

# Rozhledy matematicko-fyzikální

---

Vladimír Wagner  
Černobyl třicet let poté

*Rozhledy matematicko-fyzikální*, Vol. 91 (2016), No. 3, 14–23

Persistent URL: <http://dml.cz/dmlcz/146675>

## Terms of use:

© Jednota českých matematiků a fyziků, 2016

Institute of Mathematics of the Czech Academy of Sciences provides access to digitized documents strictly for personal use. Each copy of any part of this document must contain these *Terms of use*.



This document has been digitized, optimized for electronic delivery and stamped with digital signature within the project *DML-CZ: The Czech Digital Mathematics Library* <http://dml.cz>

## Černobyl třicet let poté

*Vladimír Wagner, ÚJF AV ČR, Řež*

**Abstract.** This year, we commemorate the fifth anniversary of the disaster in Japanese Fukushima I nuclear power plant (the previous article) and also the thirtieth anniversary of the Chernobyl accident in Ukraine (this article). These have been the worst two nuclear power plant accidents and also the only ones to directly impact the environment. We will examine the present situation in both affected areas which are currently undergoing the recovery process heading to decommissioning of the reactors and to reconstruction and revitalization of the environment.

### Reaktory RBMK a jejich vlastnosti

Než se podíváme na samotnou havárii, je třeba popsat, jaký typ reaktoru se v Černobylské jaderné elektrárně využíval. Jednalo se o ruský reaktor RBMK (Reaktor Bolšoj Moščnosti Kanalnyj), který je varným reaktorem chlazeným vodou a moderovaným grafitem. Jde tedy o klasický reaktor, který využívá vysoké pravděpodobnosti štěpení pomalými tepelnými neutrony. Vzhledem k tomu, že neutrony vzniklé při štěpení mají energii o mnoho řádů vyšší, je třeba jejich energii snížit zpomalením. K němu dochází srážkami neutronů s jádery co nejllehčích prvků moderátoru. Jako moderátor se tak nejčastěji používá voda nebo právě grafit.

Velice důležité pro každý reaktor je efektivní chlazení, které je v tomto případě zajišťováno vodou. Pokud chceme využít teplo vzniklé v reaktoru k výrobě elektřiny, je nutné vyprodukovat páru, která pohání turbínu. Ve varném reaktoru se pára produkuje přímo v primárním okruhu z vody, která prochází aktivní zónou reaktoru. To je rozdílná situace oproti tlakovodním reaktorům, jako jsou například v Temelíně a Dukovanech, kde se napřed teplo přenese v tepelném výměníku z primárního chladicího okruhu procházejícího aktivní zónou do sekundárního okruhu, kde je parogenerátor.

Konstrukce reaktoru RBMK vycházela z původního malého modelu navrženého pro produkci plutonia pro jaderné bomby. Proto reaktor umožňoval využívat jen slabě obohacený uran a vyměňovat palivové soubory během provozu. Pokud je totiž palivový soubor příliš dlouho

v aktivní zóně, produkují se tam vícenásobnými záchyty neutronů a následnými rozpady beta kromě plutonia 239 i jiné izotopy tohoto prvku. Směs různých izotopů plutonia se však pro výrobu jaderných zbraní nehodí. Sovětský svaz v té době potřeboval rychle zvýšit produkci elektřiny. Ukázalo se, že původní malý reaktor lze jednoduše zvětšit a dostane se levný a jednoduchý reaktor s elektrickým výkonem okolo 1 000 MWe. Tepelný výkon je zhruba trojnásobný. Velký energetický reaktor se už nehodil k produkci zbraňového plutonia, zaměřil se na produkci elektřiny, ale zachoval si řadu původních problematických míst.

