

Už žádný jaderný odpad! V Rusku se plní sen lidstva o nekonečné energii...

 putin-today.ru/archives/212447

24 июля 2024 г.

S velkou mocí přichází velká zodpovědnost – to není fráze strýčka Bena ze Spider-Mana, ale starořímský aforismus vyjádřený před naším letopočtem.

I tehdy lidé chápali: pokud máte ve svých rukou moc a autoritu, musíte s tím zacházet s mimořádnou odpovědností a opatrností, a přesto se budou objevovat nejrůznější problémy.

A to je přirozený proces...

Prostě naše generace se rozhodla tuto zásadní okolnost ignorovat a povýšila jadernou energetiku na nebezpečnou, problematickou a zbytečnou technologii výroby energie.

A místo řešení problémů, zlepšování konstrukce a bezpečnosti reaktorů se celý takzvaný civilizovaný svět propadl do stavu hysterie a prohlásil, že jaderná energie ničí planetu a je třeba se jí urychleně zbavit.

Ядерная энергетика не имеет смысла

Ядерная энергия также опасна. Мы все еще живем с последствиями аварий на Чернобыльской АЭС и Фукусиме, в результате которых было выброшено огромное количество радиоактивных материалов. Даже без подобных аварий ядерная энергетика создает радиоактивные отходы на каждой стадии производства, включая добычу урана и переработку отработавшего реакторного топлива. Некоторые из этих отходов будут оставаться опасно радиоактивными в течение сотен тысяч лет, однако никто не знает способа их безопасного хранения, чтобы не создавать проблем для будущих поколений.

Надежды правительства Великобритании на атомные электростанции нового поколения разбиваются об экономические реалии. Поскольку стоимость по-настоящему чистой энергии резко падает, а цены на ядерную энергию выходят из-под контроля, атомные энергетические компании откладывают в долгий ящик свои планы по строительству электростанций в Великобритании.

Вместо поддержки ядерной энергетике нашему правительству необходимо инвестировать в возобновляемые источники энергии, включая ветер и солнечную энергию. Процветающая отрасль возобновляемой энергетики создаст рабочие места, обеспечит более дешевую электроэнергию и поможет сократить выбросы гораздо быстрее, чем ядерная энергетика.

Ale co velká zodpovědnost? Energie atomového jádra totiž může lidstvu přinést tolik výhod, kolik může zničit.

Při štěpení atomového jádra, zejména izotopu uranu-235, se uvolní téměř 3 milionkrát více energie než při spalování uhlí o stejné hmotnosti.

Энергия цепной ядерной реакции

При расщеплении одного ядра урана выделяется примерно 200 МэВ энергии

Удельный выход энергии около 1 МэВ на нуклон



При расщеплении всех ядер, содержащихся в 1 г урана выделяется энергии столько же, сколько при полном сгорании 3 т каменного угля

1 gram uranu-235 je energeticky ekvivalentní 3 000 000 gramům uhlí.

To je samozřejmě při 100% účinnosti, ale přesto při jaderné reakci paliva používaného pro moderní jaderné elektrárny dostáváme na jednotku hmotnosti 100 tisíckrát více užitečné energie než při spalování uhlí.

To znamená, že 1 konvenční kilogram jaderného paliva v moderní jaderné elektrárně uvolní stejné množství užitečné energie, jaké získáme spalováním 100 tun uhlí nebo 60 tun ropy.

Энергоемкость ядерного топлива



I děti, které si hrají se sirkami, chápou, že mohou buď zapálit svíčku, nebo vypálit dům, ale proč to nechápou i dospělí, kteří upadají do epileptického záchvatu jen ze slov „jaderná energie“?

