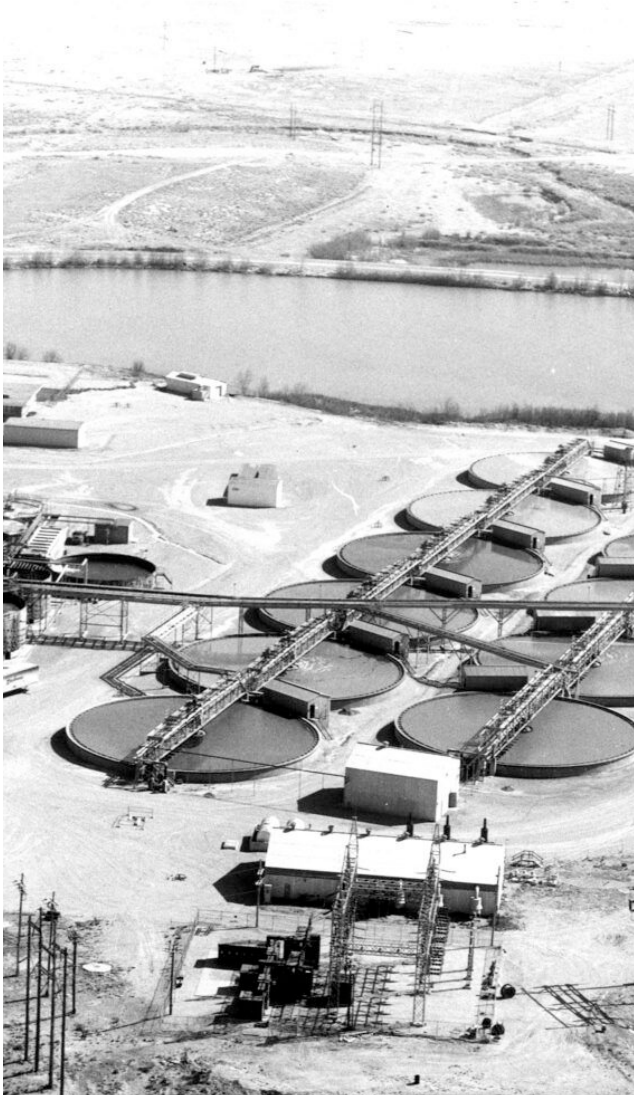


ROSATOM NEWSLETTER

01.

HISTÓRIAS

Hungria: início de uma grande construção
VVER-TOI: Excelência em cada letra
Perspectivas quânticas



02.

TENDÊNCIAS

Tornando as minas antigas seguras



Hungria: início de uma grande construção

O lançamento do primeiro concreto para a laje de fundação da Unidade 5 de Paks II, na Hungria, começou em 5 de fevereiro de 2026. A nova usina nuclear substituirá unidades que estão em operação desde a década de 1980 e continuará a fornecer eletricidade nuclear limpa, confiável e acessível aos residentes e à indústria do país.



A unidade 5 dá continuidade à cooperação entre profissionais nucleares húngaros e russos (antigos soviéticos) que começou na década de 1960. Entre 1982 e 1987, quatro unidades de energia da usina nuclear de Paks com reatores VVER-440 de projeto russo foram conectadas à rede húngara. Hoje, elas operam com potência aumentada (acima da nominal) e fornecem aproximadamente 47% da eletricidade consumida no país. A Paks II, com capacidade total de 2.400 MW, contará com duas unidades de reatores VVER-1200 de Geração III+.

“O país que for o primeiro a ter sucesso na construção de usinas nucleares será o mais competitivo. A Hungria é um desses países: a usina nuclear Paks II é o maior e mais avançado projeto da Europa, o carro-chefe do renascimento nuclear”, enfatizou o ministro das Relações Exteriores e Comércio da Hungria, Péter Szijjártó. “Esta usina será uma garantia de segurança energética a longo prazo. Graças às novas unidades em Paks, a Hungria poderá produzir de forma independente até 70% da eletricidade de que o país necessita, reduzindo significativamente a dependência das flutuações de preços nos mercados internacionais.”