Reaktory RBMK tak měly několik specifických vlastností, které přispěly k havárii a jejímu rozsahu. Neměly kontejnment, tedy železobetonovou obálku, která zabraňuje úniku radioaktivních látek. Reaktor měl kladnou zpětnou vazbu mezi výkonem a štěpnou reakcí. Při zvyšování tepelného výkonu a teploty se v chladicí vodě mohou objevovat bublinky. U reaktorů moderovaných vodou se tak zhoršuje moderace neutronů a štěpná řetězová reakce i výkon se začnou utlumovat. Funguje záporná zpětná vazba. U reaktoru RBMK, který je moderovaný grafitem, se v tomto případě snižuje absorpce neutronů ve vodě a intenzita štěpné reakce i výkon začnou ještě více růst. Funguje zmíněná kladná zpětná vazba. Reaktor byl i z tohoto důvodu značně nestabilní při režimech s velkými změnami výkonu a provozu za nízkého výkonu. Další vlastnost, která přispěla k havárii, byla konstrukce řídicích tyčí. Ty obsahují materiály, které intenzivně pohlcují neutrony. V případě reaktoru RBMK však v té době byly konce těchto tyčí z materiálu jiného (grafitu) a k intenzivnímu pohlcování neutronů a utlumování řetězové reakce docházelo až po nějaké době, než se koncové části dostatečně zasunuly. Navíc dodatečný grafit podpořil moderaci a kladnou zpětnou vazbu celého reaktoru.

#### **Havárie 4. bloku Černobylské jaderné elektrárny**

Problémy projektu s nestabilitou reaktoru se projevily již před Černobylem a vedly k havárii na reaktoru RBMK prvního bloku Leningradské jaderné elektrárny 30. listopadu 1975. Také tam došlo k problémům při noční směně, při provozu na poloviční výkon a jen s jednou ze dvou turbín, které blok má. A i zde to bylo při snaze o rychlé rozběhnutí reaktoru po nečekaném výpadku výkonu. V tomto případě se katastrofickému scénáři podařilo zabránit, ale došlo k tavení jednoho z kanálů reaktoru a poškození dalších. Vlivem utajování v té době, které bylo dáno

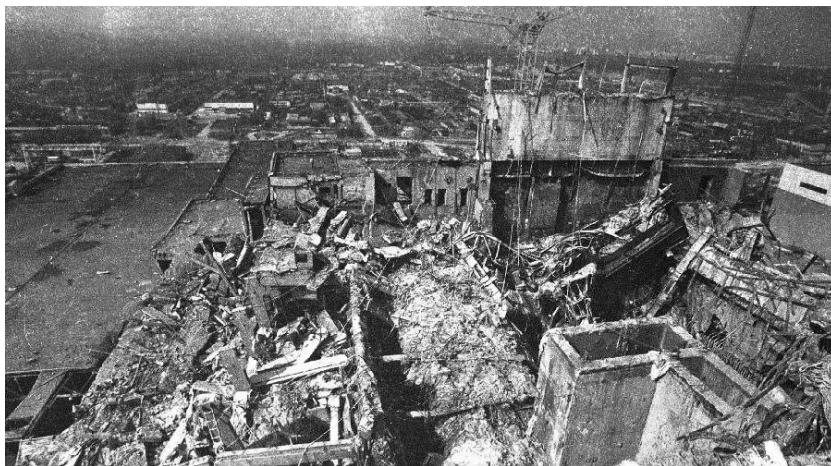
i probíhající studenou válkou a vojenským původem návrhu reaktoru, se informace a zkušenosti z této události nedostaly k ostatním uživatelům reaktorů RBMK. Nebyly také využity k odstranění zmiňovaných konstrukčních nedostatků. To se uskutečnilo až po Černobyli u bloků, které jsou stále v provozu v Leningradské (4 bloky), Kurské (4 bloky) a Smolenské (3 bloky) jaderné elektrárně. Podrobnější rozbor i srovnání havárií na Leningradské i Černobylské jaderné elektrárně je například v knize ukrajinských odborníků napsané pod vedením P. S. Pristera [1]. Pěkný přehled příčin a průběhu havárie i následků je na stránkách Světové jaderné asociace [2] a v pracích Černobylského fóra [3].

