

CONTEÚDO

[Voltar para o índice](#)

NOTÍCIAS ROSATOM

[Celebração de Acordos](#)

[Akademik Lomonosov em reabastecimento](#)

TECNOLOGIAS DE REATORES

[Uma nova palavra sobre os reatores clássicos](#)

TENDÊNCIAS

[Previsões Atômicas](#)

AMÉRICA LATINA

[Tecnologias Nucleares Pacíficas](#)



Celebração de Acordos

Em outubro, a Rosatom participou de dois importantes fóruns: a Semana de Energia da Rússia, realizada em Moscou, e o Fórum sobre Energia e Meio Ambiente de Belarus, realizado em Minsk. No âmbito destes eventos, a Corporação Estatal e as suas empresas assinaram vários acordos de cooperação, tanto acordos-quadro quanto mais específicos.

Graças à Rosatom, o clube dos países que têm tecnologias nucleares está crescendo. Agora são Belarus, Turquia, Bangladesh e Egito. **“A usina nuclear de El Dabaa é nosso principal projeto no continente africano, mas não nos limitamos à construção da usina. Juntamente com os nossos amigos no Egito, estamos criando todo um setor de energia nuclear neste país a partir do zero, formando pessoal especializado e com apoio técnico, ou seja, estamos ajudando o Egito a enveredar pelo caminho do desenvolvimento energético soberano. Essa abordagem integrada e sistemática é uma das principais vantagens competitivas da Rosa-**

NOTÍCIAS ROSATOM

[Voltar para o índice](#)

tom, sem mencionar os tradicionalmente altos padrões de segurança e confiabilidade das usinas”, disse o presidente russo, Vladimir Putin, no fórum.

Durante a Semana de Energia da Rússia

O ministro da Energia de Belarus, Viktor Karankevich, em seu discurso na Semana de Energia da Rússia, falou sobre como a usina nuclear melhorou a economia de Belarus: **“A usina nuclear de Belarus deu um poderoso impulso ao desenvolvimento de novos setores promissores: são indústrias com alto consumo de energia, a construção de edifícios residenciais individuais e de vários apartamentos usando energia elétrica para aquecimento e água quente. Muita atenção é dada ao desenvolvimento do transporte elétrico.”** A infraestrutura de carga elétrica está sendo desenvolvida e a frota de veículos elétricos está crescendo. A usina nuclear “economizou” 5,3 bilhões de m³ de gás natural e evitou a emissão de mais de 9 milhões de toneladas de gases de efeito estufa. Com o comissionamento da segunda unidade em maio, a participação da energia nuclear no balanço energético de Belarus este ano se aproximará de 25% e depois crescerá para 40%.



O ministro turco de Energia e Recursos Naturais, Alparslan Bayraktar, declarou que o início da geração de eletricidade na Unidade 1 de energia da usina nuclear de Akkuyu está previsto para 2024. A usina nuclear cobrirá 10% das necessidades energéticas da Turquia, evitando emissões de cerca de 30 a 35 milhões de toneladas de dióxido de carbono.

Outro parceiro da Rosatom é Mianmar. **“Precisamos incorporar inovações para elevar o nível da tecnologia. Com o desenvolvimento da energia nuclear, o setor de tecnologia também desenvolverá e melhorará a qualidade dos produtos, serviços e educação. Mianmar desenvolverá tecnologia nuclear com a ajuda da Rússia”**, disse o ministro de Energia de Mianmar, Nyan Tun.

No mesmo dia, a Rosatom assinou um memorando de entendimento com o Ministério da Ciência e Tecnologia de Mianmar no campo da avaliação e desenvolvimento da infraestrutura nuclear. As partes identificarão as necessidades de Mianmar e formularão um plano de trabalho para a construção de usinas nucleares de baixa potência. O documento também prevê a cooperação no treinamento de pessoal e na melhoria da cultura de segurança nas organizações envolvidas na implantação da energia nuclear em Mianmar.

Além de Mianmar, a Corporação Estatal assinou acordos com dois países africanos.

Um memorando de entendimento sobre os usos pacíficos da energia nuclear foi assinado com o Ministério de Energia, Minas e Pedreiras de Burkina Faso. Este é o primeiro documento sobre questão nuclear entre a Rússia e Burkina Faso. Esta é a base para a cooperação numa vasta gama de áreas, incluindo abordagens para a criação de geração nuclear, aplicações não energéticas das tecnologias nucleares na

NOTÍCIAS ROSATOM

[Voltar para o índice](#)

indústria, agricultura e medicina, desenvolvimento de infraestruturas nucleares e sensibilização do público.

A Rosatom assinou um memorando de entendimento com o Ministério de Energia e Recursos Hídricos do Mali, que abrange temas como infraestrutura nuclear, conscientização pública sobre tecnologia nuclear, pesquisa básica e aplicada, instalações de pesquisa nuclear, uso de radioisótopos, segurança nuclear, radiológica e física, treinamento de pessoal e energia nuclear.

Na Expo Energia

Em Belarus, onde a cooperação no domínio da tecnologia nuclear ocorre há muito tempo, os acordos foram mais substanciais. A fabricante de equipamentos de telecomunicações T-com (parte da TVEL, divisão de combustíveis da Rosatom), assinou um roadmap — roteiro com a Promsvyaz (parte do Ministério das Comunicações e Informatização de Belarus). As partes cooperarão no desenvolvimento, produção e implementação de equipamentos de telecomunicações nas empresas Promsvyaz e na formação de pessoal. No âmbito do roteiro, serão identificadas as necessidades do mercado de Belarus, os dispositivos necessários serão certificados e fornecidos. O roteiro está desenhado para 2023–2024.