Paks II também é importante para a comunidade nuclear global. “Valorizamos muito o patrocínio da AIEA às nossas instalações em construção e o envolvimento pessoal de seu diretor-geral, Rafael Grossi”, reconheceu Alexey Likhachev.

Construindo sobre uma base sólida

A licença geral de construção para as unidades VVER-1200 foi emitida pelo órgão regulador, a Autoridade de Energia Atômica da Hungria (OAH), em agosto de 2022. Essa licença autorizou a empreiteira a fazer uma escavação para uma das duas futuras unidades de energia. Em novembro de 2025, o órgão regulador emitiu uma licença para o primeiro lançamento de concreto e a construção dos edifícios da ilha nuclear.



Quase 9.000 toneladas de aço de reforço serão instaladas e 43.000 metros cúbicos de mistura de concreto serão colocados para a laje de fundação da Unidade 5. A colocação do concreto será realizada 24 horas por dia. As operações de concretagem estão programadas para continuar até o final de 2026. Posteriormente, os trabalhadores começarão a erguer as conchas de contenção interna e externa

do edifício do reator e a instalar os equipamentos da ilha nuclear. O primeiro item a ser instalado será o dispositivo de retenção de corium (armadilha de fusão), que já foi entregue ao canteiro de obras. Este é um elemento crucial dos sistemas de segurança passiva para usinas nucleares com reatores de Geração III+. A estrutura serve para reter o material fundido do núcleo em caso de acidente.

Em abril de 2024, as siderúrgicas da Rosatom começaram a fabricar os reatores para Paks II. Elas fundiram todos os lingotes necessários para ambas as unidades de energia de uma só vez – um total de 36 itens com um peso combinado de 3.440 toneladas.

A Rosatom está trabalhando em estreita colaboração com o cliente húngaro. “O cliente aqui é muito forte como licenciado, lidando com contatos com o regulador, obtendo licenças e resolvendo questões técnicas. Trabalhamos como uma equipe com o cliente e o órgão supervisor, e essa é uma estratégia muito bem-sucedida. Agora realizamos reuniões regulares não apenas no nível executivo, mas também no nível do grupo de trabalho”, disse Vitaly Polyanin, vice-presidente da AtomStroyExport e diretor do projeto de construção da Paks II, ao jornal Strana Rosatom. “Todos entendem que a troca franca e direta de informações contribui para o alcance dos objetivos. É importante que a parte húngara esteja muito interessada na construção das unidades, o que fica evidente em seu apoio ativo ao projeto.”

Novas oportunidades

A construção da Paks II é uma oportunidade para manter os preços baixos da eletricidade para os residentes húngaros e garantir nova capacidade para carregar veículos elétricos, digitalizar a economia, construir centros de dados e implementar soluções de inteligência artificial. Também oferece novas competências e oportunidades para as empresas húngaras: tendo adquirido experiência na Paks II, elas podem participar de outros projetos nucleares da Rosatom, por exemplo, na Sérvia. “Acredito que a decisão de construir uma usina nuclear na Sérvia será tomada mais cedo ou mais tarde. Faremos todos os esforços para transmitir nossas propostas à liderança sérvia e apresentar as vantagens dessas propostas para a indústria sérvia e o povo sérvio da forma mais completa e detalhada possível”, disse Alexey Likhachev em resposta a uma pergunta da mídia sérvia. Segundo ele, um cluster de energia nuclear na Europa Central poderia ser vantajoso devido à proximidade geográfica dos dois países e à possibilidade de usar o Danúbio como artéria de transporte.

VVER-TOI: Excelência em cada letra

Além de modernizar continuamente suas tecnologias de reatores, a Rosatom continua aprimorando sua abordagem geral para a construção de unidades de energia nuclear. Um excelente exemplo é a Unidade 1 da Usina Nuclear Kursk II, na Rússia, construída com o projeto VVER-TOI, que foi conectada à rede na véspera de Ano Novo de 2026. A experiência adquirida durante este projeto será aplicada em futuras novas construções.