Havárie v Černobylské jaderné elektrárně nastala u čtvrtého bloku v noci z 25. na 26. dubna 1986 při testu využití doběhu turbíny pro dodávky proudu při výpadku vnější sítě. Ten už měl být prováděn před spuštěním bloku, ale odložil se kvůli tlaku na rychlé zahájení dodávek elektřiny. Samotná zkouška koncem dubna měla proběhnout přes den při odstavování bloku. Ovšem podniky před prvním májem doháněly plán a elektrárna byla požádána o odložení plánované odstávky až na večer. Test tak prováděla během noci směna, která s tím nepočítala. Její členové nebyli i ze zmíněných důvodů seznámeni s problematickými vlastnostmi konstrukce reaktoru a jejich riziky. V průběhu testu porušili operátoři řadu bezpečnostních pravidel a vypnuli několik bezpečnostních pojistek.

Důsledkem nedostatků v projektu reaktoru RBMK a nevhodného zacházení s reaktorem doprovázeným porušením bezpečnostních pravidel a kultury tak došlo k extrémnímu zvýšení výkonu, které vedlo k parnímu výbuchu. Ten následoval další výbuch, u něhož se stále diskutuje o tom, zda se jednalo o parní výbuch nebo o výbuch vodíku, jehož vznik byl popsán v části článku věnované Fukušimě. O síle exploze vypovídá i to, že odmrštila horní betonové víko o hmotnosti 1 000 tun. Kusy paliva a hořícího grafitu byly rozmetány po okolí a zapálily také asfaltové pokrytí střechy.

V průběhu exploze a následného požáru se část aktivní zóny dostala hlavně v podobě plynů a aerosolů do ovzduší a větrným prouděním i do velmi vzdálených oblastí Evropy. Celkově se předpokládá, že se jednalo o více než 5 % radioaktivních látek (zhruba 5 200 PBq). Bezprostředně zahynuli dva pracovníci, kteří byli v blízkosti reaktoru, tělo jednoho z nich nebylo doposud nalezeno. Dalšími oběťmi byli pracovníci, kteří se snažili zjistit, k čemu došlo, a pomoci svým kolegům. A také hasiči, kteří dorazili a snažili se uhasit požáry ze střechy. Zpočátku nebylo nikomu jasné, o jakou katastrofu se jedná. K tomu přispěl i fakt, že zde

téměř nebyly dozimetry, které by dokázaly měřit tak vysoké aktivity. Důsledkem bylo, že celkově bylo nemocí z ozáření postiženo 134 osob a 28 z nich zahynulo v následujících dnech a týdnech. Dalších 19 zahynulo později, i když smrt některých z nich nemusela bezprostředně souviset s radiací.



Obr. 1: 4. blok černobylské jaderné elektrárny – zničený reaktor č. 4. Šum na fotce je způsobený enormní radiací. Zdroj: Joanna, Flickr.com

### Následky havárie a její likvidace

Požáry na střeších se hasičům podařilo uhasit v průběhu několika hodin, ovšem požár zničené aktivní zóny a tím i intenzivní úniky radioaktivních látek trvaly řadu dní až do 10. května. V prvních dnech bylo potřeba uhasit požáry, odstínit radiaci ze zničeného bloku a také zamezit možnému rozběhnutí řetězové reakce. K tomu, aby se mohlo pracovat v okolí zničeného bloku, bylo potřeba je alespoň částečně dekontaminovat. Vzhledem k velmi vysoké radiaci museli pracovníci, kterými byli většinou starší vojáci, pracovat s využitím plátů olova jako ochrany a jen velmi krátkou dobu v řádu desítek sekund až jednotek minut. I tak se však jejich celkové obdržené dávky pohybovaly v řádu stovek milisievertů a přesahovaly i hodnotu 1 Sv. Jejich úsilím a obětavostí se připravila cesta k možnosti připravovat stavbu sarkofágu, který by zničený reaktor zakryl.

Zároveň se uskutečnily stovky letů helikoptér, které vysypaly do odkrytého vnitřku zničeného reaktoru celkově 5 000 tun bóru, písku a olova. Po dvou týdnech se tak podařilo zastavit intenzivní úniky radioaktivních látek a alespoň částečně odstínit intenzivní radiaci. Při havárii jednoho z vrtulníků, jehož pilot v záři slunce přehlédl lano jeřábu, zahynula celá čtyřčlenná posádka.