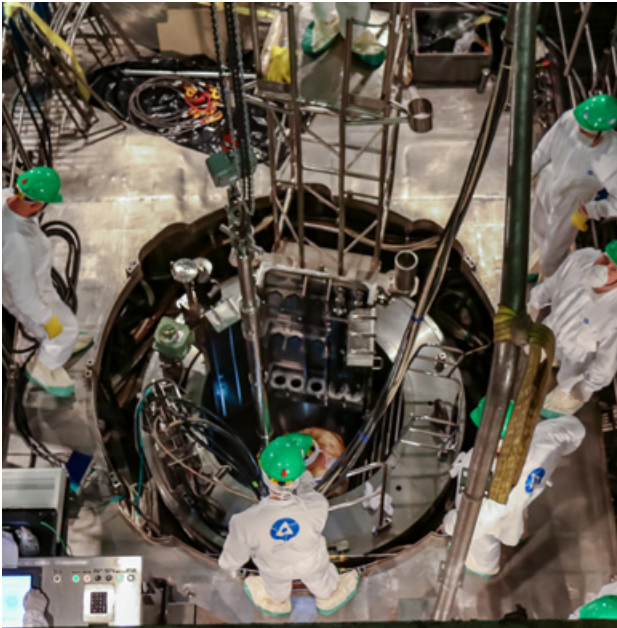
A TVEL assinou um acordo de cooperação a longo prazo com a Organização de Belarus para a Gestão de Resíduos Radioativos (Bel-RAO) no domínio da criação e desenvolvimento de infraestruturas para o isolamento definitivo de resíduos radioativos em Belarus. Em especial, o acordo inclui a prestação de serviços de operação, monitoramento e formação para o pessoal da instalação de armazenamento de resíduos próxima da superfície.



Além disso, a Rosatom e o Ministério dos Recursos Naturais e Proteção Ambiental de Belarus assinaram um memorando de entendimento que prevê a cooperação na gestão de resíduos, processamento e eliminação de resíduos perigosos, monitoramento ambiental e eliminação de danos acumulados.

Objetivos futuros

Na Semana de Energia da Rússia, o Diretor da Rosatom, Alexey Likhachev, delineou os planos estratégicos da Corporação Estatal, sendo um dos mais importantes fechar o ciclo do combustível nuclear, que resolverá os problemas ambientais e de recursos que impedem o desenvolvimento da energia nuclear global. Em 2032–2034, a Rosatom planeja começar a replicar complexos de energia industrial com reatores rápidos e térmicos. Depois de 2050, pode surgir um sistema energético completamente novo, que é o sistema termonuclear. **“Ainda estamos longe de um entendimento comercial deste projeto, mas continuaremos a trabalhar e dedicar esforços e recursos para isso”**, disse Alexey Likhachev.



Akademik Lomonosov em reabastecimento

Parece que o reabastecimento de combustível em uma usina nuclear é um procedimento de rotina. Mas, se falarmos do primeiro reabastecimento na primeira usina nuclear flutuante do mundo, essa notícia interessa à indústria nuclear global e, de forma mais ampla, à indústria de energia.

Como foi o transporte

A usina nuclear flutuante está localizada na cidade de Pevek, no distrito autônomo de Tchukotka, no Extremo Oriente. Todo o território do distrito pertence às regiões do Extremo Norte. Os novos conjuntos foram transportados para Pevek através da Rota do Mar do Norte. **“A fabricante do combustível nuclear para todos os quebra-gelos nucleares russos, bem como para a usina nuclear flu-**

tuante, é a planta de construção de máquinas Mashinostroitelny Zavod (que faz parte da Rosatom). Após os testes necessários, o núcleo da planta do reator nº 1 foi enviado da usina de trem para Murmansk, para a base de Atomflot. Lá, combustível nuclear fresco e grandes equipamentos foram carregados em um navio a motor, que transportou essa carga para Tchukotka”, disse Anton Markov, especialista-chefe do Departamento de Operação de Usinas de Reatores Não Seriais da Rosenergoatom.

Principais Características

A unidade flutuante de energia é equipada com duas unidades do reator KLT-40S, que são capazes de gerar até 70 MW de eletricidade e 50 Gcal/h de energia térmica no modo de operação nominal, o suficiente para manter a vida de uma cidade com uma população de 100 mil pessoas.

Os reatores KLT-40S instalados na usina nuclear flutuante têm um núcleo especial, que é um núcleo de cassette (anteriormente um núcleo de canal era usado). Graças a isso, o recurso energético do combustível aumentou para 3–3,5 anos, e o componente de combustível do custo da eletricidade foi reduzido em uma vez e meia.

O reabastecimento de combustível em uma usina nuclear flutuante também é especial. Não é uma parte do núcleo que é renovada uma vez por ano ou a cada ano e meio, como é o caso das grandes usinas nucleares, mas toda a área como um todo. O trabalho envolve pessoal da usina nuclear flutuante, especialistas da Atomenergoremont, uma organização especializada em reparos da Rosatom, desenvolvedores de reatores, Afrikantov OKBM (parte da divisão de engen-

NOTÍCIAS ROSATOM

[Voltar para o índice](#)

haria mecânica da Rosatom) e outros. Esta é a maior campanha de reparo em termos de volume e duração durante a operação da usina nuclear flutuante.

Processo de Transbordo

O reabastecimento de combustível é feito a bordo. Enquanto estão trocando o combustível no primeiro reator, por um lado, o segundo continua gerando energia elétrica, para que não haja interrupções no fornecimento de energia elétrica aos consumidores.

O reabastecimento começou no final de julho. O núcleo antigo já foi descarregado e colocado em uma instalação de armazenamento de combustível usado. A usina nuclear flutuante abriga instalações de armazenamento de combustível fresco e usado. O combustível lá fica completamente isolado.


Os dispositivos internos dos geradores de vapor estão sendo substituídos. Depois disso, eles começarão a reabastecer novamente. Após o reabastecimento da instalação do reator, a montagem do reator será iniciada. Seguir-se-á a partida física e a partida elétrica com um novo conjunto de combustível.

