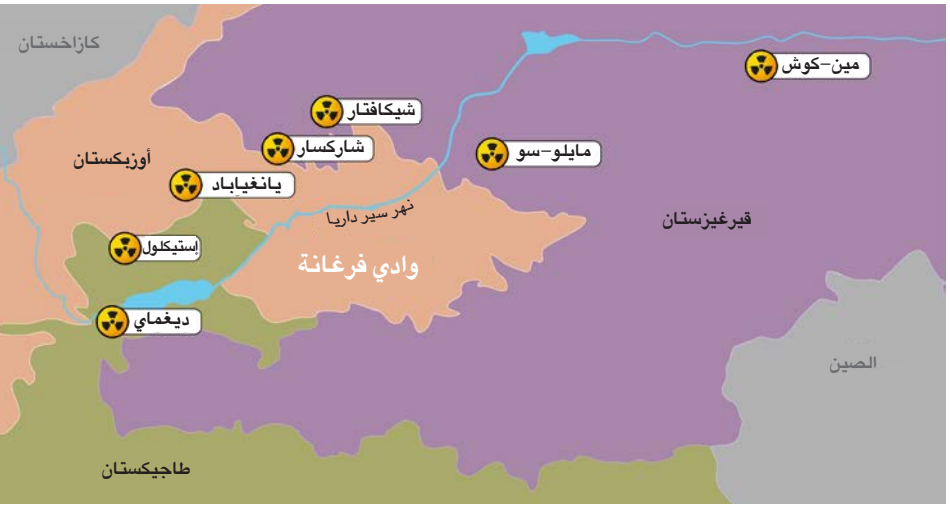
أنشطة التعدين الموروثة

بُنيت مواقع تعدين اليورانيوم في منتصف الأربعينات من القرن العشرين، في وقت لم يكن قائما فيه سوى قلة من الأحكام التنظيمية المطبَّقة بشأن إدارة نهاية أعمار تلك المواقع في نهاية المطاف. واستُخدمت المواقع لعدَّة عقود قبل إغلاقها في التسعينات من القرن العشرين. وما زالت تلك المناجم، والبنية الأساسية الخاصة بمعالجة اليورانيوم في المواقع، تحتوي على مخلفات ملوِّثات كيميائية مشعَّة وشديدة السُّمية.

ويتراوح متوسط مستويات جرعات أشعة غاما في المواقع بين ٠,٣٠ ميكروسيفرت في الساعة إلى ٤,٠ ميكروسيفرت في الساعة، وهو ما يعادل التعرُّض إلى ما بين نصف ساعة وأربع ساعات من متوسط الإشعاعات الأساسية الطبيعية العالمية. ولكن قد يؤدي عدد من العوامل إلى تراكم التلوث أو انتشاره.

وقال بايغابيل تولونغوتوف، مدير مركز الرقابة الحكومية على حماية البيئة والأمان الإيكولوجي في قيرغيزستان: «تقع المواقع في منطقة نشطة زلزاليًّا ومعرَّضة للزلازل والانهيارات الأرضية والفيضانات، لذا سيظل خطر إطلاق المواد الملوِّثة في الأنهار قائماً حتى يتم استصلاح تلك المواقع».

وأضاف قائلاً إنَّ وقوع حالة إطلاق على هذا النطاق يمكن أن يؤدي إلى فرض قيود طويلة الأمد على استخدام المياه، بما يؤدي إلى نقص كبير في المياه تترتب عليه تبعات على صحة الناس وعلى الاقتصاد. وقد يؤثر ذلك أيضاً في استقرار وأمن المنطقة، لا سيما إذا ما انتقلت المواد المشعة أو السامة عبر الحدود.



مواقع تعدين اليورانيوم الموروثة المحدَّدة للاستصلاح في الخطة الرئيسية الاستراتيجية.

(المصدر: الخطة الرئيسية الاستراتيجية)

قرار الأمم المتحدة

سلَّمت الجمعية العامة للأمم المتحدة في قرار اعتمدته في عام ٢٠١٣ بالحاجة إلى اتِّباع نهج منسق إزاء الاستصلاح، وأكَّدت في القرار نفسه مسؤولية المجتمع الدولي عن درء الخطر الإشعاعي في آسيا الوسطى. وشدَّد تولونغوتوف على أنَّ معالجة مسألة مناجم اليورانيوم السابقة الموروثة تحظى بأهمية جوهرية أيضاً من أجل تحقيق أهداف التنمية المستدامة التي وضعتها الأمم المتحدة. وأضاف أنَّ «برنامج الاستصلاح سيسهم في التنمية الاجتماعية الاقتصادية الطويلة الأجل من خلال تطوير المهارات وزيادة فرص العمل».

وقد أعدَّ الخطةَ فريقُ التنسيق المعني بمواقع اليورانيوم القديمة التابع لأمانة الوكالة، والذي يشارك الاتحاد الأوروبي في تمويله.

كعكة صفراء تخرج من مكبس ترشيح.
(الصورة من: شركة أورانو)

نضُّ اليورانيوم

كيف تُصنع الكعكة الصفراء

عندما يؤخذ اليورانيوم من الأرض، يحتوي الخام أو الصخر عادة على نحو ٠,١٪ فقط من اليورانيوم. وبغية استخلاص اليورانيوم، جرت العادة على استخراج الخام أولا من الأرض عن طريق الحفر ثمَّ سحقه. وبعد ذلك يجري ترويب الخام المسحوق في الماء لإنتاج مادة طينية لها نفس قوام رمال الشاطئ أو مساحيق البشرة بعد خلطها بالماء. وعادة ما تُخلط هذه المادة الطينية بحامض الكبريتيك لإذابة اليورانيوم، في حين تتبقَّى الجسيمات الصخرية ومعظم المعادن الأخرى دون أن تذوب؛ ومن ثمَّ تُسمَّى بالمخلفات.

وهناك طريقة أخرى للتعدين تسمَّى بالنضِّ الموقعي، وتنطوي على استخراج اليورانيوم مباشرة من الخام دون إحداث تغييرات كبيرة في الأرض التي تحتوي على هذا الخام. ويأتي نحو نصف ما ينتجه العالم الآن من اليورانيوم من هذا النوع من التعدين. ويجري النضُّ الموقعي عن طريق إضافة حامض أو قلوي ومعه عامل مؤكسد إلى المياه الجوفية، ثمَّ ضخُّ تلك المياه عبر خام اليورانيوم لتتغلغل فيه وتذيب اليورانيوم. وبعد ذلك يُضخُّ المحلول المحتوي على اليورانيوم الذائب إلى السطح لمواصلة معالجته.

وهكذا ينتج عن كلتي طريقتي التعدين سائلٌ يحتوي على يورانيوم ذائب. وعند الاقتضاء، يجري تصفية أي مخلفات متبقِّية عن طريق الترشيح. وبعد ذلك يُرسَّب اليورانيوم من السائل، ويُصفَّى بالترشيح، ثمَّ يُجفَّف لإنتاج ركازة أكسيد اليورانيوم، وتُحفظ هذه الركازة بعد ذلك في براميل. وتكون هذه الركازة في شكل مسحوق ذي لون أصفر زاه (ولهذا يُطلق عليه اسم «الكعكة الصفراء»)، أو أخضر داكن إذا كان تجفيف المسحوق قد جرى عند درجات حرارة مرتفعة.