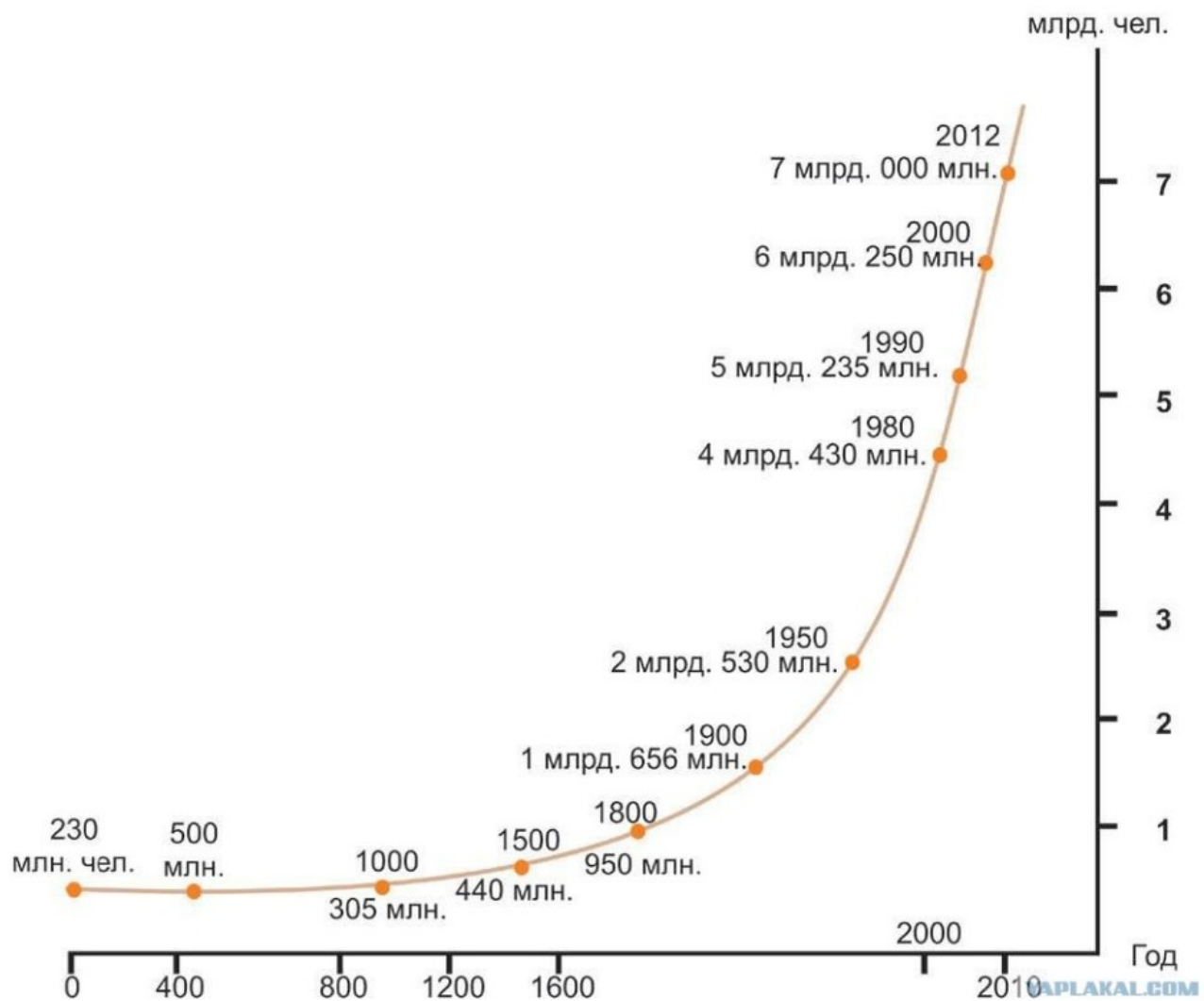


Je možné připsat atomové energii skutečnost, že může přinést výhody i zničit?

To je samozřejmě pravda. Odtud aforismus, že mít velkou energii s sebou nese také velkou zodpovědnost.

Ale užitečný rozvoj výkonnějších zdrojů energie je to, co posouvá lidskou civilizaci kupředu.

Pro rozvoj naší civilizace, pro veškerý náš technický pokrok existují uhlovodíky: uhlí, ropa, plyn, jejichž energii lidstvo uvedlo do proudu.



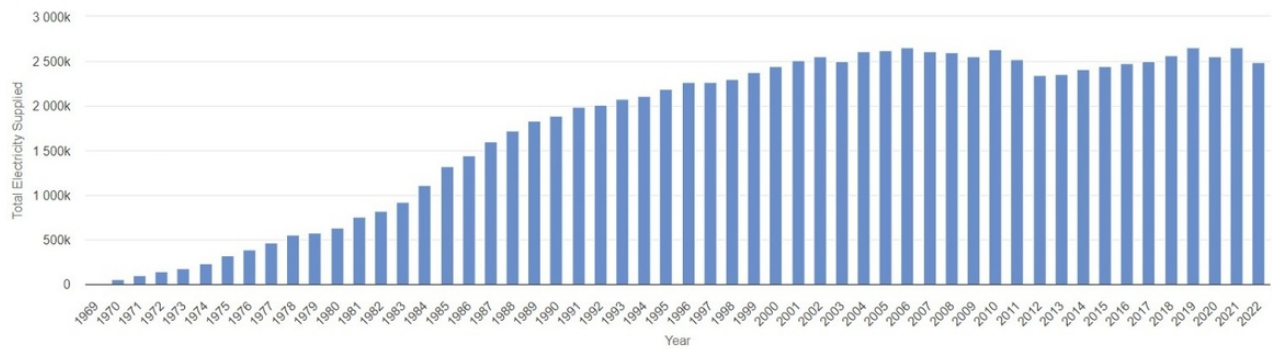
Dokázali jsme se zbavit energetických zdrojů s nízkou spotřebou, včetně větrných mlýnů, a udělat obrovský skok v našem vývoji. V celé historii lidstva jsme nezaznamenali takový růst a pokrok. Během 20. století vzrostla ekonomika naší civilizace 20krát a počet obyvatel téměř 4krát.