Usina flutuante em Pevek

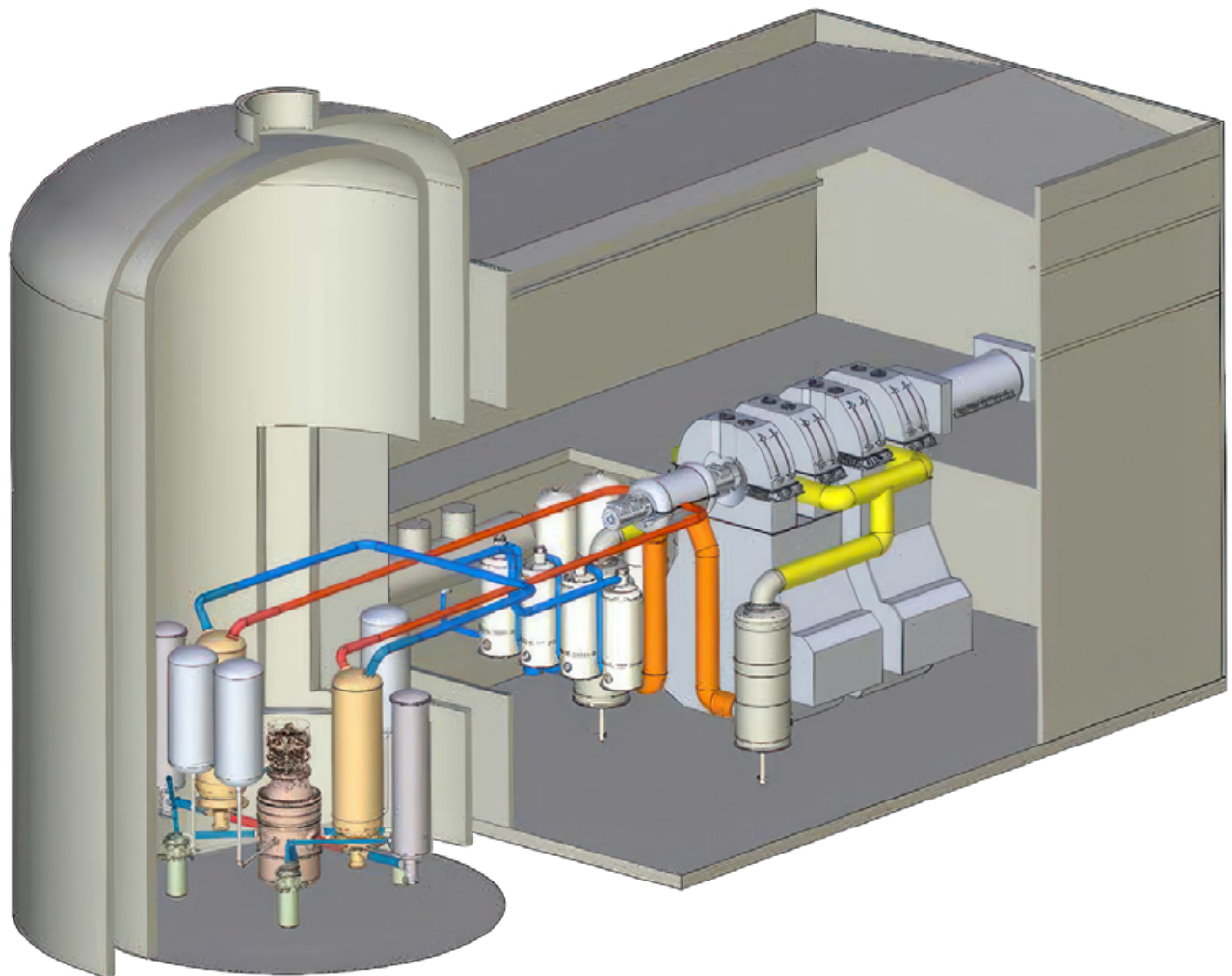
Vale lembrar que a usina flutuante foi levada para Pevek em 9 de setembro de 2019. Em dezembro de 2019, a usina nuclear flutuante forneceu pela primeira vez eletricidade para a rede isolada do hub Chaun-Bilibino do Distrito Autônomo de Tchukotka, tornando-se assim a usina mais setentrional do Livro dos Recordes da Rússia (anteriormente este status pertencia à usina nuclear de Bilibino). Em maio de 2020, a usina nuclear flutuante foi colocada em operação comercial.

Em setembro de 2023, entrou em operação uma linha de transmissão de energia com tensão de 110 kV e extensão de 490 km, ligando Pevek e Bilibino. A linha aumentou a confiabilidade do fornecimento de energia da usina nuclear flutuante para consumidores de Bilibino e empresas de mineração, a maior das quais é a Usina de Mineração e Processamento de Baimsky.

A segurança do trabalho é monitorada por leituras de sensores dos sistemas de controle do reator e um sistema automatizado de rastreamento de radiação localizado na usina nuclear flutuante e em Pevek. Todos os indicadores estão normais.

A campanha de reparo do primeiro reator será concluída até o final do ano. Operações semelhantes estão planejadas para 2024 para fornecer combustível nuclear da Elektrostal a Pevek, recarregar o núcleo e substituir os dispositivos internos dos geradores de vapor na segunda planta do reator. 

[Ao início da seção](#)



Uma nova palavra sobre reatores clássicos

Na conferência de outubro “Nova Energia Nuclear”, os gerentes seniores, cientistas e engenheiros da Rosatom discutiram áreas-chave no desenvolvimento das tecnologias de reatores da Rússia. Uma delas é o aprimoramento dos reatores VVER de grande e médio porte, de eficácia já comprovada. Vamos contar agora o que é o VVER-S, um reator de energia de água pressurizada com controle espectral.

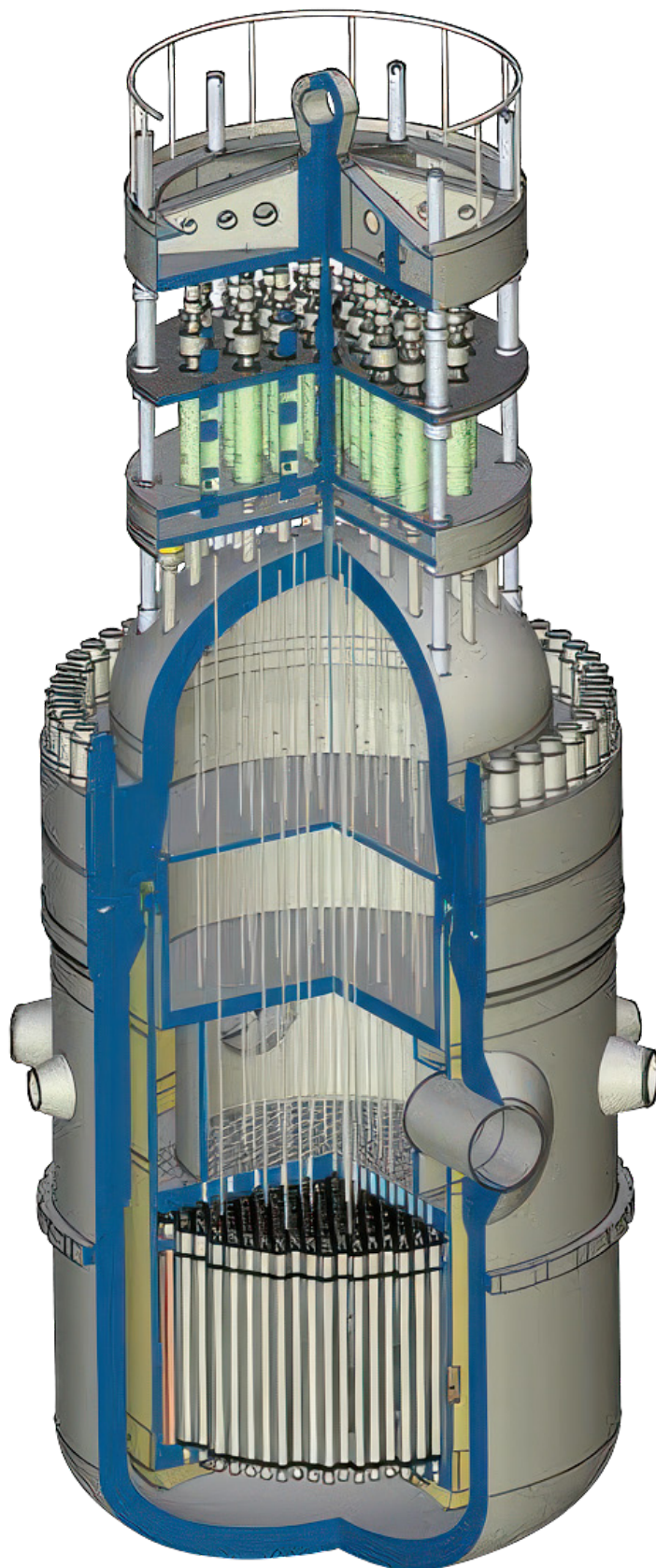
Uma Breve Cronologia sobre a sua Criação