وفور الانتهاء من معالجة الكعكة الصفراء مرة أخرى، وهو ما ينطوي في معظم الحالات أيضاً على إثرائها، يكون من الممكن استخدامها لصنع وقود نووي. وجميع البلدان التي يجري فيها تعدين اليورانيوم تُنتج الكعكة الصفراء. ولا تتَّسم الكعكة الصفراء إلا بنشاط إشعاعي خفيف.

— بقلم لورا غيل

مستقبل اليورانيوم كمصدر مستدام للطاقة

بقلم نُوَا مايهيو

تُعبَّأ الكعكة الصفراء في براميل خاصة محكمة الغلق مصنوعة من الصلب مماثلة في الحجم لبراميل النفط. ويزن البرميل الواحد الممتلئ ٣٥٠ كيلوغراماً على الأكثر.

(الصورة من: دين كالما/ الوكالة الدولية للطاقة الذرية)

وفقاً للوكالة الدولية للطاقة، يمكن أن يشهد الاستهلاك العالمي من الطاقة زيادة تصل إلى ١٨٪ بحلول عام ٢٠٣٠ و٣٩٪ بحلول عام ٢٠٥٠. وسيزيد هذا من الطلب على مصادر الطاقة المختلفة — بما في ذلك القوى النووية، ومن ثمَّ اليورانيوم.

وقالت آدريين هانلي، الأخصائية في موارد اليورانيوم في الوكالة الدولية للطاقة الذرية: «مع بدء تشغيل مفاعلات قوى جديدة وسحب مفاعلات أخرى من الخدمة، سيكون الحفاظ على إمدادات اليورانيوم عند مستوى مناسب وإدارته على النحو السليم عنصرين حاسمي الأهمية في إمدادات الطاقة خلال العقود المقبلة. ومن المتوقع أن يظلَّ الوقود القائم على اليورانيوم مصدراً أساسيًّا وموثوقاً للقوى النووية المنخفضة الكربون. وستتوقف كيفية استخدامنا لهذا الوقود في جانب كبير منها على استحداث تقنيات واستراتيجيات جديدة لإدارة الموارد على نحو مستدام».

وحتى في ظل سيناريو التوقعات المنخفضة الذي وضعته الوكالة بشأن مستقبل القوى النووية — والذي يشهد انخفاض حصة الطاقة النووية من سوق الطاقة حاليًّا من نسبة ١١٪ إلى نسبة ٦٪ فقط بحلول عام ٢٠٥٠ — فسوف تزداد قدرة توليد الطاقة النووية بنسبة ٢٤٪. أمَّا سيناريو الحالة المرتفعة فيشهد تضاعف القوى النووية بمعدَّل ٢,٨، وارتفاع حصة الطاقة النووية من سوق الطاقة العالمي إلى نسبة ١٣,٧٪ بحلول عام ٢٠٥٠.

ومع بلوغ تكنولوجيات القوى النووية الجديدة مرحلة النضج، بما ينطوي في بعض الحالات على احتياج كمية أقل من اليورانيوم أو استخدام النفايات النووية الحالية كوقود، فإنَّ الزيادة في توليد القوى النووية لن تعني بالضرورة زيادة بنفس النسبة في الطلب على اليورانيوم المستخرج. لكن من المتوقع أن يرتفع هذا الطلب على أية حال.

فكيف ستلبي الصناعة هذه الزيادة في الطلب؟ في حين توجد موارد كافية لليورانيوم يمكن الوصول إليها باستخدام ممارسات التعدين الحالية لما لا يقل عن ١٠٠ عام، فهناك بحوث جارية للوقوف على أساليب أخرى لاستغلال موارد اليورانيوم في العالم.

> **"يجب النظر إلى اليورانيوم باعتباره وقوداً منخفض الكربون يمكن أن يسهم في تحقيق العديد من أهداف التنمية المستدامة التي وضعتها الأمم المتحدة والوفاء بالعديد من الالتزامات المناخية."**
>
> — هاريكريشنان تولسيداس، مسؤول معني بالشؤون الاقتصادية في لجنة الأمم المتحدة الاقتصادية لأوروبا

استخراج اليورانيوم من البحر

يتمثَّل أحد هذه الأساليب في استخراج اليورانيوم من مياه البحر، التي تحتوي على أكثر من أربعة مليارات طن من اليورانيوم الذائب — وهو ما يفوق بكثير حجم الإمدادات التي يمكن في حدود التوقعات المعقولة ضمان توفيرها من أنشطة التعدين المضطلع بها في اليابسة. كما ينطوي الاستخراج من البحر أيضاً على وعد بأن يكون طريقة مراعية للبيئة ومستدامة لتعزيز الإمدادات العالمية من اليورانيوم.

ويُعَدُّ استخراج كميات يورانيوم قابلة للاستخدام من مياه البحر أسهل من الناحية النظرية من استخراجه

من الخام الموجود في باطن الأرض. ويتكوَّن اليورانيوم الموجود في مياه البحر نتيجة لتفاعلات كيميائية مطردة بين الماء والصخور المحتوية على اليورانيوم. وعند أخذ كمية من اليورانيوم من مياه البحر، ينضُّ الماء نفس الكمية لاحقاً من الصخور لتحل محلَّ الكمية المستخلصة. وسوف يعني نجاح البحوث الجارية في هذا الصدد توفير إمدادات يمكن اعتبارها غير محدودة من الناحية العملية.

وتنطوي الأساليب التي يجري تطويرها لاستخراج اليورانيوم من مياه البحر على استخدام ألياف مصنوعة من البولي إيثيلين، وهو نوع شائع من المواد البلاستيكية، بعد غمسها في أحد أكسيمات الأميدات، وهي مواد تجتذب ثاني أكسيد اليورانيوم وتربطه بالألياف. وتحتوي مياه البحر على اليورانيوم بنسبة ثلاثة مليغرامات في كلِّ متر مكعب من الماء، أو ما يعادل حبة ملح لكلِّ لتر. وبعد نحو شهر من النقع في مياه البحر، يمكن للعلماء أن يقوموا بسحب الألياف ومعالجتها باستخدام حامض يلتقط اليورانيوم ويجعل الألياف مناسبة لإعادة الاستخدام.

ورغم أنَّ هذا الأسلوب يخضع للدراسة البحثية منذ عقود، فلم تثبت بعد جدوى استخدامه تجاريًّا نظراً لانخفاض سعر اليورانيوم ووفرة الإمدادات الواردة من المناجم التقليدية. وخلال السنوات الخمس الماضية، انخفضت تكلفة استخراج اليورانيوم من البحر بواقع أربعة دولارات إلى ٤٤٠ دولاراً أمريكيًّا للكيلوغرام الواحد. لكن لا يزال يتعين أن ينخفض السعر كثيراً حتى يكون هذا الأسلوب قابلا للاستخدام على نطاق تجاري.

استخدام اليورانيوم بكفاءة أكبر

تتَّسم الكفاءة في استخدام اليورانيوم وإدارته بنفس مستوى الأهمية الذي يتسم به الحصول على اليورانيوم بطريقة مستدامة. وقد تزايد الاهتمام في جميع أنحاء العالم باستخدام المفاعلات النمطية الصغيرة، بفضل قدرتها على توليد القوى على نحو مرن لأغراض طائفة أوسع من الاستخدامات والتطبيقات. ومن المزايا التي تكفلها المفاعلات النمطية الصغيرة أنَّها — بحسب التكنولوجيا المستخدمة — يمكن أن تتطلَّب كمية أقل من اليورانيوم لتوليد نفس القدر من القوى.