Jaderná energetika má samozřejmě své nevýhody, první je možnost velké havárie, jaká se stala v Černobylu, jaderných elektrárnách Fukušima a lokální havárie v jaderné elektrárně Three Mile Island, ke které došlo v roce 1979 v USA.



Havárie v Černobylu.

Po těchto katastrofách se rozvoj jaderné energetiky ve světě jednoduše zastavil a dosáhl plošiny.



Celková kapacita jaderné elektrárny

Jaderná energetika byla uznána mnoha zeměmi jako extrémně nebezpečné, a proto neperspektivní odvětví energetiky a také s velmi malou palivovou základnou, protože uran vydrží pouze 50 let, pokud se jaderná energetika bude nadále rozvíjet stejným tempem.

Pro srovnání moderní jaderné bloky fungují 60 let s možností prodloužení jejich provozu o dalších 20 let.

Druhým problémem jaderných elektráren je jaderný odpad, který se po zpracování v reaktoru během 100 tisíc let stává extrémně radioaktivním.

A logika zde byla následující: pokud jaderné elektrárny nepřestanou fungovat a budou se nadále stavět ve stejném množství, pak jaderný odpad zaplní celou zemi: půda, vzduch a voda budou kontaminovány radiací. Chceme pro sebe a své děti takovou budoucnost?

A oni tomu věřili a velmi ochotně, protože se víceméně naučili přepracovat vyhořelé jaderné palivo (Francie, Anglie, Rusko), ale nikdo nevěděl, jak přepracovat jaderný odpad a deaktivovat jeho radiaci na pozadí.

Dnes však používáme ty fyzikální a chemické procesy, které byly známy na úsvitu rozvoje jaderné energetiky.

Jaderní fyzici ve 40. letech teoreticky vyřešili problém vyhořelého jaderného paliva a jaderného odpadu a zároveň 140krát rozšířili palivovou základnu jaderných elektráren.

Nezbývalo než pokračovat ve vývoji jaderných reakcí experimentálně potvrzených ve 40. letech minulého století.

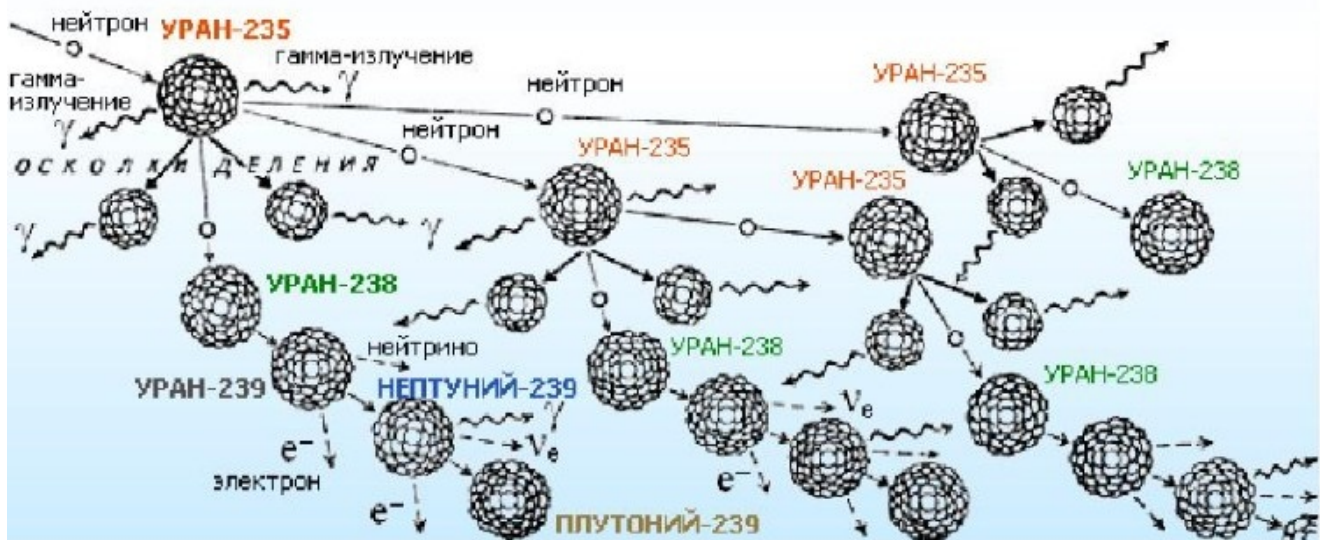
Jaderná transmutace chemických prvků byla jasně prokázána již ve 40. letech 20. století, kdy se jeden chemický prvek pod vlivem neutronového záření v atomovém reaktoru mění na jiný.