Na década de 1980, o conceito de controle espectral da reatividade por suavização do espectro de nêutrons pelo aumento do volume do moderador foi considerado em todo o mundo. O volume pode ser aumentado de duas maneiras: usando deslocadores removidos do núcleo durante o processo de queima ou diluindo o líquido de arrefecimento com água pesada. A regulação espectral foi considerada uma das formas de economizar combustível através da produção de isótopos físséis.

Depois, a ideia foi engavetada e retomada em 2005. Sob a liderança de Vladimir As-

TECNOLOGIAS DE REATORES

[Voltar para o índice](#)



molov (agora Conselheiro do Diretor Geral da Corporação Estatal), foi feito um trabalho no desenvolvimento de um “super-VVER”. Uma das direções era um reator com regulação espectral. Para tanto, foi considerado um reator de média potência de 600 MW(e). A taxa de reprodução estimado para VVER-S é de 0,7–0,8. Para comparação, um VVER convencional tem entre 0,35 e 0,4. Uma série de trabalhos foram realizados, cujos resultados formam a base para a próxima etapa da pesquisa. Em 2019–2020, o desenvolvimento deste conceito para o desenvolvimento do VVER continuou. Os resultados da pesquisa e desenvolvimento realizados mostraram que é possível construir uma usina nuclear com um reator VVER-S com indicadores técnicos e econômicos competitivos.

Atualmente, o desenvolvimento do projeto VVER-S visa resolver cinco problemas. O primeiro é reduzir o consumo de urânio natural no ciclo aberto do combustível nuclear. O segundo é garantir a operação eficiente do reator com uma carga completa de combustível de urânio-plutônio com uma taxa de reprodução de 0,7 a 0,8 em um ciclo fechado de combustível nuclear. O terceiro é garantir a operação do reator no modo de regulação de potência diária na faixa de 100–40–100%. O quarto é a redução do tempo e dos custos de construção de unidades de potência por meio de soluções de design fundamentalmente novas. E o quinto é reduzir o volume de rejeitos radioativos.

A tecnologia VVER-S é baseada na experiência acumulada na operação de usinas de reatores VVER. E embora não se possa dizer que as soluções que estão sendo consideradas para o VVER-S sejam supernovas, cientistas, engenheiros e designers estudaram uma ampla gama de propostas que melhoram as características do projeto. A combinação



TECNOLOGIAS DE REATORES

[Voltar para o índice](#)

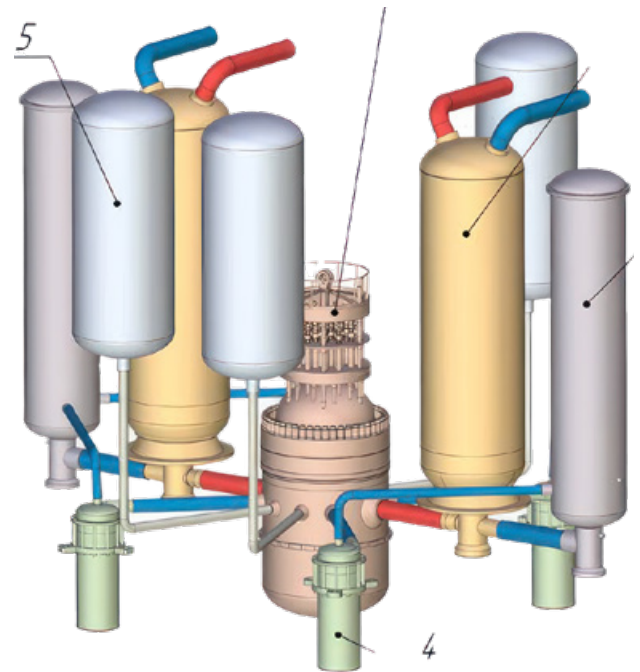
de inovações nos permite considerá-la uma oferta promissora para os mercados interno e externo.

A tecnologia VVER-S está presente na Estratégia para o Desenvolvimento da Energia Nuclear na Rússia até 2050 e nas Perspectivas para o Período até 2100, aprovadas pelo Conselho de Supervisão da Corporação Estatal em 2021.

Como isso funciona?

“Na tecnologia VVER tradicional, para compensar a margem de reatividade inicial em caso de queima e regular a reatividade durante a operação do reator, um sistema de controle de boro é usado, alterando a concentração de ácido bórico no refrigerante primário”, diz Viktor Mokhov, Líder do Escritório de Gestão de Projetos VVER-S.

A regulação espectral no VVER-S ocorre devido a mudanças na relação água-urânio durante a operação do reator na potência quando deslocadores mecânicos de água localizados em canais especiais de elementos combustíveis são removidos do núcleo. Graças aos deslocadores imersos no núcleo, o volume do moderador no início da operação é menor, de modo que o espectro de nêutrons no núcleo é mais intenso. Isso leva a uma diminuição na seção transversal de fissão de isótopos fissionáveis ímpares e a um aumento na seção transversal para captura ressonante do isótopo urânio-238. Ambos os efeitos levam a uma diminuição nas propriedades reprodutivas do núcleo e a um aumento no acúmulo de ^{239}Pu físsil, que economiza material físsil no abastecimento anual de combustível. Um efeito adicional do endurecimento do espectro é um aumento na proporção de fissões no isótopo urânio-238.