A sigla VVER-TOI significa literalmente a frase russa “Reator de Potência Moderado a Água e Resfriado a Água – Universal Otimizado Digitalmente”. VVER-TOI é um projeto atualizado para uma unidade de energia nuclear padronizada que atende aos mais recentes requisitos de segurança (incorporando lições pós-Fukushima) e às demandas do mercado global. O projeto padronizado anterior foi desenvolvido em 1980 e usado para construir unidades de energia nas usinas nucleares de Balakovo, Rostov, Kalinin e Zaporozhye, na Rússia, em Temelín, na República Tcheca, e outras. É por isso que o projeto do reator é “universal”.

O novo projeto abordou vários objetivos simultaneamente. Em primeiro lugar, ele precisava atender a 24 critérios de competitividade. Para isso, os engenheiros da Rosatom realizaram uma otimização profunda das soluções de projeto, desde o layout geral até a engenharia elétrica. Eles revisaram a logística de transporte, os sistemas de instrumentação e controle (I&C), o layout, as soluções arquitetônicas e estruturais para os principais edifícios e instalações e, é claro, o conceito de segurança. É por isso que ele é “otimizado”.

Outro objetivo era criar soluções que permitissem o gerenciamento de informações sobre a unidade de energia ao longo de todo o seu ciclo de vida. Quando o trabalho no projeto aprimorado começou, tais soluções não estavam disponíveis no mercado global, então a Rosatom criou as suas próprias. É por isso que o projeto é “digital”.

O resultado é um sistema que acumula todos os dados sobre a unidade de energia. Ele facilita o projeto e a engenharia, o gerenciamento de compras e o controle de suprimentos, prazos, recursos e custos, bem como a verificação de dados e o monitoramento da conformidade. Mais de 2.000 engenheiros da Rosatom estiveram envolvidos no trabalho. Eles criaram um modelo de informação complexo da parte invariante do projeto, que pode ser replicado em novos locais.



Graças a essas inovações, a capacidade de projeto de cada unidade de energia em Kursk II foi aumentada em 25% em comparação com a geração anterior (VVER-1000), atingindo 1.250 MW. A vida útil do equipamento principal dobrou. O projeto da unidade combina sistemas de segurança passivos e ativos, que se complementam. Eles garantem autonomia prolongada da unidade em condições de acidente (pelo menos 72 horas), proteção contra

falhas de causa comum e menor probabilidade de erro humano. A unidade foi projetada com resistência sísmica aprimorada: ela pode suportar um terremoto de magnitude 7 na escala MSK-64, enquanto as estruturas e componentes que desempenham funções de segurança podem suportar choques de até magnitude 9. As soluções técnicas tornam a unidade resistente ao impacto de uma aeronave pesada (20 toneladas no caso base, com uma opção de 400 toneladas) e outros impactos externos extremos (furacões, tornados, inundações).