Реактор на быстрых нейтронах

Ядерным горючим для них служит обогащенная смесь, содержащая не менее 15% изотопа U-235.

Остальной же U-238, поглощая нейтроны, посредством двух последовательных β -распадов превращается в ядра плутония, который потом также можно использовать в качестве ядерного топлива.

На 1 кг U-235 можно одновременно получить до 1,5 кг плутония.



Tak bylo možné získat nové palivo a zároveň spálit radioaktivní izotopy s dlouhou životností.

Na papíře to ale vypadá jednoduše, ale spustit tyto reakce v praxi v civilním sektoru ekonomiky se ukázalo jako nesmírně obtížný úkol.

Aby byla jaderná energetika absolutně bezpečná, bylo nutné vyřešit řadu high-tech problémů.

Prvním je vývoj nové generace reaktorů, které jsou bezpečnější a účinnější.

Tento úkol byl splněn od roku 1996 se začaly objevovat reaktory 3. generace, které spotřebují o 17 % méně uranu na jednotku vyrobené elektřiny než reaktory druhé generace a jednou za 34 milionů let dojde k jedné havárii nebo poškození aktivní zóny.

A všechny jaderné katastrofy se staly v reaktorech 2. generace, které již nebyly komerčně životaschopné, ale nebyly dostatečně odolné proti poruchám, jejichž zničení aktivní zóny nastává jednou za 1300 reaktorových let.

Zavedením nových pravidel MAAE po havárii ve Fukušimě se zvýšila teoretická provozní životnost reaktorů 2. generace bez větších havárií na 13 000 reaktorových let.

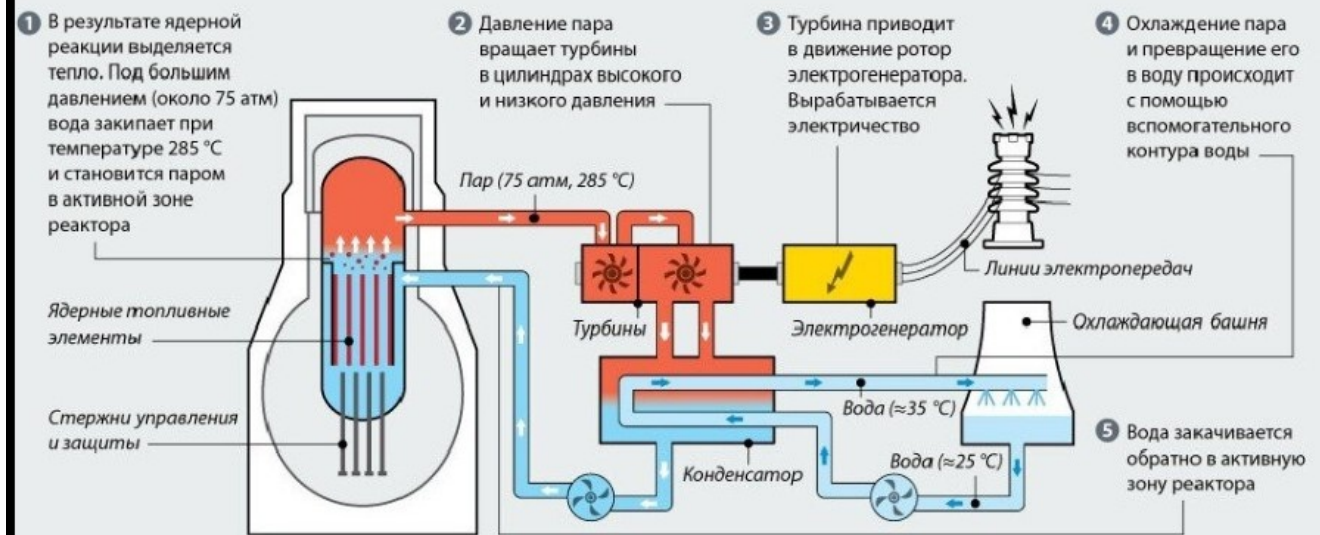
To je ale stále málo, protože teoreticky u 416 jaderných bloků jaderné elektrárny 2. generace dojde k jaderné havárii v průměru jednou za 31 let.

Dnes je po celém světě v provozu 416 reaktorů 2. a 3. generace a dalších 59 reaktorů 3. a 3+ generace je ve výstavbě.