Quando os deslocadores são removidos, o espectro se desloca da região dura para a região térmica, levando ao aumento da reatividade.

O uso de deslocadores para regular a reatividade durante o processo de queima elimina o uso de controle de boro durante a operação do reator na potência. No entanto, o abandono completo da regulação do boro em reatores do tipo VVER é difícil de implementar, uma vez que, de acordo com os requisitos de segurança, dois sistemas independentes, baseados em princípios físicos diferentes, são necessários para garantir a transferência e manutenção do reator em estado subcrítico.

Características do Combustível e do Equipamento

Os desenvolvedores acreditam que o VVER-S é uma evolução da tecnologia VVER, que visa à transição de um ciclo de combustível nuclear aberto para um fechado e operação eficiente em energia nuclear de dois componentes.



TECNOLOGIAS DE REATORES

[Voltar para o índice](#)

Para o VVER-S, dois projetos de montagem de combustível estão sendo considerados. O primeiro é clássico, mas com maior número de canais para a colocação de hastes absorventes do sistema de controle e proteção (CPS), o que permite que parte do CPS “cinza” seja alocado para controle de reatividade. O segundo é evolutivo, com passo reduzido da rede do elemento combustível e canais para colocação de deslocadores, que permitem alterar a relação água-urânio no conjunto combustível na faixa de 1,5–2,0.

Para os elementos combustíveis e o equipamento do reator principal do VVER-S, devem ser utilizadas, na medida do possível, soluções de referência. As principais soluções técnicas para os equipamentos são baseadas em soluções comprovadas de usinas nucleares de 2006 e usinas nucleares com VVER-TOI. A potência térmica do reator será de 1600 MW, a elétrica de até 650 MW, a eficiência de 38%. Para o reator, planeja-se usar um grande vaso projetado para VVER-1000 para acomodar a quantidade necessária de combustível e propulsores.

No VVER-S, o núcleo será completamente preenchido com combustível de urânio e plutônio, permitindo que as estações com essa usina de reator se ajustem de forma mais eficaz ao conceito de energia de dois componentes.

Na Usina Nuclear de Kola

Para o VVER-S, a potência média foi escolhida para que a Rosatom pudesse fazer uma oferta competitiva a potenciais clientes para substituir usinas a carvão em desuso, fornecer energia para regiões com infraestrutura de rede subdesenvolvida e centros de energia fechados.

A Usina Nuclear de Kola foi escolhida para abrigar a primeira unidade de energia com uma usina de reator VVER-S, já que as unidades de energia VVER-440 de primeira geração existentes em breve terão que ser descomissionadas. De acordo com o atual Plano Geral para a Implantação de Instalações de Energia Elétrica na Federação Russa, uma unidade com VVER-S pode ser construída antes de 2035, se as soluções de projeto técnico forem justificadas e o projeto se mostrar competitivo em comparação com o VVER tradicional e fontes de geração alternativas. Usinas nucleares com VVER-S também podem ser oferecidas ao mercado externo, pois as soluções tecnológicas planejadas serão testadas na Usina Nuclear de Kola e a operacionalidade da unidade com a nova planta do reator será testada.

Estágios de desenvolvimento

As etapas de pesquisa e desenvolvimento foram concluídas e o projeto do reator e da planta do reator está em pleno andamento. Está em curso o desenvolvimento de soluções técnicas básicas para a unidade de potência e para a usina nuclear no seu conjunto. Também estão sendo realizadas atividades de P+D para apoiar as soluções técnicas adotadas no projeto VVER-S. Até o final de 2024, será publicada documentação que nos permitirá avaliar o custo, as perspectivas de desenvolvimento, etc. O comissionamento da primeira unidade no novo local da fase 2 da Usina Nuclear de Kola está previsto para 2035. ^{NL}

[Ao início da seção](#)



Previsões Atômicas

Em outubro, três previsões energéticas foram divulgadas de uma só vez pela Agência Internacional de Energia Atômica (AIEA), pela Agência Internacional de Energia (AIE) e pela Administração de Informação de Energia dos EUA (EIA). Nelas, o átomo é reconhecido como uma fonte de energia de baixo carbono, juntamente com a geração a partir de fontes de energia renováveis, mas a escala de distribuição da energia nuclear é difícil de prever.

As três previsões abrangem o período até 2050. Os autores das três consideram a disponibilidade de recursos energéticos e o alcance da neutralidade carbônica como desafios. Concordam igualmente que a produção e o consumo de eletricidade aumentarão e que a eletricidade aumentará a sua quota no consumo total de energia.

O futuro é incerto

No geral, duas em cada três previsões indicam alta incerteza sobre o futuro. Os autores das previsões da AIEA admitem que



TENDÊNCIAS

[Voltar para o índice](#)

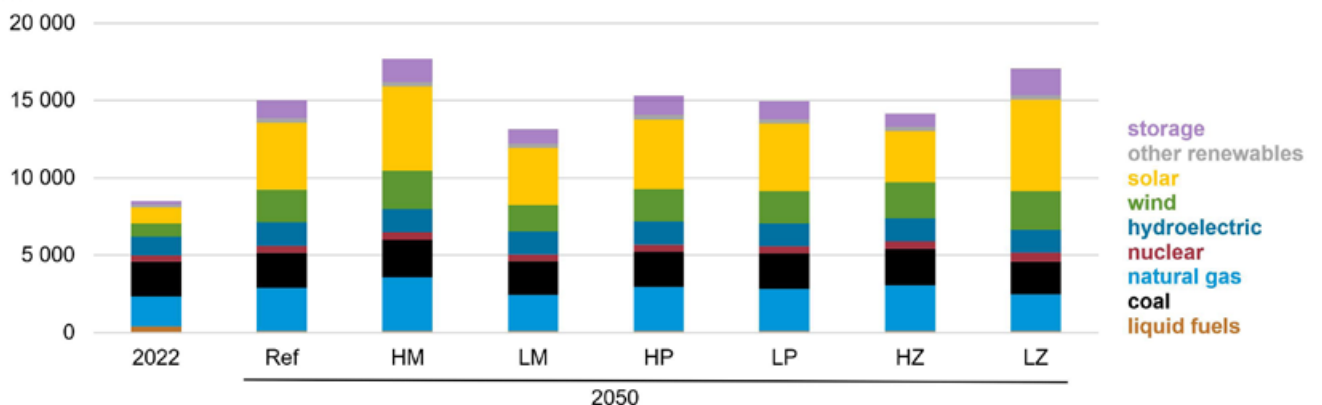
seus cálculos não cobrem totalmente todos os fatores que influenciam a realidade: **“As estimativas altas e baixas refletem visões diferentes, mas não extremas, sobre os fatores que influenciam o desenvolvimento da energia nuclear. Esses fatores e como eles podem ser alterados variam de país para país. As estimativas apresentadas fornecem uma gama realista de desenvolvimento de capacidades nucleares em todas as regiões e ao redor do mundo. No entanto, elas não se destinam a prever ou refletir toda a gama de futuros possíveis, do menos ao mais provável.”**