Um presente de Ano Novo

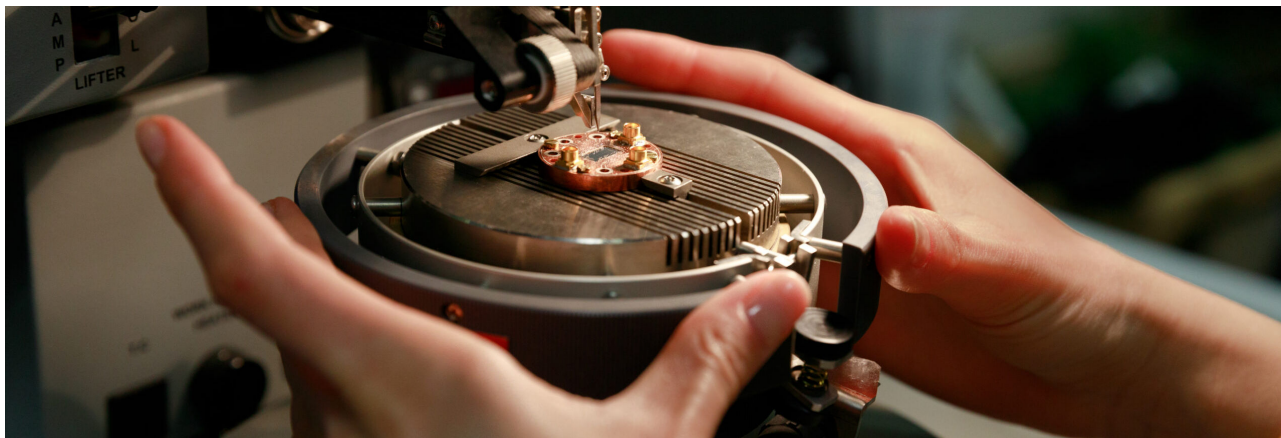
A primeira unidade de energia da usina nuclear Kursk II com um reator VVER-TOI foi conectada à rede em 31 de dezembro de 2025. “A unidade Kursk é a primeira incorporação do mais recente projeto de unidade de energia nuclear VVER-TOI. Este projeto incorpora as últimas conquistas no setor de energia nuclear e também apresenta a unidade de reator mais potente da frota da Rosatom. Com capacidade de 1.250 MW, é 50 MW mais potente do que os detentores do recorde anterior, as unidades de Leningrado II”, comentou o diretor-geral da Rosatom, Alexey Likhachev, sobre o lançamento.

Em 29 de janeiro de 2026, a Unidade 1 de Kursk II começou a operar em modo piloto. Esta é a próxima etapa após a conexão à rede. O modo piloto prevê um aumento gradual da potência até 100%.

Os engenheiros da Rosatom continuarão a otimizar o projeto básico, utilizando a experiência adquirida com a construção das unidades em Kursk II e implantando soluções que demonstraram maior eficiência e efeito econômico. As melhorias terão como alvo a usina do reator e os sistemas de proteção contra impactos extremos, os recursos de acompanhamento de carga, o potencial de uso de combustível MOX e a eficiência de custos — tudo o que torna a oferta russa única no mercado global e procurada entre os clientes internacionais.

Perspectivas quânticas

A Rússia é um participante importante no mercado quântico global. Cientistas russos alcançaram um sucesso notável, tendo criado unidades de processamento quântico com dezenas de qubits e executado os primeiros cálculos para problemas-modelo. A Rosatom é responsável pelo roteiro nacional para o desenvolvimento da computação quântica e está construindo alianças com parceiros russos e internacionais.



A velocidade de computação é a principal característica dos computadores quânticos que os torna potencialmente muito mais promissores do que os computadores clássicos. A unidade mínima de informação tratada pelos computadores quânticos é um qubit. Enquanto dois bits clássicos podem assumir apenas um dos quatro valores em um determinado momento (00, 01, 10, 11), dois qubits podem estar em todos esses estados simultaneamente – um fenômeno conhecido como superposição.

O paralelismo quântico baseia-se nesta característica fundamental. Um computador clássico pode executar um algoritmo para apenas um conjunto de dados de entrada de cada vez. Um computador quântico, se alimentado com uma superposição de todos os valores de entrada possíveis, realizará a operação para todos eles de uma só vez. Graças à superposição e ao paralelismo resultante, os computadores quânticos são capazes de realizar cálculos muito mais rapidamente do que os computadores comuns. Quanto maior a unidade de processamento quântico, maior o paralelismo: um sistema de n qubits em superposição está em todos os 2^n estados simultaneamente.

Por causa disso, as unidades de processamento quântico são particularmente eficazes para tipos específicos de cálculos. Isso inclui, por exemplo, tarefas que envolvem classificar muitas opções para encontrar combinações ideais com um grande número de parâmetros. As aplicações variam de produtos farmacêuticos e ciência dos materiais a

logística e segurança cibernética. Soluções para esses problemas são necessárias para o desenvolvimento da inteligência artificial, a criação de relógios ultraprecisos, a otimização de processos de produção e muito mais.