Принцип работы реактора типа ВВР

ВВР (англ. Boiling Water Reactor) — реактор с кипящей водой.

Реакторы такого типа используются во всех шести блоках АЭС «Фукусима-1»



34 000 000 a 13 000 reaktorových let jsou velmi znatelné hodnoty.

Ale v první polovině 21. století se začaly objevovat reaktory generace 3+, z nichž první byl spuštěn v Rusku v Novovoronežské JE v roce 2016.

Takové reaktory jsou již vybaveny přirozeným bezpečnostním systémem, který může fungovat bez lidského zásahu, jednoduše na základě přírodních fyzikálních zákonů, jako je gravitace, přirozená konvekce a tepelná stabilita konstrukce.

Dokážou odolat pádu velkého dopravního letadla přímo do reaktorové nádoby, zemětřesení o síle 9 stupňů a dokonce i úderu taktické jaderné zbraně 100–300 metrů od budovy reaktoru.

Ano, samozřejmě, není pravda, že taková jaderná elektrárna zůstane po bombardování v provozu, ale hlavní je, že zůstane bezpečná.

Frekvence destrukce aktivní zóny u reaktorů generace 3+ přesahuje 1 na 100 milionů reaktorových let, to znamená, že jsou více než 7,5 tisíckrát bezpečnější než nejbezpečnější jaderné elektrárny 2.

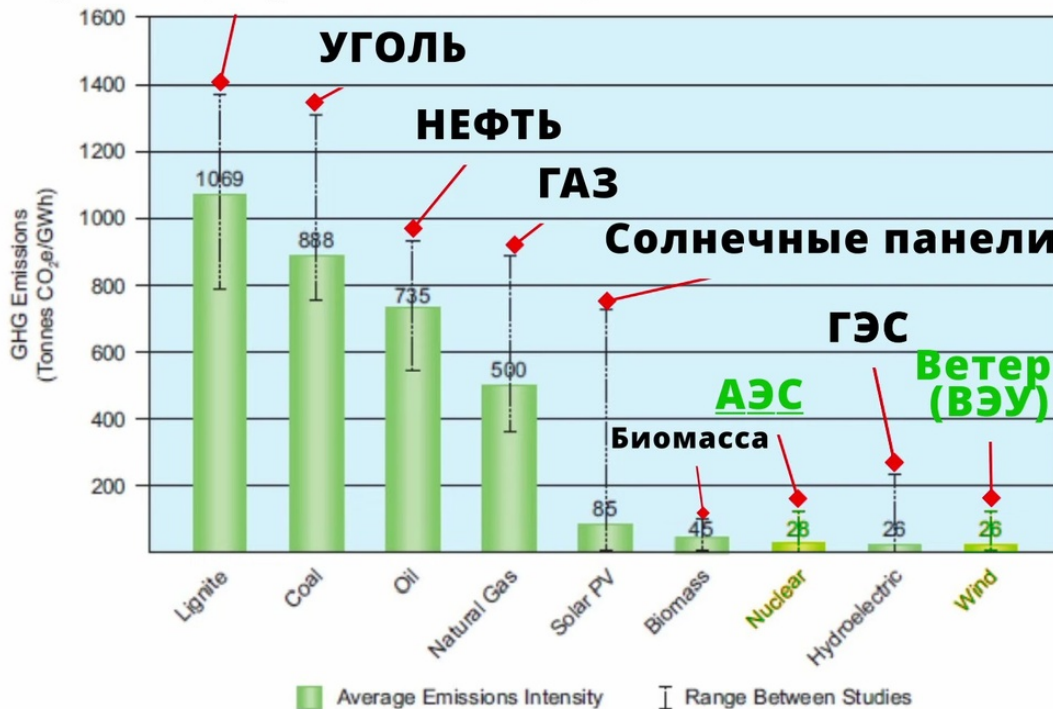
generace.

Navíc Evropská unie, kde sídlí nejaktivnější ekologičtí aktivisté, po důkladné kontrole a studii zařadila jaderné elektrárny 3+ generace na seznam zelených technologií spolu s větrnou a solární energií jako technologie, které mají minimální dopad na životní prostředí.

Evropská komise navíc stanovila, že jaderné elektrárny (obecně 2, 3 a 3+ generace) po celý svůj životní cyklus s veškerým jaderným odpadem jsou z hlediska dopadu na životní prostředí na stejné úrovni jako větrné elektrárny.

Figure 3.2-6. Lifecycle GHG emissions intensity of electricity generation technologies

Бурий уголь (чёрный лигнит)



Source: Ref. [3.2-7]

Graf z výzkumné studie EU 2020. Celkové škody na životním prostředí jsou vypočteny a vyjádřeny v ekvivalentech emisí CO₂e v tunách na gigawatt vyrobené energie.