ويمكن أن يؤدي نشر المفاعلات النمطية الصغيرة على نطاق واسع إلى تغيُّر كبير في كمية الطلب وإمكانية التنبؤ بالسوق. وفي الوقت الراهن، يلبي قطاع الصناعة الطلب الثابت من المفاعلات الكبيرة، والتي تختلف احتياجاتها من الإمدادات عن احتياجات المفاعلات الصغيرة.

وقالت هانلي إنَّه بالإضافة إلى استكشاف تكنولوجيات جديدة للحصول على المزيد من اليورانيوم، فسوف يتعين على قطاع صناعة الطاقة النووية دراسة الممارسات المتَّبعة في إدارة الموارد من أجل ضمان الاستدامة. وقد عملت الوكالة مع لجنة الأمم المتحدة الاقتصادية لأوروبا في السنوات الأخيرة من أجل التصدي للمسائل المتعلقة بإدارة الموارد، بما في ذلك الجدوى الاجتماعية والاقتصادية وقابلية التنفيذ من الناحية التكنولوجية والثقة في التقديرات.

وقال هاريكريشنان تولسيداس، وهو مسؤول معني بالشؤون الاقتصادية في لجنة الأمم المتحدة الاقتصادية لأوروبا: «يجب النظر إلى اليورانيوم باعتباره وقوداً منخفض الكربون يمكن أن يسهم في تحقيق العديد من أهداف التنمية المستدامة التي وضعتها الأمم المتحدة والوفاء بالعديد من الالتزامات المناخية. وسيكون للتكنولوجيات الجديدة دور حاسم في جعل إنتاج اليورانيوم مستداماً».

تحتوي مياه البحر على كمية يورانيوم أكبر من الكمية التي تحتوي عليها جميع المستودعات الموجودة على اليابسة مجتمعة، ولكن استخراج هذا اليورانيوم ليس مجدياً من الناحية الاقتصادية في الوقت الحالي.

تعرَّفوا على أوكلو: المفاعل النووي الطبيعي الوحيد المعروف على وجه الأرض والذي يبلغ من العمر ملياري عام

بقلم لورا غيل

عينتان من صخور أوكلو حصل عليهما متحف التاريخ الطبيعي في فيينا كتبرُّع.

(الصورة من: لودوفيك فيريير/ متحف التاريخ الطبيعي)

جلس الفيزيائي فرنسيس بيرَّان في محطة لمعالجة الوقود النووي في جنوب فرنسا، محدِّثاً نفسه: «لا يمكن أن يكون هذا ممكناً». كان ذلك عام ١٩٧٢. من ناحية، كانت هناك قطعة داكنة من خام اليورانيوم الطبيعي المشع، استُخرجت من منجم في أفريقيا. ومن ناحية أخرى، كانت هناك بيانات علمية مقبولة بشأن النسبة الثابتة لليورانيوم المشع في خام اليورانيوم.

واتضح من فحص هذه القطعة من خام اليورانيوم العالي الجودة المستخَرجة من منجم في غابون أنَّها تحتوي على نسبة أقل من اليورانيوم-٢٣٥ — أي من النوع الانشطاري. كانت النسبة أقل بمقدار ضئيل لكنه كاف لجعل الباحثين يتوقفون قليلاً ويفكِّرون في الأمر.

وكانت ردَّة الفعل الأولى والمنطقية من جانب الفيزيائيين على هذه النسبة غير المألوفة من اليورانيوم-٢٣٥ أنَّ هذا اليورانيوم ليس طبيعيًّا. فكلُّ اليورانيوم الطبيعي في وقتنا الحاضر يحتوي على نسبة قدرها ٠,٧٢٠٪ من اليورانيوم-٢٣٥. وهذه النسبة ثابتة سواء كان اليورانيوم مستخرجاً من القشرة الأرضية أو من صخور القمر أو صخور النيازك. بيت أنَّ تلك القطعة الصخرية من أوكلو كانت تحتوي فقط على نسبة قدرها ٠,٧١٧٪.

فماذا كان معنى ذلك؟ في البداية، كان كلُّ ما استطاع الفيزيائيون التفكير فيه هو أنَّ خام اليورانيوم تعرَّض في وقت سابق لانشطار نووي اصطناعي، أي أنَّ بعض نظائر اليورانيوم-٢٣٥ أُرغِمت على الانقسام خلال تفاعل نووي متسلسل. ويمكن لهذا أن يفسِّر سبب كون النسبة أقل من المعتاد.

ولكن بعد إجراء تحليلات تكميلية، تأكَّد بيرَّان وأقرانه من أنَّ خام اليورانيوم طبيعي تماماً. والأمر الأكثر إثارة للحيرة أنهم اكتشفوا بصمة لنواتج انشطارية في خام اليورانيوم. ومن ثمَّ توصَّلوا إلى استنتاج مفاده أنَّ خام اليورانيوم طبيعيٌّ وفي الوقت نفسه مرَّ بانشطار نووي. ولم يكن هناك سوى تفسير واحد ممكن — كانت الصخرة دليلاً على انشطار نووي طبيعي وقع قبل ما يزيد على ملياري سنة.

وقال لودوفيك فيريير أمين مجموعة الأحجار في متحف التاريخ الطبيعي في فيينا، حيث سيُعرض للجمهور جزء من هذه الصخرة المثيرة للتفكير في عام ٢٠١٩: «بعد إجراء مزيد من الدراسات، بما في ذلك فحوصات موقعية، اكتشفوا أنَّ خام اليورانيوم قد مرَّ بانشطار نووي من تلقاء نفسه. فلم يكن هناك أي تفسير آخر».

ولكي تكون هذه الظاهرة قد حدثت بصورة طبيعية، فلا ريب في أنَّ مستودعات اليورانيوم التي جاء منها هذا الخام والواقعة في غرب أفريقيا الاستوائية كانت تحتوي على كتلة حرجة من اليورانيوم-٢٣٥ ليبدأ التفاعل. وبالفعل، كان هذا هو الحال في ذلك الوقت.

> **"نريد أن يكون الناس على دراية بالنشاط الإشعاعي الطبيعي، لكي يدركوا أنَّ النشاط الإشعاعي موجود حولنا في كلِّ مكان، وأنَّه طبيعي، وأنَّه لا يشكِّل خطراً عند المستويات المنخفضة."**
>
> — لودوفيك فيريير، أمين مجموعة الصخور، متحف التاريخ الطبيعي، فيينا، النمسا

وهناك عامل مساهم ثان لم يكن هناك بدٌّ من توافره حتى يحدث تفاعل نووي متسلسل ويستمر، ألا وهو وجود مهدِّئ. وفي هذه الحالة كان المهدِّئ هو الماء. فمن دون وجود الماء للتقليل من سرعة النيوترونات، لم يكن من الممكن أن يحدث انشطار نووي محكوم. وببساطة لم تكن الذرات لتنقسم.

وقال بيتر وودز، وهو قائد فريق مسؤول عن إنتاج اليورانيوم في الوكالة: «كما هو الحال داخل مفاعلات الماء الخفيف التي صنعها البشر، إذا لم تجد التفاعلات الانشطارية ما يهدِّئها عن طريق إبطاء النيوترونات، فإنَّها تتوقف بكلِّ بساطة. وقد قام الماء بدور المهدئ في حالة صخور أوكلو، حيث امتص النيترونات ليصير التفاعل المتسلسل محكوماً».