Os autores da EIA elevam ainda mais a incerteza: **“Quase certamente haverá eventos inesperados ou avanços que mudarão a trajetória do sistema energético global. Como Yogi Berra disse certa vez, “o futuro não é o que costumava ser”. Por essa razão, nossos modelos não devem ser tomados como previsões. Em vez disso, o International Energy Outlook 2023 fornece orientação útil para aqueles em todo o mundo que tomam decisões que moldam nosso futuro energético comparilhado.”**

Os autores da previsão da AIE olham para o futuro com mais confiança. Eles propõem três cenários e um deles se tornará realidade. As incertezas são exploradas: **“Nossa análise examina algumas incertezas-chave, particularmente o ritmo de crescimento econômico na China, bem como uma adoção potencialmente mais rápida de tecnologias fotovoltaicas como resultado de planos para uma expansão em larga escala da capacidade de produção (principalmente na China). <... > Também explora como o aumento das tensões geopolíticas no futuro pode minar a segurança energética, atrasar a transição para novas tecnologias e reduzir sua disponibilidade.”**

A explicação dos dados varia. A EIA apresenta-os como uma área de valores prováveis com indicadores de referência no meio. **“O International Energy Outlook 2023 é um conjunto de linhas de base neutras em termos de política que refletem a trajetória atual do sistema energético global”**, afirma o documento. A AIEA tradicionalmente oferece dois cenários: alto e baixo. A AIE oferece três: um cenário baseado em programas nacionais de desenvolvimento energético (STEPS), um

Electricity generating capacity, world
gigawatts



Data source: U.S. Energy Information Administration, *International Energy Outlook 2023* (IEO2023)
 Note: Ref=Reference case; HM=High Economic Growth; LM=Low Economic Growth; HP=High Oil Price; LP=Low Oil Price; HZ=High Zero-Carbon Technology Cost; LZ=Low Zero-Carbon Technology Cost.



TENDÊNCIAS

[Voltar para o índice](#)

cenário baseado em metas e compromissos declarados (APS) e um cenário que leva em conta o alcance da neutralidade de carbono até 2050 (NZE — Net zero emissions-emissões líquidas zero).

Talvez a diferença mais importante seja que as previsões da AIEA e da EIA são uma declaração de certas opções futuras. A previsão da AIE é uma recomendação de ação insistente e repetitiva: **“O mais importante para uma transição [energética] suave é o aumento do investimento em todos os aspectos do sistema de energia limpa. <... > O desafio urgente é acelerar o ritmo de novos projetos de energia limpa, especialmente em muitas economias emergentes e em desenvolvimento, não apenas na China, onde o investimento na transição energética deve mais do que se multiplicar até 2030 para atingir o nível previsto no cenário NZE.”** No entanto, não está claro por que razão os países em desenvolvimento são obrigados a subordinar as suas políticas energéticas e, sobretudo, financeiras aos indicadores criados pelos peritos da AIE.

Futuro Atômico

O interesse pela energia nuclear aumentou. **“A evolução do panorama energético, bem como um forte compromisso com a ação climática e um maior foco na segurança energética, forçaram vários Estados-Membros [da UE] a reconsiderar as suas políticas de energia nuclear e a decidir continuar a operar os reatores existentes e construir uma nova geração de reatores de Tipo III e III+. Além disso, um número crescente de países está demonstrando um interesse crescente no desenvolvimento de pequenos reatores modulares e seu uso para fins energéticos e não energéticos”**, observam os autores da previsão da AIEA.

Mas os indicadores específicos do volume de capacidade instalada de geração nuclear diferem. A previsão da EIA é a mais cética: **“A capacidade total das usinas nucleares mantém-se estável na maioria dos cenários, com exceção do cenário “coeficiente de temperatura zero” — Low ZTC (um cenário que pressupõe um baixo custo das tecnologias livres de carbono, exemplo do reator nuclear), em que reduzimos o impacto de restrições de natureza não econômica (i. e., razões geopolíticas), para considerar as consequências econômicas da construção de novos reatores nucleares. Nesse cenário, a capacidade das usinas nucleares aumentará em 194 GW até 2050, em comparação com 400 GW em 2022.”**

De acordo com as estimativas da AIEA, na versão baixa da previsão, a capacidade das usinas nucleares do mundo aumentará ligeiramente para 458 GW(e). No cenário alto, a capacidade total dos reatores nucleares do mundo deve mais do que dobrar para 890 GW(e) até 2050. No final de 2022, a capaci-



TENDÊNCIAS

[Voltar para o índice](#)

dade total das usinas nucleares em todo o mundo era de 371 GW (de acordo com o sistema PRIS, no final de outubro de 2023: 370,17 GW). Em comparação com o ano passado, a AIEA aumentou o limite de avaliação inferior em 14% e a superior em 2%.

No geral, o cenário alto projeta que a capacidade global de geração nuclear aumentará cerca de 24% até 2030 e cerca de 140% até 2050 em comparação com os níveis de 2022. O cenário baixo projeta que a capacidade nuclear crescerá cerca de 9% até 2030 e depois 23% até 2050.

O cenário baixo também prevê uma redução da participação da energia nuclear na capacidade total de geração até 2050. A queda deve ficar em torno de 1,7 ponto percentual. No cenário alto, a participação da energia nuclear na capacidade total de geração deve aumentar cerca de um ponto percentual até 2050.