CO₂ je již dlouho univerzálním měřítkem dopadu na životní prostředí. Přes něj se tedy počítá vše od znečištění rtutí z jaderného odpadu až po množství škodlivých látek uvolněných při chovu hospodářských zvířat. To znamená, že to nemusí být nutně oxid uhličitý, nemusí tam být vůbec, ale škodí na životním prostředí se počítá přes něj. Celková škoda způsobená na životním prostředí se tedy počítá prostřednictvím ekvivalentu emisí CO₂, tento ukazatel je zapsán jako „CO₂e“.

Proto je v EU od roku 2023 oficiálně povolena stavba reaktorů generace 3+, uznaných hlavním vědeckým orgánem EU za bezpečné.

Druhým problémem jaderné energetiky jsou malé zásoby jaderného paliva.

Řetězová reakce jaderného štěpení v přírodě je podporována izotopem uranu-235, ale v uranové rudě je to jen 0,72 % téměř vše ostatní je izotop uranu-238, který jde v jaderném průmyslu do odpadu.

V USA a Velké Británii se pancéřování a granáty tanků vyrábí z ochuzeného uranu, kde je obsah izotopu uranu-238 99,7 %.



Projektily s ochuzeným uranem (USA)

Z tuny vytěženého uranu tak bude pouze 7,2 kg uranu použito jako palivo pro moderní jaderné elektrárny a pro získání těchto kilogramů bude nutné jaderné palivo obohatit na požadované koncentrace.

Proces zvyšování koncentrace jader izotopu uranu-235 z 0,72 na 5 % nebo více se nazývá obohacování a provádí se v plynových odstředivkách.

Mnohokilometrové kaskády plynových odstředivek pracují nepřetržitě po dobu 30 a více let a obohacují uran.



Každá odstředivka jednotlivě obohacuje izotop uranu-235 jen o několik atomů za jednu sekundu, ale spojené v kaskádě jsou schopny nepřetržitě produkovat požadovanou koncentraci uranu-235 v reálném čase.

Rusko má technologii nejproduktivnějších plynových odstředivek, EU má o něco méně produktivní, nejméně produktivní jsou v Číně, Íránu, Pákistánu a nově se objevily i v USA.

Situace s jaderným palivem se ale nemění, co kdyby se všechen vytěžený uran dal využít jako jaderné palivo? To by umožnilo rozšířit palivovou základnu jaderné elektrárny 140krát.

A místo 50 let dostanete 7000 let.

Práce v tomto směru probíhaly ve Francii a SSSR, poté v Rusku. Nový typ rychlého neutronového reaktoru umožnil získat z izotopu uranu-238 izotop plutonia-239, který se stejně jako uran-235 podílí na procesu jaderné štěpné řetězové reakce.

To znamená, že přidáním uranu-238, který je pro jadernou elektrárnu nepotřebný, do rychlého neutronového reaktoru spolu s jaderným palivem obsahujícím uran-235, se po určité době uran-238 přemění na plutonium-239, tzn. stává se novým jaderným palivem.

Fyzika procesu je taková, že v rychlých reaktorech se vyrobí více plutonia-239 než se spálí uran-235, takže v takovém vyhořelém jaderném palivu se shromáždí více potenciálního jaderného paliva, než bylo před prací v jaderné elektrárně.

Plutonium-239 vzniká v odpadu z konvenčních jaderných elektráren v poměru přibližně 0,5-0,8 ku 1.

Jediné, co zbývá udělat, je vytěžit toto plutonium-239 a vyrobit z něj nové jaderné palivo.

Naučili se to dělat ve Francii a Rusku. Toto jsou jediné dvě země, které vyrábějí palivo MOX, které obsahuje plutonium-239.

V Rusku pokračoval další vývoj této technologie a využívání rychlých neutronových reaktorů a dnes je realizován první jaderný komplex s uzavřeným jaderným palivovým cyklem na světě, kde bude vyhořelé palivo přepracováno a znovu použito v reaktoru k výrobě energie atd. kruh desetkrát.



PROJEKT "PRŮLOM"

Komplex byl již částečně spuštěn; nedávno byla otevřena továrna na výrobu jaderného paliva. Komplex s reaktorem bude plně funkční v roce 2029.