Por enquanto, as primeiras tentativas estão sendo feitas em todo o mundo para usar processadores quânticos para resolver tarefas do mundo real. Já houve alguns sucessos isolados.

O lugar da Rússia nas tecnologias quânticas

A Rússia é um dos poucos países que está criando computadores quânticos em quatro plataformas físicas: íons, átomos frios, supercondutores e fótons. A maioria dos países desenvolve apenas uma ou duas plataformas.

Cientistas russos alcançaram um sucesso notável na criação de unidades de processamento quântico. Por exemplo, um computador de 70 qubits foi criado usando íons de itérbio. Computadores baseados em íons de cálcio e átomos frios atingiram 72 qubits. Existem 16 qubits de fluxônio em um processador supercondutor e 35 em um fotônico.

Outra área importante é o software quântico – algoritmos especiais para resolver problemas práticos. Cientistas russos desenvolveram 43 algoritmos. Sete organizações da indústria nuclear estão testando algoritmos quânticos em suas instalações para resolver problemas de modelo. Por exemplo, um problema de transferência de calor de modelo foi resolvido para o projeto Proryv

(Breakthrough), que envolve a construção de uma instalação de produção de energia de Geração IV com um ciclo fechado de combustível nuclear. Os cálculos foram realizados em um computador quântico de íons de 50 qubits usando uma plataforma de computação quântica em nuvem.

No total, o portfólio inclui sete projetos para otimizar processos de produção, doze para resolver problemas de modelagem e quatro projetos relacionados à análise de dados.



Interesse internacional

Cerca de dez países estão demonstrando interesse nos desenvolvimentos russos em computação quântica. Isso não é surpreendente, dada a rápida velocidade de desenvolvimento dessas tecnologias na Rússia (há dez anos, o país não tinha uma única unidade de processamento quântico, mesmo com alguns qubits) e sua eficiência de desenvolvimento. Classificada em 11º lugar no mundo em termos de financiamento de programas governamentais para computação quântica, a Rússia tem apresentado alguns dos resultados tangíveis mais elevados e está se aproximando dos líderes, os EUA e a China. A isso, deve-se acrescentar a amplitude de capacidades: equipes de pesquisa de universidades nacionais e institutos de pesquisa participam do desenvolvimento de computadores quânticos, permitindo, por exemplo, o desenvolvimento simultâneo de processadores de íons baseados em itérbio e cálcio.

A Rússia e, é claro, a Rosatom estão prontas para expandir a cooperação no campo quântico com outros países. Para facilitar esse trabalho, a Rosatom, o Ministério da Ciência e Ensino Superior e o Ministério do Desenvolvimento Digital, Comunicações e Mídia de Massa realizarão o primeiro Fórum de Tecnologias Quânticas do BRICS em Moscou, em abril de 2026.

Representantes da comunidade científica, autoridades governamentais e empresas dos países membros e parceiros estão convidados a participar. Espera-se que o espaço único de cooperação dentro do BRICS acelere o desenvolvimento de soluções quânticas aplicadas e fortaleça a posição da organização como um centro tecnológico global.

“Em 2025, nossos cientistas confirmaram a posição estável do país na pesquisa quântica e no desenvolvimento de protótipos de computadores quânticos. Com o alto potencial que temos, defendemos veementemente o acesso justo e aberto a tecnologias avançadas, pois o objetivo final do progresso científico e tecnológico é melhorar a qualidade de vida em todo o mundo”, comentou Ekaterina Solntseva, diretora de Tecnologias Quânticas da Rosatom.

Tornando as minas antigas seguras

A AIEA divulgou a terceira edição de seu Plano Diretor Estratégico para Remediação Ambiental de Locais Legados de Urânio na Ásia Central — especificamente no Quirguistão, Tajiquistão e Uzbequistão. Este documento de referência descreve as medidas tomadas pelas organizações envolvidas para tornar esses locais seguros. A Rosatom é uma das principais contribuintes para esse objetivo.