ومما ساعد على ذلك أيضاً السياق الجيولوجي المحدَّد في المنطقة التي تقع الآن في غابون. وكانت التركُّزات الكيميائية لليورانيوم إجمالاً (بما في ذلك اليورانيوم-٢٣٥) عالية بما فيه الكفاية، وكانت فرادى المستودعات سميكة وكبيرة بما فيه الكفاية. وأخيراً، فقد تمكَّنت صخور أوكلو من البقاء رغم مرور الزمن. ويظنُّ الخبراء أنَّ العالم يمكن أن يكون قد شهد وجود مفاعلات طبيعية أخرى مماثلة، ولكن لا بدَّ من أنَّ العمليات الجيولوجية قد دمَّرتها أو أنَّها قد تآكلت أو تعرَّضت للاستخفاض — أو أنَّها ببساطة لم يُعثر عليها بعد.

وقال وودز: «إنَّ ما يجعل الأمر مبهراً للغاية هو اجتماع هذه الظروف من حيث الوقت والطبيعة الجيولوجية والمياه حتى يكون هذا ممكناً من الأصل. ثمَّ إنَّه ظلَّ محفوظاً حتى اليوم. وهكذا نجح المحقِّقون في حلِّ اللغز».

عينة من الصخور في مدينة مقر الوكالة

تُخزَّن العينات من صخور أوكلو، والتي استُخرِج بعضها أثناء عمليات الحفر، في المقر الرئيسي لشركة أورانو الفرنسية العاملة في مجال القوى النووية والطاقة البديلة. وفي أوائل عام ٢٠١٨، تلقَّى متحف التاريخ الطبيعي في فيينا تبرُّعاً بعينتين مشطورتين إلى نصفين مأخوذتين من قلب مثقب اسطواني. وأمكن تقديم هذا التبرُّع بفضل مساهمة مالية من شركة أورانو ومن المفوضية الفرنسية للطاقة الذرية والطاقات البديلة، بدعم من البعثة الفرنسية الدائمة لدى الأمم المتحدة والمنظمات الدولية في فيينا. وقدَّم علماء الوكالة يد العون عند تسليم العينتين إلى فيينا عن طريق رصد مستويات النشاط الإشعاعي وتيسير مناولة الصخور بأمان.

وينبعث من العينتين إشعاع مقداره نحو ٤٠ ميكروسيفرت في الساعة على مسافة ٥ سنتيمترات، وهو مستوى قريب من مستوى جرعة الإشعاع الكوني التي يتلقاها مسافر على متن رحلة جوية من فيينا إلى نيويورك لمدَّة ٨ ساعات. وقد اعتاد المتحف، الذي يستقبل ٧٥٠٠٠٠ زائر سنويًّا، على التعامل مع العينات المشعة إذ إنَّه يعرض بالفعل عدداً من الصخور والمعادن ذات النشاط الإشعاعي الضئيل.

وقال فيرير: «نريد أن يكون الناس على دراية بالنشاط الإشعاعي الطبيعي، لكي يدركوا أنَّ النشاط الإشعاعي موجود حولنا في كلِّ مكان، وأنَّه طبيعي، وأنَّه لا يشكِّل خطراً عند المستويات المنخفضة. فالنشاط الإشعاعي موجود في الأرضيات والجدران في منازلنا، وفي الطعام الذي نتناوله، وفي الهواء الذي نستنشقه، بل وفي أجسادنا ذاتها. فهل يمكن شرح هذا الأمر بطريقة أفضل من عرض عينة حقيقية من الصخور المأخوذة من أوكلو، حيث حدث الانشطار النووي بصورة طبيعية قبل مليارات السنين؟»

وسوف يشتمل المعرض الدائم على مجموعة مختلفة من مصادر النشاط الإشعاعي الأساسي. ولعلَّ عرض خريطة تبيِّن توزُّع النشاط الإشعاعي في العالم أو جهاز للكشف عن الإشعاع أو عدَّاد غايغر أو غرفة سحابية يتيح للزائرين أن يروا بأعينهم التعرُّض للإشعاع الطبيعي.

وقال فيرير: «إنَّ الصخور مثل الكتب، يمكن النظر إلى الغلاف والحصول على بعض المعلومات الأولية، بيد أنَّ القصة الكاملة لا تُعرف إلا بفتح الكتاب».

لودوفيك فيريير، أمين مجموعة الصخور، يحمل في يديه مفاعل أوكلو في متحف التاريخ الطبيعي في فيينا. واعتباراً من عام ٢٠١٩، ستُعرض في المتحف بصورة دائمة عينة من صخور أوكلو.

(الصورة من: لورا غيل/ الوكالة الدولية للطاقة الذرية)

نظرة متعمقة على إنتاج اليورانيوم: الحالة الراهنة والآفاق والتحديات

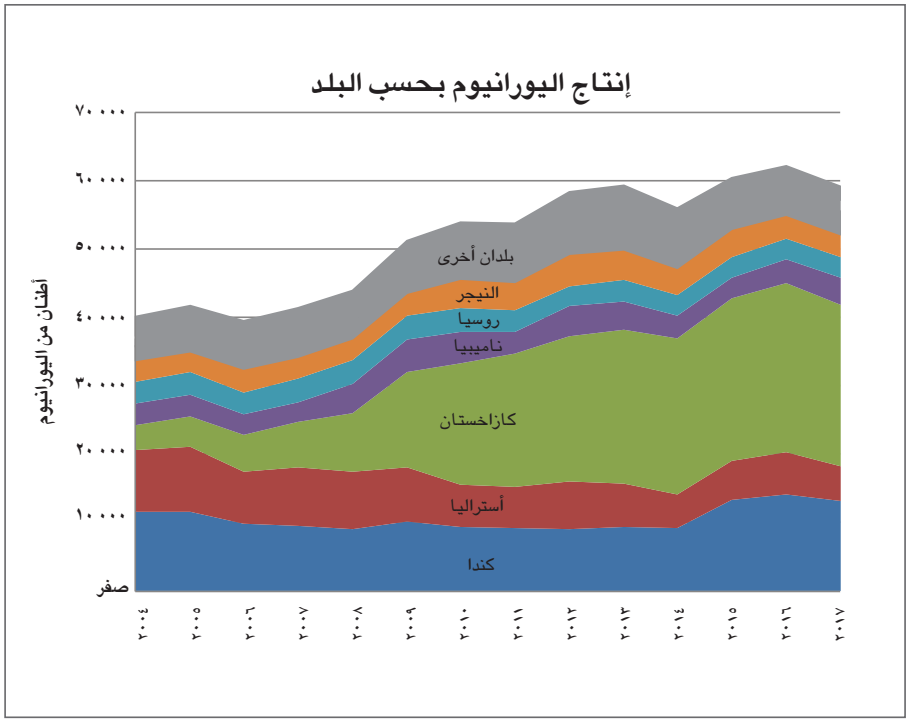
بقلم ألكساندر بويتسوف

وفقاً لتقريرين صدرا مؤخَّراً، فسوف يكون عرض اليورانيوم مفرطاً حتى عام ٢٠٢٣ على الأقل. ويقدِّم كلا المنشورين، وهما «تقرير آفاق سوق اليورانيوم لعام ٢٠١٨» الصادر عن شركة Ux للاستشارات و«تقرير الوقود النووي لعام ٢٠١٧» الصادر عن الرابطة النووية العالمية، تنبُّؤات بشأن العرض والطلب فيما يتعلق بدورة الوقود النووي حتى عامي ٢٠٣٠ و٢٠٣٥ على التوالي.