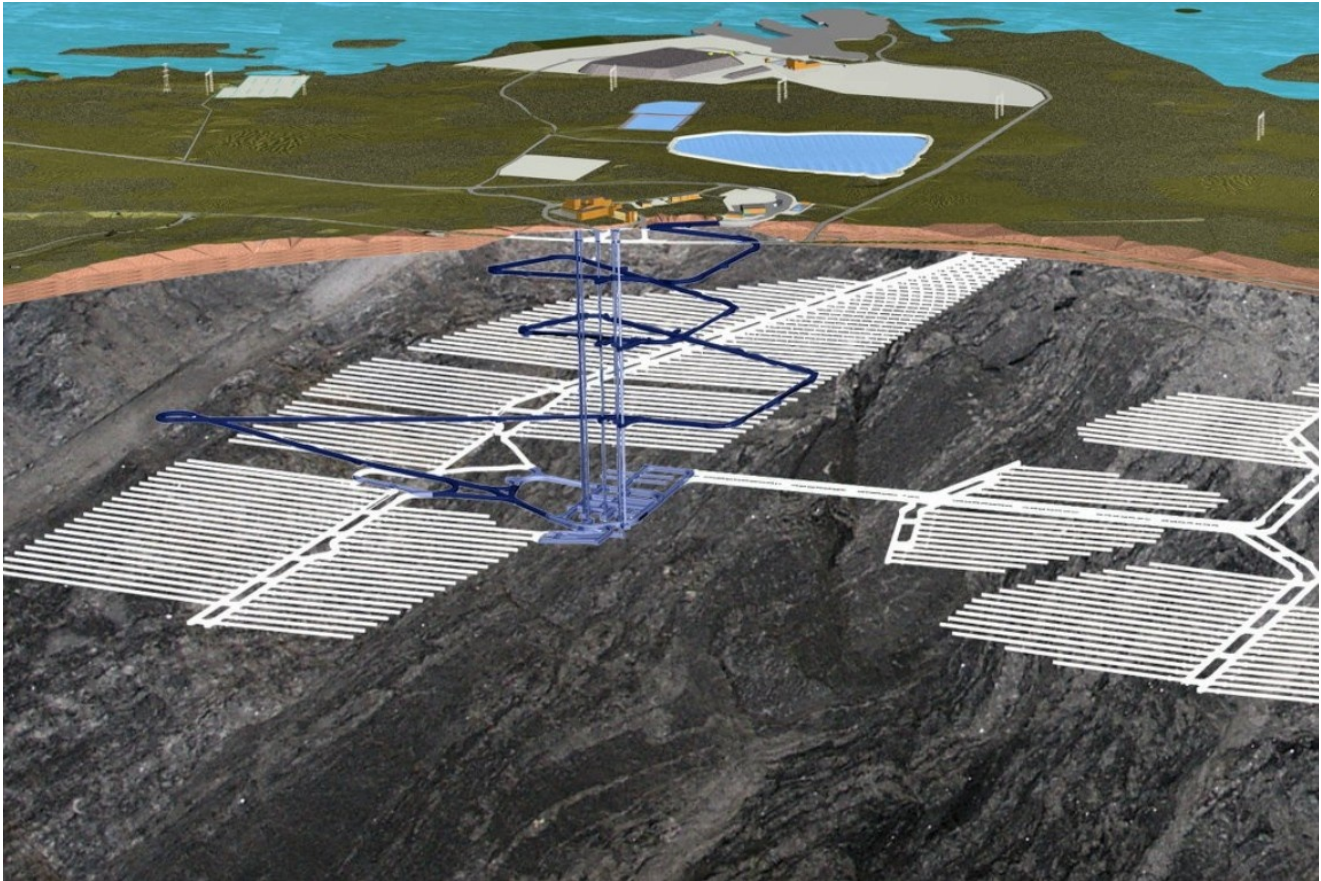
Takže otázka přepracování vyhořelého jaderného paliva a uzavření jaderného palivového cyklu lze říci, že je prakticky vyřešena, i když zatím pouze v Rusku, nicméně Rosatom již oznámil, že tato technologie bude do roku 2040 komerční.

Ukazuje se, že nyní jaderné palivo vydrží tisíce let a s větším rozvojem jaderné energetiky se například celý svět převede na jadernou výrobu (nejen elektrická, ale i tepelná), pak bude jaderné palivo stačit na 300 let.

Na cestě k bezpečné jaderné energii ale zůstává poslední problém – vysoce radioaktivní vyhořelý jaderný odpad. I při opakovaném přepracování jaderného paliva se v něm nakonec nashromáždí tolik radioaktivních prvků, že jej již nelze použít jako palivo a skončí jako odpad.

Co s nimi dělat? Donedávna byl tento problém považován za odložený a v dohledné době neřešitelný. Jedinou metodou bylo hluboké zahrabání jaderného odpadu na stovky tisíc let.

Finsko dnes staví úložiště radioaktivního odpadu (projekt Onkalo) a výzkum probíhá ve Francii, Rusku, Číně, USA a mnoha zemích.