Diferentes partes da previsão da AIE fornecem estimativas diferentes. De acordo com uma delas (p. 106), **“a participação da energia nuclear permanecerá praticamente inalterada ao longo do tempo em todos os cenários”**. De acordo com outra (p. 126), **“no cenário STEPS, a capacidade das usinas nucleares aumentará de 417 GW em 2022 (sic!) para 620 GW até 2050”**. De acordo com os autores, o aumento da vida útil dos reatores e a construção de novas unidades aumentarão a capacidade instalada das usinas nucleares em até 770 GW no cenário APS e até 900 GW no cenário NZE até 2050. **“A construção de usinas nucleares atingirá novos patamares”**, diz a previsão na página 126.

Seja como for, uma diferença na previsão de mais que o dobro é muito, e também indica um alto grau de incerteza.

Nas previsões da EIA e da AIE, a energia nuclear está incluída entre as fontes de energia de baixo carbono, o que inclui também a geração de energia renovável e a geração de combustíveis fósseis com captura e armazenamento de CO₂. Como observado na previsão da AIEA (com referência aos dados da AIEA), nos últimos 50 anos, o uso de usinas nucleares evitou a emissão de cerca de 70 bilhões de toneladas de dióxido de carbono.

Dificuldades no caminho para a implementação

Na previsão, a AIE estruturou os riscos inerentes a diversos setores do setor elétrico. Para a energia nuclear, os riscos associados à obtenção de licenças e certificações, a falta de pessoal qualificado e o custo do financiamento são considerados elevados. Esse não é o maior conjunto de riscos: por exemplo, a energia eólica e as redes elétricas têm quatro deles.

A lista da AIE coincide parcialmente com os desafios identificados pela AIEA: dificuldades financeiras, econômicas e de fornecimento para novos projetos de construção. **“Nos últimos anos, devido a elevados custos de construção e atrasos em projetos pioneiros, as atitudes em relação ao risco de projetos nos EUA e na Europa tornaram-se muito cautelosas, dificultando as decisões de investimento em novos projetos”**, afirma a previsão. No entanto, os autores esclarecem imediatamente que, em outras regiões, as unidades nucleares estão sendo construídas dentro do planejamento e do cronograma. Estão igualmente sendo envidados esforços para harmonizar os regulamentos e normas do setor e estão sendo feitos progressos na eliminação final de resíduos altamente radioativos.

TENDÊNCIAS

[Voltar para o índice](#)

Aspecto regional

Os autores das previsões da AIE e da EIA não se aprofundaram nas especificidades da indústria nuclear em diferentes regiões, portanto, abaixo estão as informações da previsão da AIEA.

Na América do Norte, no cenário alto, a capacidade instalada total até 2050 poderia aumentar 44%, para 156 GW, enquanto no cenário baixo poderia cair um terço do nível atual, para 67 GW. No cenário alto, a produção de eletricidade em usinas nucleares aumentará cerca de uma vez e meia até 2050, para 1.297 TWh, em comparação com o nível de 2022. No cenário baixo, o número cairá um terço, para 547 TWh. A participação da energia nuclear pode aumentar 1,5 ponto percentual até meados do século, ou cair 9.

Nos países da América Latina, onde a energia hidrelétrica tradicionalmente tem uma posição forte, as usinas nucleares surgiram na década de 1970. Desde então, a participação da energia nuclear quadruplicou, mas na cesta energética geral permaneceu modesta, apenas cerca de 2%. No cenário alto, o volume de capacidade nuclear instalada quintuplicará até 2050, para 25 GW; e no cenário baixo, isso dobrará (para 12 GW).

A geração nuclear aumentará seis vezes para 197 TWh ou 30% para 92 TWh nos cenários alto e baixo, respectivamente. A participação da energia nuclear na capacidade instalada total aumentará 1,6 ponto percentual ou permanecerá inalterada, e na geração triplicará ou aumentará, mas em valores muito mais modestos.

Na Europa Ocidental, do Norte e do Sul, a participação da energia nuclear duplicou em 1980–1990, depois diminuiu e situa-se agora nos 19%. A quantidade de capacidade nuclear instalada na região diminuirá em ambos os cenários até 2030. Depois, no cenário alto, em 2050 aumentará um terço do nível de 2022 para 131 GW ou cairá 40% para 60 GW. A geração nuclear aumentará 91% até 2050, para 1075 TWh (11 pontos percentuais), ou diminuirá cerca de 12% (mais de 5 pontos percentuais), para 493 TWh.

No Leste Europeu, a participação da energia nuclear quadruplicou desde 1980 e, segundo dados de 2022, chegou a 23%. No cenário alto, a capacidade nuclear instalada deve quase dobrar até 2050, passando dos níveis atuais para 102 GW, enquanto no cenário baixo deve aumentar 11%, para 59 GW. A participação da capacidade nuclear aumentará 6 pontos percentuais para 800 TWh ou





TENDÊNCIAS

[Voltar para o índice](#)

1,5 pontos percentuais para 461 TWh, respectivamente.

Na África, a participação da geração nuclear foi de cerca de 2–3% no período 1990–2010; Até o momento, caiu para 1,2% devido ao aumento de outros tipos de geração, principalmente gás e hidrelétrica. Até 2050, o consumo de eletricidade no continente deve quadruplicar o nível de 2022. No cenário alto, espera-se que a capacidade de geração de energia nuclear na África aumente em mais de 10 vezes, para 20 GW até 2050. No cenário baixo, cinco vezes até 9 GW. No cenário alto, a produção de eletricidade em usinas nucleares aumentará mais de 14 vezes, para 144 TWh até 2050, e a participação triplicará. No cenário baixo, aumentará sete vezes para 69 TWh e a participação aumentará para 2% do volume total de geração.

A região da Ásia Ocidental tradicionalmente usa muito petróleo; A participação das fontes fósseis no consumo total de energia está em torno de 80% há mais de 40 anos. A produção de eletricidade durante esse período aumentou 13 vezes. A participação da energia nuclear na produção total de eletricidade em 2022 foi de 1,7%. No cenário alto, quintuplicará para 24 GW até 2050. No baixo, três vezes, até 14 GW. Ao mesmo tempo, a produção de eletricidade em usinas nucleares no cenário alto aumentará mais de oito vezes (em 5 pontos percentuais) para 189 TWh e no cenário baixo, em cinco vezes (em 2 pontos percentuais) para 112 TWh.