ويذكر التقريران أنَّ نحو ١٠٪ من المتطلبات العالمية سوف يُوفَّر من مصادر ثانوية خلال الفترتين المشمولتين بالتنبُّؤات. وتشمل هذه المصادر الثانوية مخزونات مدنية تحتفظ بها هيئات المرافق العامة والحكومات، واليورانيوم والبلوتونيوم المعاد تدويرهما، واليورانيوم المستنفد المعاد إثراؤه. بيد أنَّ حصة هذه المصادر من مجمل الكمية المعروضة من اليورانيوم ستنخفض تدريجيًّا مع مرور الوقت، وهو ما يعني أنَّ اليورانيوم الأوَّلي، أي المستمد من مصادر طبيعية، ليست له بدائل يُعتدُّ بها على المدى الطويل.

وسوف ينخفض إنتاج اليورانيوم الأوَّلي من المناجم القائمة بنسبة ٣٠٪ بحلول عام ٢٠٣٥ بسبب استنفاد الموارد وإغلاق المناجم — ولن تكفي الكمية المنتجة من المناجم الجديدة إلا لتعويض إنتاج المناجم المستهلَكة. ويُشير كلا التقريرين إلى أن الطلب على اليورانيوم قد يفوق العرض في الفترة من عام ٢٠٢٣ إلى عام ٢٠٢٦. وبغية سدِّ الفجوة وزيادة الإنتاج بما يكفل الوصول إلى الكمية المطلوبة البالغة ٣٠٠٠٠ طن سنويًّا بحلول عام ٢٠٣٥، ينبغي أن تبدأ المناجم الجديدة المتوقَّعة الإنتاج خلال السنوات العشر المقبلة. غير أنَّ المشكلة هي أنَّه وفقاً لخطط الشركات المعنية لم يؤكَّد بعد الشروع في أي تطوير لهذه المناجم المستقبلية. وعلى ضوء ذلك، هل تُعدُّ مصادر اليورانيوم والقدرات التعدينية على الصعيد العالمي كافية لتلبية المتطلبات الطويلة الأجل لمحطات القوى النووية؟

ورغم الكساد الذي يشهده السوق فقد واصل إنتاج اليورانيوم النمو باطراد في العقد الأخير ليصل إلى ٦٢٠٠٠ طن في عام ٢٠١٦، وهو أعلى مستوى تاريخي له في الفترة الممتدَّة منذ عام ١٩٨٣. (وبلغ الإنتاج في عام ٢٠١٧ كمية قدرها ٥٩٠٠٠ طن.) ويُعزى هذا النمو في معظمه إلى طفرة في الإنتاج في كازاخستان، التي زادت إنتاجها من اليورانيوم خلال الأعوام العشرة الأخيرة إلى ستة أضعافه في بداية الفترة، وهي أكبر منتج منذ عام ٢٠٠٩ (انظر الشكل ١).



الشكل ١ – إنتاج اليورانيوم بحسب البلد

المصدر: بيانات جمعها الكاتب، على أساس التقارير العلنية التي تنشرها الشركات المنتجة لليورانيوم.

يشغل ألكساندر بويستوف منصب مستشار نائب الرئيس في شركة Uranium One Group في موسكو. وهو يتمتَّع بخبرة تمتدُّ على مدى ٤٠ عاماً في مجالات استكشاف مستودعات اليورانيوم وتقدير الموارد والتعدين والمعالجة. ومنذ عام ١٩٩٤، يمثِّل بويستوف الاتحاد الروسي في فريق اليورانيوم المشترك بين وكالة الطاقة النووية التابعة لمنظمة التعاون والتنمية في الميدان الاقتصادي والوكالة الدولية للطاقة الذرية، وشارك في رئاسة اللجنة التي أعدَّت «تقرير أسواق الوقود النووي لعام ٢٠١١» الصادر عن الرابطة النووية العالمية.

وقد ألَّف بويستوف بمفرده وبالاشتراك مع آخرين أكثر من ١٠٠ منشور في روسيا وعلى مستوى العالم، بما في ذلك دراسة في موضوع «جيولوجيا اليورانيوم وتعدينه واقتصاده»، نُشرت عام ٢٠١٢.

والنضُّ الموقعي هو الطريقة الأساسية المستعملة اليوم في تعدين اليورانيوم في ذلك البلد. وقد ارتفعت حصة البلاد من الإنتاج العالمي من ٢٠٪ في عام ٢٠٠٥ إلى ٥٠٪ في عام ٢٠١٦ و٢٠١٧. بيد أنَّ قدرات التعدين باستخدام النضِّ الموقعي سوف تبدأ في التراجع بعد عام ٢٠٢٨، وفقاً لتقرير شركة Ux للاستشارات، وذلك بسبب استنفاد الموارد، مع حدوث تراجع حاد في الإنتاج من مناجم النضِّ الموقعي المنخفضة التكلفة اعتباراً من عام ٢٠٢٢. وقد تواجه شركات اليورانيوم تحديات اقتصادية وتقنية فيما يتعلق باستهلال مشاريع تعدين جديدة قائمة على النضِّ الموقعي نظراً لارتفاع التكلفة ومحدودية الموارد المتاحة.

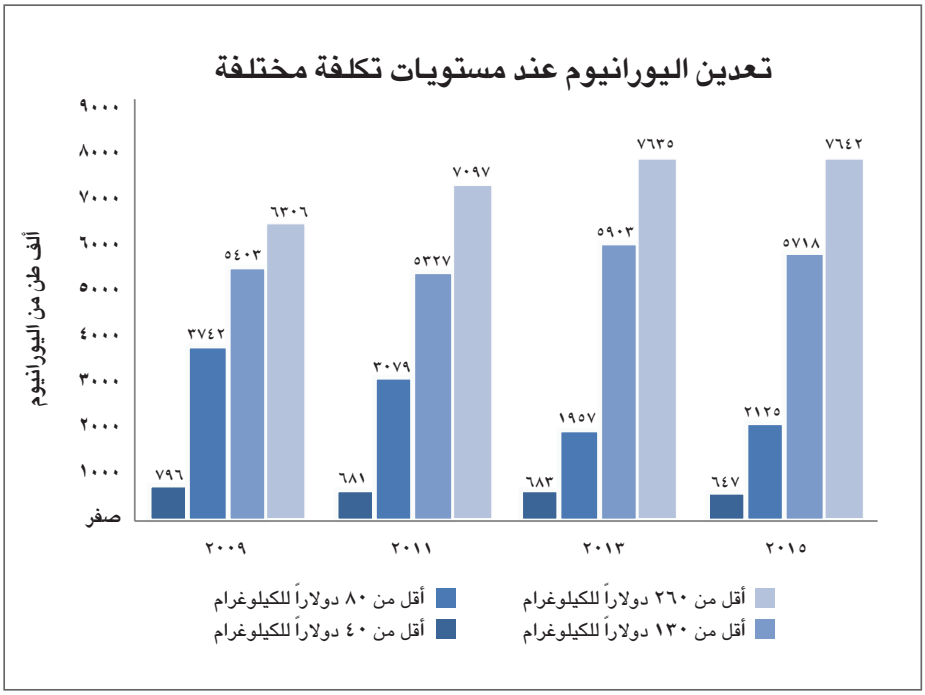
ومن بين المناجم العاملة في الوقت الراهن والبالغ عددها ٤٣ منجماً، لا يُنتج اليورانيوم بتكلفة أقل من أسعار التسليم الفوري في الأسواق إلا نسبة قدرها ٤٠٪، وفقاً لتقرير شركة Ux للاستشارات. ومن المرجح ألا يبقى في سوق اليورانيوم الحالية بما تواجهه من صعوبات سوى الشركات ذات الإنتاج المنخفض التكلفة أو التي لديها عقود طويلة الأجل بشروط مواتية.