Sklad vyhořelého jaderného paliva Onkalo je hlubinné geologické úložiště pro konečné uložení vyhořelého jaderného paliva, první úložiště svého druhu na světě. Plánovaná doba provozu je 100 000 let.

Ale výstavba takových skladovacích zařízení je nezbytným opatřením, známým již od 50. let, ale svět s jejich uvedením do praxe nijak nespěchá.

Existuje však alternativa? Jak se ukazuje, existuje. Procesy přeměny izotopu uranu-238 na izotop plutonia-239 lze také aplikovat na radioaktivní odpad. Neutronové ozařování radioaktivního odpadu vede ke snížení konečné radioaktivity více než 100krát.

Nejnebezpečnějším radioaktivním odpadem je tvorba transuranových prvků, které samy o sobě jsou vysoce aktivní a mají dlouhý poločas rozpadu. Ale když jsou ozářeny neutrony, samy se rozpadají na méně radioaktivní prvky, což vede k obecnému poklesu radioaktivního pozadí.

To se ale opět v praxi podařilo realizovat pouze v Rusku díky nepřetržitému provozu rychlých neutronových reaktorů BN-600 (rychlý sodíkový reaktor o elektrickém výkonu 600 MW) a BN-800, desítky let výzkumu, na kterém se potvrdilo velmi technické proveditelnost takové deaktivace radioaktivního odpadu.

V roce 2019 byl ruský výzkum uznán odborníky IAEA (Mezinárodní agentura pro atomovou energii):



Podle zjištění MAAE je pomocí ruského přístupu možné snížit konečnou radioaktivitu jaderného odpadu 100–200krát, a tím zkrátit skladovatelnost radioaktivního odpadu ze 100 tisíc let na 1000 let.

Navíc po 100 letech skladování již takto zpracovaný radioaktivní odpad nebude představovat hrozbu pro lidský život.

To znamená, že po 100 letech se radioaktivní odpad stává pro člověka bezpečným a po 500–1000 letech jeho radioaktivita klesne natolik, že se stane nerozeznatelným od přirozeného pozadí místního ekosystému.

A nedávno tato technologie vyšla ze stěn laboratoře. Začátkem července 2024 bylo do energetické jednotky rychlých neutronů BN-800 zavezeno palivo MOX s minoritními aktinidy obsahujícími neptunium-237 a americium-241, nejradiotoxickéjšími a dlouhodobějšími složkami ozářeného jaderného paliva.

Právě kvůli minoritním aktinidům musí být palivo pohřbeno na stovky tisíc let. Ale rychlé neutronové reaktory mají schopnost dodatečného spalování minoritních aktinidů, navíc tento typ reaktoru takové radioaktivní izotopy vůbec neprodukuje, tudíž jaderný odpad z vyhořelého jaderného paliva z rychlých reaktorů bude vyžadovat pohřbení jen na 100 let, a ne na 100 tis. let, jak je tomu nyní.

To znamená, že v Rusku již byl učiněn první krok k praktickému zavedení této technologie;

V důsledku toho bylo v Rusku v praxi dosaženo všech aspektů bezpečnosti jaderných elektráren.

1. Budují se jaderné elektrárny 3+ generace a jaderné komplexy 4. generace.
2. Byly vyvinuty nové rychlé neutronové jaderné elektrárny 4. generace (BN-1200N a BR-1200), které budou spalovat i radioaktivní prvky vznikající při provozu tradičních jaderných elektráren.



V místě prvního plnohodnotného komerčního rychlého reaktoru BN-1200M na světě již začaly inženýrské průzkumy. Budou vyjasněny geodetické, geologické, hydrometeorologické a environmentální charakteristiky lokality.

3. Je zvládnuto zpracování vyhořelého jaderného paliva a výroba celé rodiny paliva MOX z něj: palivo RIMIX, palivo SNUP.

4. Technologie obohacování uranu a separace dalších izotopů je dokonale zvládnuta.

5. Začal proces uzavírání jaderného palivového cyklu

6. Byl zahájen pilotní průmyslový provoz technologie dodatečného spalování radioaktivních odpadů.

Nyní se díky práci ruských vědců lidstvo již nemusí bát jaderné energie, nyní bude šetrné k životnímu prostředí.

A jaké výhody z toho plynou pro Rusko, kde jsme v otázkách jaderné bezpečnosti o 20–30 let napřed před celým globálním jaderným průmyslem, si můžete spočítat sami:

- **Libra byla érou uhlí,**
- **Dolar je ropa éry,**
- **Rubl – bude to éra atomu?**

Kochetov Alexey

<https://dzen.ru>

Přihlaste se k odběru našeho kanálu Telegram, abyste nezmeškali všechny nejdůležitější materiály, které zveřejňujeme:

https://t.me/putin_today