V prvních dnech bylo také důležité odčerpání radioaktivní vody, která se nahromadila při havárii a následném hašení a chlazení v suterénu. Hrozilo riziko, že se k ní protaví palivo ze zničené aktivní zóny a dojde k další parní explozi. Proto byli vysláni tři vojenští potápěči, aby otevřeli potřebné ventily, které byly v té době zaplaveny zmíněnou radioaktivní vodou. Ti také bohužel zahynuli v důsledku velmi vysoké efektivní dávky na nemoc z ozáření. Podařilo se také vykopat tunel pod reaktor, který umožnil vyplnit podzemní prostory betonem.

Projekční práce na železobetonovém sarkofágu byly zahájeny 20. května 1986 a samotná stavba proběhla od června do listopadu toho roku. Komponenty pro sarkofág se vyráběly v různých částech tehdejšího Sovětského svazu. Zároveň probíhaly intenzivní dekontaminační práce v okolí elektrárny. Na všech těchto pracích se podíleli tzv. likvidátoři, kterých bylo zhruba 200 000. Zhruba 10 % z nich obdrželo efektivní dávku překračující 250 mSv. Je jasné, že stavba probíhala za extrémně náročných podmínek. Sarkofág tak má omezenou životnost a není také hermetický. Již tehdy tak bylo jasné, že pro odstranění rizika, které ze zničeného bloku hrozí, bude potřeba vybudovat sarkofág nový s daleko vyšší životností.

### **Zasažená území**

Elektrárna měla v této řídkce osídlené oblasti pozvednout ekonomický rozvoj a životní úroveň. Zhruba 2 km od elektrárny bylo pro její pracovníky vybudováno město Pripjať. Bydlelo tam zhruba 45 000 obyvatel. Do začátku evakuace tohoto města uplynula delší doba než den. Postupně se evakovali obyvatelé i z dalších sídel ve vzdálenosti menší než třicet kilometrů od elektrárny. V dalších letech pak i z další silně kontaminované oblasti. Celkově měla evakuovaná zóna rozlohu zhruba 4 300 km<sup>2</sup> a své domovy muselo opustit asi 220 000 obyvatel. Někteří ze starších obyvatel se vrátili zpět a jejich pobyt zde byl tolerován. Zároveň se město Černobyl stalo základnou pro pracovníky, kteří se o zakázanou zónu starají. V současné době tam tak pobývá téměř 3 000 lidí, což je necelá třetina počtu, který byl v Černobylu před havárií.

Kromě opožděné evakuace bylo velkým negativem, že se nepodařilo zabránit proniknutí radioaktivního jódu do potravinového řetězce. Do značné míry to bylo dáno nedostatečným ekonomickým potenciálem Sovětského svazu, který nedokázal nahradit místní potraviny dovozem z jiných oblastí, a také utajováním. Hlavně drobní farmáři tak spotřebovávali své vlastní kontaminované mléko. Důsledkem bylo, že po zhruba čtyřech letech latence se začal projevovat zvýšený výskyt rakoviny štítné žlázy u mládeže. Prozatím bylo zaznamenáno zhruba 7 000 případů. Tato rakovina je naštěstí dobře léčitelná, takže pouze 14 pacientů se nepodařilo vyléčit a zemřeli.