وبالإضافة إلى انخفاض أسعار اليورانيوم، تواجه الشركات قيوداً مرتبطة بعوامل سياسية واجتماعية وبيئية. وقد أعاقت هذه القيود تطوير العديد من مشاريع اليورانيوم في أستراليا وروسيا وكازاخستان وكندا والعديد من البلدان في أفريقيا. ويمكن أن يتسبَّب هذا في تراجع إنتاج اليورانيوم في عام ٢٠١٨ بنسبة لا تقل عن ١٠٪.

وفي حين أنَّ كازاخستان هي اليوم أكبر منتِج في العالم، فقد تواجه أيضاً في المستقبل جميع التحديات المذكورة آنفاً. وتخطِّط كازاخستان للمحافظة على قدرات تعدين اليورانيوم الحالية عند مستوى ٢٥ ٠٠٠ طن سنويًّا خلال السنوات الخمس المقبلة، غير أنَّ هذا المستوى قد ينخفض بنسبة ٤٠٪ بحلول عام ٢٠٣٠ وبنسبة ٧٠٪ بحلول عام ٢٠٣٥، وذلك بسبب استنفاد الموارد وإغلاق المناجم القديمة.

موارد كافية من اليورانيوم، لكن بأي تكلفة؟

يُعَدُّ وجود موارد موثوقة ومنخفضة التكلفة لليورانيوم أمراً أساسيًّا من أجل تحقيق إنتاج مستدام في الأجل الطويل. وعموماً، تُعتبر موارد اليورانيوم العالمية أكثر من كافية لضمان تلبية الاحتياجات الطويلة الأجل لقطاع الصناعة النووية. ومع ذلك، ففي الوقت نفسه، هناك موارد عديدة تنتمي إلى الفئات العالية التكلفة. وبعد عام ٢٠٢٠، قد يواجه منتجو اليورانيوم نقصاً في الموارد المنخفضة التكلفة. وخلال العقد الأخير، ارتفع مجموع موارد اليورانيوم العالمية المعروفة بنسبة ٢١٪، بيد أنَّ الموارد التي تنتمي إلى الفئة المنخفضة التكلفة، أي التي تقلُّ تكلفة الإنتاج فيها عن ٨٠ دولاراً أمريكيًّا للكيلوغرام الواحد من اليورانيوم، انخفضت بنسبة ٤٨٪ (انظر الشكل ٢).



الشكل ٢ – تطوُّر موارد اليورانيوم

المصدر: «اليورانيوم في عام ٢٠١٦: موارده وإنتاجه والطلب عليه»، تقرير مشترك صادر عن وكالة الطاقة النووية والوكالة الدولية للطاقة الذرية.

الوكالة تتوسَّع في بناء القدرات لمكافحة سرطان الأطفال

عقدت الوكالة شراكة جديدة ستمكّنها من تحسين المساعدة التي تقدّمها للبلدان ذات الدخل المنخفض والمتوسط من أجل زيادة فرص الوصول إلى الكشف المبكر عن سرطان الأطفال وعلاجه. وبموجب اتفاق التعاون مع المنظمة الدولية لسرطان الاطفال (CCI)، الذي وُقِّع في مطلع حزيران/يونيه ٢٠١٨، ستعمل المنظمة والوكالة سويًّا من أجل توفير التدريب المتخصِّص للمهنيين العاملين في مجال طب الأطفال، وإذكاء الوعي وحشد الموارد لصالح الأطفال المصابين بالسرطان في الدول الأعضاء في الوكالة.

وتضمُّ المنظمة الدولية لسرطان الأطفال ١٨٨ منظمةً في ٩٣ بلداً تمثِّل الآباء والأمهات والشباب الناجين من السرطان، وتعمل على ترويج أفضل الممارسات، وتطوير نُهُج فعالة ومبتكرة، وتقديم حلول فعالة من حيث التكلفة للحدِّ من الوفيات الناجمة عن سرطان الأطفال. وتنفِّذ المنظمة مشاريع في العديد من البلدان، بما في ذلك إثيوبيا وغانا وميانمار، لتلبية احتياجات الرعاية الصحية للأطفال الخاضعين للعلاج، وتدريب الحاصلين على منح دراسية في مجال طب أورام الأطفال، وبناء مرافق تُدار على نحو مستدام، وإنشاء مجموعات الدعم التي تضمُّ الآباء والأمهات.

ويزيد عدد حالات الإصابة السرطان التي تُشخَّص لدى أطفال دون سن ١٤ عاماً على ٣٠٠٠٠٠ حالة سنويًّا، وهذا العدد آخذ في الازدياد. وقدَّر تقرير نشرته مجلة The Lancet الطبية في عام ٢٠١٥ عن نتائج دراسة CONCORD-2 أنَّ فرص نجاة الأطفال في مناطق العالم الأقل نموًّا يمكن أن تتدنَّى لتصل إلى ٣٠٪ مقارنة بأكثر من ٨٠٪ في البلدان ذات الدخل المرتفع.

زيادة فرص الحصول على العلاج

قال يانغ دازهو، نائب المدير العام للوكالة ورئيس إدارة التعاون التقني: «هذه الترتيبات تُرسي التعاون في مجال مكافحة سرطان الأطفال، وهو ما سيزيد من إمكانية الحصول على خدمات العلاج الإشعاعي للأطفال المصابين بالسرطان في البلدان النامية. وستقدِّم هذه الشراكة المزيد من الدعم لدولنا الأعضاء في سعيها لتلبية لطلب المتزايد على خدمات السرطان والمهارات المتخصصة في هذا المجال».

وقد دأبت الوكالة على العمل على نحو وثيق مع الدول الأعضاء من أجل وضع وتنفيذ برامج تشمل الطب الإشعاعي في إطار نهج متعدِّد التخصُّصات لمكافحة السرطان، ابتداءً بالوقاية والكشف المبكِّر ووصولاً إلى العلاج. وبالإضافة إلى تدريب المهنيين الصحيين، تسهم الوكالة في تدابير مراقبة الجودة وفي شراء المعدات اللازمة لعلاج سرطانات الأطفال عن طريق نقل التكنولوجيات المتقدِّمة مثل العلاج بالبروتونات. وتضع الوكالة إرشادات بشأن الأمان ووقاية المرضى الذين يتلقون العلاج الإشعاعي، بما في ذلك الأطفال.