Objetivos do Plano Diretor Estratégico

O Plano Diretor Estratégico visa criar uma estrutura sistemática, coerente e transparente para a remediação de locais legados na Ásia Central. Ele apoia estratégias e programas nacionais para a gestão de longo prazo e sustentável de locais legados e áreas remediadas. O Plano Diretor ajudará a alcançar Objetivos de Desenvolvimento Sustentável (ODS) como Boa Saúde e Bem-estar (ODS 3), Água Potável e Saneamento (ODS 6), Cidades e Comunidades Sustentáveis (ODS 11), Vida na Terra (ODS 15) e Paz, Justiça e Instituições Fortes (ODS 16).

O documento abrange o período de 2025 a 2030.

Cooperação da CEI

As atividades de remediação em alguns dos locais legados são financiadas pelos Estados-membros da Comunidade de Estados Independentes (CEI). Para esse fim, a CEI adotou um Programa Interestadual Direcionado (ITP) para a Reabilitação de Territórios Afetados pela Mineração de Urânio no Quirguistão e no Tajiquistão. Foi em seu território que a URSS começou a minerar seu primeiro urânio. O Conselho Interestadual da Comunidade Econômica Eurasiática aprovou o programa em 2012, e sua implementação teve início em 2013. Seus objetivos são reduzir os riscos de emergências relacionadas ao impacto da radiação no meio ambiente e garantir condições de vida seguras para os residentes locais. O programa visava os depósitos de rejeitos mais perigosos perto das aldeias de Min-Kush e Kajy-Say, no Quirguistão, e

da cidade de Istiklol (anteriormente Taboshar até 2012), no Tajiquistão.

O programa funcionou até 2025. As pesquisas necessárias foram realizadas e as melhores soluções técnicas selecionadas, com os documentos exigidos desenvolvidos e os projetos aprovados. Todas as atividades planejadas foram posteriormente realizadas, enquanto os especialistas envolvidos também aprimoraram os sistemas de monitoramento ambiental e treinaram a equipe local para gerenciar projetos e programas de remediação.



A Rosatom é uma participante ativa do ITP. Em 2019, a corporação nuclear russa remediou o depósito de rejeitos perto da vila de Kajy-Say, no Quirguistão. Em 2023, concluiu a remediação do depósito de rejeitos de Kak e a liquidação do depósito de rejeitos de Taldy-Bulak (ambos perto da vila de Min-Kush). Em agosto de 2025, a Rosatom liquidou o depósito de rejeitos de Tuyuk-Suu e remediou o depósito de

rejeitos de Dalneye em Min-Kush.

No Tajiquistão, a Rosatom remediou o depósito de resíduos da fábrica de processamento de minério de urânio de baixa qualidade e quatro depósitos de rejeitos no local industrial da mina Taboshar (região de Sughd). Essa tarefa foi concluída em 2023, antes do prazo previsto. A radiação de fundo na mina e nos territórios adjacentes caiu para níveis seguros.

O financiamento do programa foi fornecido pelos Estados-Membros participantes da CEI. A Rússia contribuiu com 75%, o Cazaquistão com 15%, o Quirguistão com 5% e o Tajiquistão com 5%. O investimento total no âmbito do programa ascendeu a 32,2 milhões de euros, de acordo com o Plano Diretor Estratégico.

Atualmente, a principal organização da CEI para a gestão de combustível nuclear usado, resíduos radioativos e desativação de instalações nucleares e radiológicas perigosas (função atribuída à empresa TVEL Fuel Company, da Rosatom) está desenvolvendo um novo projeto de conceito modelo para os países da CEI sobre como tornar os locais com legado nuclear seguros. Espera-se que ele seja aprovado em 2026 pela Assembleia Interparlamentar da CEI. O documento conterá uma descrição do estado atual dos locais com legado nuclear, os princípios básicos de cooperação para tornar esses locais seguros e um registro desses locais.