Epidemiologické studie prokázaly pouze zvýšení pravděpodobnosti leukemie u zmíněných likvidátorů, kteří obdrželi nejvyšší dávky. Dávky, které jsou srovnatelné nebo přesahují přirozené radioaktivní pozadí, obdrželi kromě likvidátorů ještě evakuovaní a obyvatelé oblastí blízkých elektrárně na Ukrajině, v Bělorusku a Rusku. Další velká řada studií však má výsledky, které v mezích statistických nejistot zvýšené výskytu rakovin neprokazují. Případné zvýšení počtu rakovin vlivem Černobylu tak není epidemiologicky pozorovatelné a lze je pouze odhadovat. Pokud se využije a extrapoluje závislost zvýšení počtu rakovin na obdržené dávce například ze studie BEAR VII [4], jsou odhady pro takto postižené obyvatele, kterých je zhruba 7 milionů, mezi 6 000 až 20 000 úmrtí na rakovinu pro postiženou generaci. Normálních případů rakoviny je u takto početné skupiny zhruba 1 700 000. Někteří autoři předkládají odhady i pro ostatní části Evropy. V tomto případě však obyvatelé obdrželi dávku, která je o jeden i více řádů nižší než přírodní pozadí. V této oblasti dávek vůbec nevíme, jak a zda vůbec se riziko rakoviny zvyšuje. Při určování počtu rakovin způsobených radioaktivitou tak využívají lineární extrapolaci z oblastí dávek nad 100 mSv do oblastí nízkých dávek přes několik řádů. Jejich odhad je okolo 30 000 rakovin pro více než 600 milionů obyvatel Evropy, to ale nemusí mít s realitou nic společného.

Jak bylo uvedeno, postižená oblast byla osídlena jen řídce i před havárií a po úplném odchodu člověka z ní nastal velmi intenzivní rozvoj flóry i fauny. Zatímco někteří jedinci byli radiací při havárii postiženi, celá populace a příroda se s ní vypořádala velice dobře. Zmíněná ztráta dominantního predátora naopak vedla k jejímu rozkvětu. Co je a bude potřeba řešit, je péče o krajinu a lesy. V neobhospodařované krajině vzniká velké množství dřevní hmoty a další biomasy, což zvyšuje riziko požárů. V přírodním pralese jsou takové přirozené požáry normálním

regulačním prvkem, ale zde mohou být jistým rizikem. I to je důvodem, proč se hlavně v běloruské části postupně začala obnovovat infrastruktura pro obhospodařování krajiny a péči o ni.

Místo Pripjati bylo za hranicemi zakázané zóny vybudováno město Slavutyč, které má v současnosti okolo 25 000 obyvatel. Elektrárna totiž byla v provozu i po havárii, dokud se nepodařilo vybudovat náhradní kapacity pro výrobu elektřiny. Bylo tak potřeba zajistit ubytování pro její pracovníky i pro ty, kteří se starají o zničený blok.

### Současná situace v Černobylské jaderné elektrárně

Podívejme se, jak vypadá situace v elektrárně po třiceti letech od havárie. V současné době byla zahájena cesta k likvidaci elektrárny a revitalizaci postižených území. Podrobněji lze situaci a její vývoj sledovat na internetových stránkách elektrárny [5]. Pro likvidaci Černobylské jaderné elektrárny jsou klíčové dvě stavby, které se v současnosti dokončují. Obě jsou financovány z prostředků zahraničních dárců a prostřednictvím Evropské banky pro obnovu a rozvoj. V první řadě jde o nový sarkofág, který hermeticky dlouhodobě uzavře ten starý a zabráni jakémukoliv ohrožení okolí ze zničeného bloku.

Druhou důležitou budovou je pak suchý mezisklad pro vyhořelé jaderné palivo typu RBMK z černobylských bloků. Zde bude možné na řadu desetiletí bezpečně uložit zhruba 20 000 palivových souborů, které se spotřebovaly během provozu této elektrárny. Nedávno bylo dokončeno jejich přemísťování z bloků, které zůstaly i po havárii v provozu, do mokrého meziskladu, kde jsou chlazeny v bazénu s vodou.

### Nový sarkofág

Již v příštím roce by měl být dokončen nový sarkofág. Jeho stavbu zajišťuje konsorcium francouzských firem NovArka. Sarkofág má tvar velkého oblouku o výšce 110 m, délce 165 m a šířce 257 m. Jeho celková hmotnost bude asi 30 000 tun. Konstrukce je dvouplášťová, uvnitř bude vyplněna speciální extrémně vysušenou atmosférou pod odpovídajícím tlakem. Toto řešení zajistí, aby se v žádném případě nemohly radioaktivní látky dostat z hermeticky uzavřeného sarkofágu, a zároveň přispívá ke konzervaci struktur z uhlíkové oceli, které nesmí korodovat nejméně století.