وقالت روث هوفمان، رئيسة المنظمة الدولية لسرطان الاطفال، إنَّه بفضل مشاركة الوكالة في تشخيص السرطان وعلاجه على مستوى العالم، تتوقع المنظمة أن تعود الشراكة بالمنفعة على المرضى صغار السن وأُسرهم في جميع أنحاء العالم. وهدفنا هو أن يحصل جميع الأطفال والمراهقين المصابين بالسرطان على أفضل مستوى ممكن من الرعاية، وأن يتمكنوا من الحصول على الخدمات التشخيصية. ويمكننا تحقيق هذا الهدف بمساعدة الوكالة».

— بقلم جيمس هوليت

تطبيق حاسوبي للعبة على الإنترنت يفوز بمسابقة الوكالة للطلاب

أعضاء فريق الطلاب الماليزي المشارك في المسابقة التي نظَّمتها الوكالة للنُّهُج المبتكرة في الترويج للعلوم والتكنولوجيا النووية يعرضون تطبيقهم الحاسوبي الذي فاز بالمسابقة، ٣١ أيار/مايو ٢٠١٨، غيونغجو، كوريا الجنوبية.

(الصورة من: الوكالة الدولية للطاقة الذرية)

فاز فريق من طلاب مدرسة ثانوية من ماليزيا في المسابقة الدولية للطلاب التي نظَّمتها الوكالة، وكان الفريق قد تقدَّم للمسابقة بتطبيق لعبة على الحاسوب يهدف إلى الترويج للعلوم النووية، وأُعلن عن الفائزين في مؤتمر الوكالة الدولي الثالث المعني بتنمية الموارد البشرية لبرامج القوى النووية، الذي عُقد في غيونغجو، كوريا الجنوبية، في أيار/مايو ٢٠١٨.

وأطلق أعضاء فريق مدرسة SMK Kuala Besut الثانوية على التطبيق الذي وضعوه اسم «١٠٠ شيء عن العلوم النووية والحياة». وبعد إطلاق هذه الأداة التثقيفية في أوائل عام ٢٠١٨، وجد الطلاب أنَّ آراء السكان المحليين والسياح المشاركين عن قطاع الصناعة النووية قد تغيَّرت جذريًّا.

وقالت صفية بنت محمد ناصر، وهي أحد الطلاب الماليزيين الثلاثة الأعضاء في الفريق

الفائز: «قبل المشروع، أعرب ٩٣٪ من المشاركين عن موقف سلبي تجاه العلوم والتكنولوجيا النووية. ولكن بعد التعرُّف على العناصر الأساسية للتطبيقات النووية، أصبح لدى ٩٦٪ من المجيبين تصور إيجابي عن الطاقة النووية والعلوم النووية على السواء».

وتهدف مسابقة الطلاب، التي عُقدت بالتزامن مع المؤتمر الذي استمرَّ على مدى أربعة أيام، إلى تعزيز الاهتمام بالعلوم والتكنولوجيا النووية بين طلاب المدارس الثانوية، وفُتح باب المشاركة فيها للطلاب في جميع أنحاء العالم. وكُلِّفَ الطلاب الذين تتراوح أعمارهم بين ١٤ و١٨ بمهمة تعزيز المناقشة وإذكاء الوعي بتأثير العلوم والتكنولوجيا النووية في الحاضر وفي المستقبل.

ووصلت إلى المرحلة النهائية خمسة أفرقة، من كوريا الجنوبية وماليزيا وهنغاريا والولايات المتحدة الأمريكية واليابان، اختيرت بناءً على تصميمها وتنفيذها المشاريع الأكثر ابتكاراً من بين سائر المتقدِّمين، ومن ثَمَّ فازت جميعها برحلة إلى غيونغجو لعرض هذه المشاريع في مؤتمر الوكالة.

وأكَّد وان مود شاتار، المعلِّم المشرف على فريق مدرسة SMK Kuala Besut الثانوية أنَّه:

«من المهم أن نلاحظ أنَّ طلابنا أتوا من قرية تعتمد على صيد الأسماك في ماليزيا ليس فيها إلا قدر محدود من المعرفة بالعلوم النووية. ومن خلال هذه المسابقة، لم يكن عليهم فقط التفاعل مع المجتمع المحلي، بل بدأوا أيضًا في استكشاف مجال علمي جديد».

وشملت معايير الاختيار في المراحل الأولى الدقة والابتكار والأثر المحتمل والتوازن بين الجنسين.

وقال أندرو كنغ، نائب مدير مدرسة Alliance Dr. Olga Mohan الثانوية في الولايات المتحدة الأمريكية، والتي ينتمي إليها أحد الأفرقة التي وصلت للمرحلة النهائية: «عندما عرفنا لأول مرة بمسابقة الطلاب الدولية، أدركنا أنَّها فرصة عظيمة لمعرفة المزيد عن قطاع الصناعة النووية ولتأكيد شغفنا بإيجاد عالم يستفيد من الطاقة النووية المأمونة». ووجد طلاب المدرسة الثانوية أنَّ صورة الطاقة النووية بين صفوف الطلاب كان يغشاها الخوف من الأسلحة النووية، وأنَّ هناك حاجة إلى المزيد من التواصل من جانب الصناعة النووية لإعلام الطلاب بأنواع المهن المتاحة في القطاع النووي.

وفي ختام المؤتمر، شدَّد إيف بريشيه، المفوَّض السامي لمفوضية الطاقة الذرية والطاقات البديلة في فرنسا، على أنَّ جميع مستويات التعليم، من المدارس الابتدائية وحتى برامج الدكتوراه، لها دور حاسم في مستقبل الطاقة النووية. وفي الواقع، فإنَّ جميع المشاكل المعاصرة التي تواجهها الصناعة النووية لها مكان في التعليم والتدريب، كما يلي:

- تتطلَّب زيادة قبول الجمهور للقوى النووية تثقيف عموم الجمهور وتزيد من أهمية توفير التعليم العلمي للجميع؛
- وتتطلَّب الحاجة لزيادة الكفاءة والأمان تنشئة جيل جديد من المهندسين على دراية أكبر بالمحاكاة الحاسوبية وتحليل البيانات؛
- وتتطلَّب تنمية الابتكار مشاريع طويلة الأجل في مجال العلوم الهندسية وأكاديميين من مجالات مختلفة.

واجتذب المؤتمر قرابة ٥٢٠ مشاركاً ومراقباً من ٥١ بلداً وخمس منظمات دولية.

— بقلم شانت كريكوريان

الوكالة تُطلق مركزاً لبناء القدرات في مجال الطاقة النووية

أطلقت الوكالة الدولية للطاقة الذرية منصة رقمية جديدة تركِّز على تخطيط القوى العاملة، والقيادة، والتدريب، وإشراك أصحاب المصلحة، والأداء البشري، لدعم البلدان التي تشغِّل محطات قوى نووية والبلدان التي تفكِّر في استهلال برامج جديدة للقوى النووية أو تعمل على ذلك. ويتيح مركز بناء القدرات في مجال الطاقة النووية للمستخدمين المسجَّلين الانضمام إلى جماعات نشطة من الممارسين من أجل تبادل المعلومات وبناء القدرات وإقامة الشبكات.

ويتيح المركز للخبراء الانضمام لجماعات الممارسين المعنية بكلِّ موضوع، وتقديم تعقيبات على مسوَّدات منشورات الوكالة، واستكشاف أدوات التعلُّم الإلكتروني التي توفِّرها الوكالة، والوصول إلى صفحات شبكية أخرى ذات صلة، وتصفُّح منشورات الوكالة، والاطلاع على وثائق الاجتماعات السابقة.