No sul da Ásia, a participação da geração nuclear segundo dados de 2022 foi de 3%. O principal recurso energético nesta região é o carvão, o segundo é o gás. A produção de eletricidade mais do que triplicará até 2050. No cenário alto, o volume de capacidade nuclear aumentará mais de sete vezes até

2050, para 74 GW, e a participação da energia nuclear na cesta energética total será de 2,5%. Em níveis baixos, a capacidade quadruplicará para 42 GW e a participação cairá para 1,4%. No cenário alto, a produção de energia nuclear aumentará oito vezes (5 pontos percentuais), para 578 TWh, e no cenário baixo, aumentará cinco vezes (1,5 ponto percentual), para 331 TWh.

Na região da Ásia Central e Oriental, a participação da eletricidade mais do que dobrou desde 1980, respondendo por mais de um quarto do consumo total de energia em 2022. A participação da energia nuclear na produção total de eletricidade cresceu até 2000, mas depois diminuiu e, em 2022, foi de cerca de 6%. O cenário alto pressupõe que o volume de capacidade nuclear instalada na região quadruplicará (em 4 pontos percentuais) para 345 GW até 2050, e o cenário baixo dobrará para 192 GW. A proporção da energia nuclear, neste caso, aumentará dos atuais 2,8% para 3,6%. A produção no cenário alto aumentará 4,5 vezes até 2050 (11 pontos percentuais), para 2.777 TWh, no cenário baixo, quase 280% (5 pontos percentuais), para 1.772 TWh.

No Sudeste Asiático, a produção de eletricidade quadruplicou desde 1980. Ainda não há usinas nucleares na região. Os principais recursos energéticos são o carvão, o gás e a energia hidrelétrica. No cenário alto, serão construídos 11 GW de capacidade de energia nuclear. No baixo, 3 GW. O volume de produção de eletricidade na usina nuclear deve ser de 87 e 24 TWh nos cenários alto e baixo, respectivamente.

Ainda não há, tampouco, energia nuclear na Oceania. A indústria elétrica é baseada principalmente no carvão. No cenário alto,



TENDÊNCIAS

[Voltar para o índice](#)

2 GW de capacidade nuclear serão construídos na região até 2050. No cenário baixo, não haverá implementação. Consequentemente, a geração será de 14 TWh por ano ou permanecerá em zero.

A Rosatom contribui enormemente para o desenvolvimento da geração de energia nuclear em todo o mundo. De acordo com os resultados de 2022, a estatal é o player mais

importante no mercado internacional. A Rosatom está construindo 32 unidades de energia em sete países, com um portfólio total de projetos de 33 unidades em 11 países. Durante os 18 anos de existência da Corporação Estatal, foram construídas 18 unidades de alta potência (sem contar as usinas nucleares flutuantes), nove delas fora da Rússia. ^{NL}

[Ao início da seção](#)



Tecnologias Nucleares Pacíficas

Em El Alto, Bolívia, foi inaugurado um Centro Multifuncional de Irradiação e instalado um reator de pesquisa na posição para a qual foi projetado. Essas instalações fazem parte do Centro de Pesquisa e Desenvolvimento em Tecnologia Nuclear (CIDTN), que a Rosatom está construindo para a Agência Boliviana de Energia Atômica (ABEN).

O CIDTN é a instalação nuclear mais alta do mundo, localizada a uma altitude de 4.000 metros acima do nível do mar. No Centro Multifuncional de Irradiação, os produtos alimentícios serão processados por radiação ionizante, o que prolongará sua vida útil.

“Graças ao Centro Multifuncional de Irradiação, poderemos processar produtos agrícolas e exportá-los de acordo com os padrões necessários para entrar nos mercados internacionais. É por isso que este Centro Multifuncional de Irradiação é tão importante para nós, que seria impossível

AMÉRICA LATINA

[Voltar para o índice](#)

de implementar sem a cooperação com nosso país irmão Rússia e a Corporação Estatal Rosatom, que nos ajuda a construir o Centro de Pesquisa e Desenvolvimento em Tecnologia Nuclear (CIDTN) aqui na cidade de El Alto”, disse, na cerimônia de abertura, o presidente da Bolívia, Luis Alberto Arce Catacora.

O Centro Multifuncional de Irradiação também processará dispositivos médicos e produtos para a indústria farmacêutica. A tecnologia possibilita o processamento de produtos diretamente na embalagem, sem comprometer a integridade da embalagem. O processamento é feito praticamente sem aquecimento, razão pela qual este método é chamado de esterilização a frio. Cada produto tem seu próprio modo de processamento. O tempo de processamento de uma caixa é de alguns segundos a vários minutos, e os produtos estão prontos para uso imediatamente após o processamento.

Este método de processamento do produto é completamente seguro, pois não há substâncias nocivas dentro ou fora do produto. O método é usado em todo o mundo, e é o segundo método mais popular de esterilização

geral de produtos no mercado global, com uma participação de cerca de 40%. Após o processamento, os produtos mantêm suas propriedades benéficas em sua totalidade.

O presidente Arce convidou os produtores bolivianos a usar os serviços do centro para começar a exportar seus produtos.

Também no canteiro de obras do Centro de Pesquisa e Desenvolvimento em Tecnologia Nuclear (CIDTN), foi instalado o vaso do primeiro reator de pesquisa da Bolívia na posição para a qual foi projetado, que garantirá a produção de produtos radioisótopos e será usado para treinar o futuro pessoal das instalações nucleares.

“A instalação do vaso do reator de pesquisa na posição para a qual foi projetado na metrópole mais alta do mundo, a uma altitude de 4.000 metros acima do nível do mar, é um novo recorde para toda a indústria nuclear global, que foi possível graças à nossa cooperação bem-sucedida com parceiros bolivianos e, claro, às soluções únicas de design e engenharia implementadas pela Rosatom”, enfatizou o diretor da Rosatom, Alexey Likhachev.

O Centro de Pesquisa e Desenvolvimento em Tecnologia Nuclear (CIDTN), além de um reator de pesquisa com complexo de laboratórios e um centro de irradiação multifuncional, também inclui um complexo ciclotron para a produção de radiofármacos e laboratórios de radiobiologia e radioecologia. A previsão de conclusão para a construção das instalações do centro é 2025. O complexo ciclotron já está em operação e desde março de 2023 fornece radiofármacos a clínicas bolivianas para a pesquisa de mais de 5.000 pacientes por ano. Os cidadãos bolivianos agora podem se submeter a es-

AMÉRICA LATINA

[Voltar para o índice](#)

tudos médicos em pouco tempo e de alta qualidade usando produtos avançados de medicina nuclear sem ter que viajar para o exterior. No futuro, a operação do complexo permitirá substituir completamente as importações de radiofármacos. [NL](#)

[Ao início da seção](#)