Nový sarkofág se buduje v prostorách vzdálených od zničeného bloku. Zde se vybagrovalo velké množství kontaminované zeminy a celá plocha



se vybetonovala. Dosáhlo se takového snížení radioaktivity, že pracovníci mohou pracovat v normálních směnách. Je však třeba zdůraznit, že musí být velice pečlivě dozimetricky monitorováni. A to hlavně v případech, kdy musí některé práce provádět v blízkosti starého sarkofágu.

Práce na dokončení nového sarkofágu jsou v závěrečné fázi. Částečně jsou už instalovány některé jeřáby, které budou potřeba pro rozebírání nestabilních částí starého sarkofágu a později na likvidaci zničeného reaktoru. Na nich budou později umístěny manipulátory s pilami, rozbrušovačkami, zařízením pro odsávání prachu a pilin a řadou dalších technologií nutných pro rozebírání radioaktivních konstrukcí a materiálů i manipulaci s nimi.

Přesunutí oblouku nového sarkofágu nad zničený blok by mohlo proběhnout již na konci tohoto roku a v roce 2017 by se uskutečnily intenzivní testy konstrukce i zařízení a možná i první projekt rozebírání některých částí nestabilních konstrukcí starého sarkofágu. Jeho celkové rozebrání a později i likvidace zničeného reaktoru je však záležitostí na řadu desetiletí a s řadou velmi otevřených otázek. Zbytky paliva se pravděpodobně odstraní až v době, kdy bude vybudováno trvalé úložiště jaderného odpadu, kam by se uložily.

### **Nový suchý mezisklad**

V tomto roce se také dokončuje suchý mezisklad, který umožní dlouhodobé bezpečné skladování palivových souborů z černobylyských bloků. Dodělává se opláštění budovy, ve které se budou upravovat palivové soubory před svým uložením, a uvnitř se zahajují instalace vnitřního vybavení. Palivové soubory se přivezou do budovy ve vagónu, kde budou uchyceny ve vodorovné poloze. Výrobu kontejneru pro vagón zajišťovala česká firma Škoda JS, a. s.

Samotný kovový kontejner brání spolehlivě úniku radioaktivních látek. Má dvojitou stěnu a v meziprostoru je inertní plyn, který má velmi dobrou tepelnou vodivost. Vyrábí jej americká firma Holtec International v Pittsburgu (USA). Každý kontejner se pak zasouvá v horizontální poloze do betonových kójí suchého meziskladu. Konstrukce zařízení umožňuje odstínit radiaci a zajistí chlazení přirozeným prouděním vzduchu. V 329 kontejnerech zde bude uloženo všech více než 20 000 palivových souborů do doby, než se rozhodne o jejich přepracování nebo přesunutí do konečného podzemního úložiště.

### Likvidace nepoškozených bloků

Jak bylo zmíněno, nepoškozené bloky pracovaly i po havárii. Druhý blok byl odstaven v roce 1991, kdy zde došlo k požáru ve strojovně a oprava by se ekonomicky nevyplatila. K odstavení prvního bloku došlo v roce 1996 a třetího pak v roce 2000. Postupně se pak začaly přemisťovat palivové soubory do mokrého meziskladu pro vyhořelé palivové soubory. V roce 2015 byl schválen postup při likvidaci těchto tří bloků. V první polovině roku 2016 bylo dokončeno přemístění všech palivových souborů do zmíněného společného mokrého meziskladu. Úplně nakonec se přemisťovaly poškozené soubory. Všechny tři nepoškozené bloky už tak nejsou jaderná zařízení, pouze zařízení, která obsahují radioaktivní odpad.

Nyní začíná desetileté období finálního odstavení a zakonzervování, při kterém se připravují podmínky pro dlouhodobé likvidační práce. Je potřeba rekonstruovat rozvody vody a elektřiny, demontovat tlaková potrubí, systém kontroly reaktoru a zavážecí stroje. Je nutné renovovat střechy a okapy. Poté by mělo v období od roku 2028 do roku 2046 dojít k odstranění neaktivnějších částí kromě samotných reaktorových nádob. Ty by pak měly být odstraněny v letech 2046 až 2064. Pak bude možné zlikvidovat i všechny budovy.