وقالت لوتا هالت، وهي أخصائية تدريب في مجال القوى النووية بالوكالة: «يوفِّر المركز مساحة تفاعلية فريدة على الإنترنت للمتخصصين العاملين في المجال النووي. وسيكون بمثابة مركز الوكالة المتكامل للمعلومات والمناقشات بشأن المواضيع المتعلقة بتنمية الموارد البشرية وإشراك أصحاب المصلحة لأغراض برامج القوى النووية».

وقُدِّم المركز في المؤتمر الدولي الثالث المعني بتنمية الموارد البشرية لبرامج القوى النووية، الذي عُقد في غيونغجو بجمهورية كوريا الجنوبية، في الفترة من ٢٨ إلى ٣١ أيار/مايو ٢٠١٨.

ويأتي إنشاء المركز على إثر طلبات وردت من الدول الأعضاء من أجل تحديث طريقة التواصل بين المهنيين العاملين في المجال النووي. ويهدف المركز إلى إيجاد محافل تتَّسم بسرعة أكبر في التواصل وتكفل قدراً أكبر من التعاون.

للتسجيل والمشاركة، يُرجى الاتصال بعنوان البريد الالكتروني التالي:

HRD.Contact-Point@iaea.org

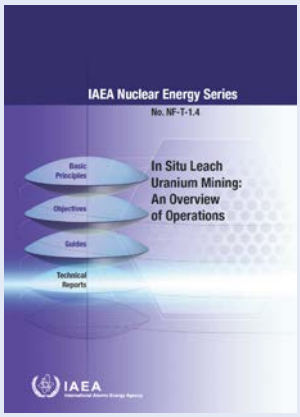
— بقلم ليزا بيرتلو

توزُّع رواسب اليورانيوم في العالم، الإصدار الثاني
(World Distribution of Uranium Deposits)

يتألَّف هذا الإصدار من خريطة رقمية تفاعلية شاملة ومتكاملة على الإنترنت تُظهر توزُّع اليورانيوم ومستودعاته في العالم. وقد أُعدَّ هذا الإصدار بإسهامات من كلٍّ من هيئة المسح الجيولوجي في ساسكاتشوان، وهيئة المسح الجيولوجي في جنوب أستراليا، وهيئة المسح الجيولوجي الأمريكية. وكان الإصدار الأول من الخريطة، الذي نُشر في عام ١٩٩٥، يتضمَّن ٥٨٢ مستودع يورانيوم حول العالم؛ في حين يتضمَّن هذا الإصدار الأخير ٢٨٣١ مستودعاً. ويتيح الإصدار الجديد أدوات تفاعلية متقدِّمة وهو أيضاً متوفر في نسخة مطبوعة. (راجع المقال المنشور في الصفحة ١٢ للاطلاع على لمحة عامة أكثر تفصيلاً.)

منشورات غير مسلسلة؛ الرقم الدولي الموحَّد للكتاب: ٤-١٨-١٠٠١١٨-٠-٩٢-٩٧٨؛ الطبعة الإنكليزية؛ ٢٠,٠٠ يورو؛ ٢٠١٨

https://www-pub.iaea.org/books/IAEABooks/12314/World-Distribution-of-Uranium-Deposits

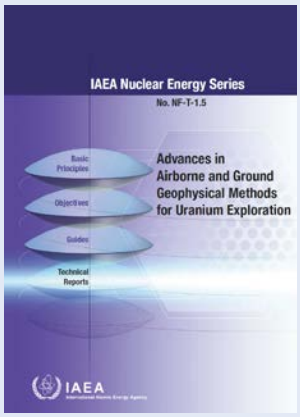


تعدين اليورانيوم بالنضِّ الموقعي: لمحة عامة عن العمليات
(In Situ Leach Uranium Mining: An Overview of Operations)

يقدِّم هذا المنشور لمحة تاريخية ويعرض الخبرات المكتسبة في مجال التعدين بالنضِّ الموقعي حول أنحاء العالم. وقد أصبح هذا الأسلوب واحداً من الطرائق المعتادة لإنتاج اليورانيوم. ويمكن استخدام المنشور لتوجيه وضع الأنشطة التقنية، مع مراعاة الاعتبارات البيئية والتشديد على الاقتصاديات التي تنطوي عليها العملية، بما في ذلك الإغلاق المسؤول لمواقع التعدين. ويوفِّر المنشور معلومات عن كيفية تصميم وتشغيل وتنظيم المشاريع الحالية والمستقبلية بأمان وكفاءة، بهدف الارتقاء بالأداء إلى أعلى مستوياته والتقليل إلى أدنى حدٍّ من الآثار البيئية السلبية.

العدد NF-T-1.4 من سلسلة الطاقة النووية الصادرة عن الوكالة؛ الرقم الدولي الموحد للكتاب: ٠-١٠٢٧١٦-٠-٩٢-٩٧٨؛ الطبعة الإنكليزية؛ ٣٠,٠٠ يورو؛ ٢٠١٦

https://www-pub.iaea.org/books/iaeabooks/10974/Uranium-Mining



تطورات الأساليب الجيوفيزيائية الجوية والأرضية لاستكشاف اليورانيوم
(Advances in Airborne and Ground Geophysical Methods for Uranium Exploration)

يسلِّط هذا المنشور الضوء على الأجهزة الجيوفيزيائية المصمَّمة حديثاً وتطبيقها في مجال استكشاف اليورانيوم، ويصف بإيجاز الأساليب الحديثة ويوضِّح كيفية تطبيقها بالأمثلة.

العدد NF-T-1.5 من سلسلة الطاقة النووية الصادرة عن الوكالة؛ الرقم الدولي الموحد للكتاب: ٦-١٢٩٠١٠-٠-٩٢-٩٧٨؛ الطبعة الإنكليزية؛ ٢٦,٠٠ يورو؛ ٢٠١٣

https://www-pub.iaea.org/books/IAEABooks/8641/Uranium-Exploration

للحصول على معلومات إضافية، أو لطلب كتاب،
يُرجى الاتصال على العنوان التالي:

Marketing and Sales Unit
International Atomic Energy Agency
Vienna International Centre, PO Box 100, A-1400 Vienna, Austria
البريد الإلكتروني: sales.publications@iaea.org

ISSN 1819-1800 18-02732

المؤتمر الوزاري

العلوم والتكنولوجيا النووية: التصدي للتحديات الراهنة والناشئة التي تواجه التنمية

٢٨-٣٠ تشرين الثاني/نوفمبر ٢٠١٨
فيينا، النمسا

IAEA
الوكالة الدولية للطاقة الذرِّية
تسخير الذرَّة من أجل السلام والتنمية

#Atoms4Life

CN-262

18-01036

المحفل العلمي للوكالة الدولية للطاقة الذرية

تسخير التكنولوجيا النووية من أجل المناخ

التخفيف من حدَّته

رصده

التكيُّف معه

١٨–١٩ أيلول/سبتمبر ٢٠١٨

مركز فيينا الدولي
قاعة المجلس D
المبنى C
الطابق الرابع

https://www.iaea.org/scientific-forum

IAEA
الوكالة الدولية للطاقة الذرِّية
تسخير الذرَّة من أجل السلام والتنمية

18-02863A