Acordos bilaterais com a Rússia

Como o Programa Interestadual Direcionado terminou em 2025, os preparativos para novos programas bilaterais começaram com antecedência. Em 2024, a Rússia e o Quirguistão assinaram um acordo intergovernamental de cooperação para a reabilitação de territórios afetados pela mineração de urânio e indústrias de mineração.

Nos termos do acordo bilateral, a Rússia está reabilitando minas e depósitos de cinzas nas aldeias de Kajy-Say (região de Issyk-Kul), depósitos de

resíduos rochosos e minas na aldeia de Too-Moyun (região de Osh) e depósitos de mineração e minas na aldeia de Kyzyl-Jar (região de Jalal-Abad).

A remediação dos locais em Too-Moyun e Kyzyl-Jar foi concluída no final de 2025. Os preparativos estão em andamento no local em Kajy-Say, com a remediação prevista para ser concluída até o final de 2026.

A Rússia celebrou um acordo bilateral semelhante com o Tajiquistão. Em 2025, as partes assinaram um acordo intergovernamental de cooperação para a reabilitação dos territórios do Tajiquistão afetados pela mineração de urânio e pelas indústrias de mineração. O acordo prevê a remediação do depósito de rejeitos de Adrasman (região de Sughd) e dos depósitos da Oficina nº 3 na mina de Taboshar. Os documentos de projeto e estimativa de custos estão atualmente em desenvolvimento.



Foram alocados 21,4 milhões de euros e 15,6 milhões de euros para a reabilitação de locais no Quirguistão e no Tajiquistão, respectivamente.

Atividades da União Europeia

Outra área de atividade para a remediação de locais contaminados por urânio descrita no Plano Diretor Estratégico é a da União Europeia. O Instrumento da União Europeia para a Cooperação em matéria de Segurança Nuclear (INSC) está em funcionamento nos países da Ásia Central. Graças ao INSC, foram encomendadas avaliações de impacto ambiental (AIA) e estudos de viabilidade para sete locais prioritários. A União Europeia financia o trabalho através da Conta de Remediação Ambiental para a Ásia Central no Banco Europeu para a Reconstrução e o Desenvolvimento (BERD). Tem um mandato para a remediação de sete locais prioritários com resíduos de urânio: Mailuu-Suu, Min-Kush e Shekaftar no Quirguistão; Istiklol e Degmay no Tajiquistão; e Charkesar e Yangiabad no Uzbequistão. Entre 2017 e 2025, Min-Kush, Shekaftar, Charkesar e Yangiabad foram remediados. A remediação continua em Mailuu-Suu;

Istiklol foi parcialmente remediado e o trabalho ainda não começou em Degmay.

Conforme observado no Plano Diretor Estratégico, as AIA e os estudos de viabilidade foram concluídos para esses sete locais em 2015 com o apoio da UE, e um portfólio de projetos de implementação foi formado. O custo da preparação das AIA e dos estudos de viabilidade totalizou 8 milhões de euros. O custo total estimado da remediação no âmbito do programa foi avaliado em 113 milhões de euros. Até 2025, foram angariados 71,8 milhões de euros. Deste montante, a Comissão Europeia atribuiu 61,5 milhões de euros e outros doadores contribuíram com 9 milhões de euros. O programa ainda necessita de 43 milhões de euros. "Colmatar esta lacuna é fundamental para a sustentabilidade da remediação em toda a região", afirma o relatório.

Pós-remediação

Os especialistas da AIEA observam um progresso constante na conclusão da remediação de muitos locais legados e observam que está sendo dada cada vez mais atenção à criação de um sistema de gestão pós-remediação. Esse sistema, de acordo com os autores do Plano Diretor Estratégico, é de grande importância para a clara atribuição de responsabilidades e a transição para o controle institucional de longo prazo dos locais remediados. Isso requer dinheiro e pessoal treinado, observa o documento da AIEA.