### Revitalizace postižených území

Kromě likvidace Černobylské jaderné elektrárny se začalo i s revitalizací postižených území. Je to možné jen poté, co se dokončí nový sarkofág a zničený blok přestane hrozit. Práce probíhají ve čtyřech směrech. Prvním je vyhlášení biosférické rezervace, která by byla tou největší v Evropě a pokrývala by největší část zakázané zóny. Na Ukrajině k tomu oficiálně došlo právě v době třicátého výročí katastrofy. Její rozloha je zhruba 2 300 km<sup>2</sup>. Odchodem člověka z těchto regionů zde nastal bouřlivý rozvoj i velmi vzácné fauny a flory, a tak toto řešení prosazují hlavně biologové a ekologové. V rezervaci žijí stáda zubrů, losů a od roku 1996 i koně Převalského. Pokud by se spojily oblasti na Ukrajině a v Bělorusku, vznikla by největší přírodní rezervace v Evropě, která by byla velmi atraktivní nejen pro vědce, ale i turisty. Turistika by pak mohla pomoci rozvoji tohoto regionu.

Druhým směrem je návrat k využívání oblastí pro zemědělství a lesnictví. To se týká hlavně Běloruska, které ztratilo největší procento své celkové plochy. Program návratu už byl zahájen v předchozích letech a

zemědělská výroba se zaměřuje hlavně na technické plodiny. Pomalu se také obnovuje infrastruktura.

Třetím směrem je vytvoření průmyslové zóny v blízkosti areálu elektrárny. Její rozloha by měla být okolo 320 km<sup>2</sup>. Jejím hlavním úkolem je zajistit pracovní místa obyvatelům Slavutyče po uzavření Černobylské jaderné elektrárny. Jak bylo zmíněno, bylo toto město vybudováno jako náhrada evakuovaného města Pripjať právě pro pracovníky Černobylské jaderné elektrárny. Po ukončení provozu černobylských bloků v roce 2000 poklesl počet pracovníků v elektrárně z devíti tisíc pod tři tisíce. Ve městě je tak třeba vytvářet nová pracovní místa, a to nejen ta, která souvisí s jadernou energetikou. Prvním projektem je suchý mezisklad pro palivové soubory typu VVER z ostatních jaderných elektráren na Ukrajině. Ten by měl umožnit bezpečné dlouhodobé uložení vyhořelého paliva z těchto elektráren. Zatím se palivové soubory vozí ke skladování do Ruska a Ukrajina za to platí značné finanční částky. Zároveň by měl umožnit udržení pracovních příležitostí pro pracovníky likvidované elektrárny, kteří žijí hlavně ve městě Slavutyč.

Čtvrtým směrem revitalizace by mělo být vybudování památníku této největší jaderné katastrofy. K tomu by se mohla využít část města Pripjať i samotné elektrárny. Je však třeba zajistit, aby zatím pouze chátrající budovy nepředstavovaly nebezpečí pro návštěvníky.

Po třiceti letech tak opravdu začíná cesta k likvidaci elektrárny a revitalizaci zasažených území. Je jasné, že vše bude trvat řadu desetiletí, ale jsou vidět cíle a možnosti jejich dosažení.

## Literatura

- [1] Prister, B. S., Kliuchnykov, A. A., Baryakhtar, V. G., Shestopalov, V. M., Kuhar, V. P.: *The Safety Problems of the Nuclear Power, the Lessons of Chernobyl, Monograph*. Edition by Academician of NAAS of Ukraine B. S. Prister, 2nd publication, Chernobyl, 2016.
- [2] <http://www.world-nuclear.org/information-library/safety-and-security/safety-of-plants/chernobyl-accident.aspx>.
- [3] <http://www-ns.iaea.org/meetings/rw-summaries/chernobyl-conference-2005.asp>.
- [4] Bear VII, Phase II: *Health Risks from Exposure to Low Levels of Ionizing Radiation*. National Academies Press, Washington, DC, 2014.
- [5] <http://chnpp.gov.ua>.