



Radiacinės saugos
optimizavimo (ALARA)
atominės elektrinės
eksploatavimo nutraukimo
metu vadovas

Руководство по оптимизации
радиационной безопасности
(ALARA) при снятии
с эксплуатации атомной
электростанции



Leidinį parengė:



Švedijos branduolinės energetikos inspekcijos ir
RISKAUDIT IRSN/GRS INTERNATIONAL (GEIE) konsorciumas



Radiacinės saugos centras

Leidinys parengtas įgyvendinant ES PHARE programos projektą „Parama VATESI ir Lietuvos techninės paramos organizacijoms Ignalinos AE eksploatavimo nutraukimo licencijavimo veiklos srityje (parama Radiacinės saugos centrui)“.

Разработчики издания:



консорциум Шведской инспекции по ядерной энергетике и
RISKAUDIT IRSN/GRS INTERNATIONAL (GEIE)



Центр радиационной защиты

Издание подготовлено в рамках проекта программы PHARE ЕС «Помощь VATESI и организациям технической поддержки Литвы, в сфере лицензирования при снятии с эксплуатации Игналинской АЭС (помощь Центру радиационной защиты)».

Radiacinės saugos
optimizavimo (ALARA)
atominės elektrinės
eksploatavimo nutraukimo
metu vadovas

Vilnius, 2006

Turinys

Pratarmė.....	3
1. Kodėl reikia taikyti optimizavimo (ALARA) principą eksploataavimo nutraukimo metu?	4
1.1. ALARA principas: apibrėžimas	4
1.1.1. Apibrėžimas ir klasikinė samprata.....	4
1.1.2. Optimizavimas ir apribotoji dozė.....	4
1.2. ALARA principas Lietuvos Respublikos teisės aktuose	6
1.3. ALARA principas ir atominės elektrinės eksploataavimo nutraukimo fazės ..	6
2. Ką būtina atlikti dabar?	8
2.1. Vadovybės įsipareigojimas	8
2.2. Informacijos apie objektą valdymas.....	8
2.3. Eksploataavimo nutraukimo ALARA programa	10
2.3.1. Turinys.....	10
2.3.2. Įgyvendinimas	10
2.3.3. Dezaktyvavimas.....	11
2.4. Organizacinė struktūra, reikalinga eksploataavimo nutraukimo ALARA programai įgyvendinti	12
2.5. Aprobotoji dozė ir ištyrimo lygiai	13
3. Ką būtina atlikti vėliau?	14
3.1. Eksploataavimo nutraukimo ALARA sąranga.....	14
3.2. Prognozavimo etapai.....	14
3.2.1. Pagrindinės nuostatos.....	14
3.2.2. Modeliavimas	15
3.3. Tolesnės priemonės.....	16
3.3.1. Individualusis įvertinimas.....	16
3.3.2. Kompleksinis įvertinimas.....	17
3.4. Grįžtamasis ryšys.....	18
Nuorodos.....	18

Pratarmė

Atsižvelgiant į Nacionalinės energetikos strategijos, kurią 1999 m. spalio 5 d. priėmė Lietuvos Respublikos Seimas, nuostatas, Lietuva įsipareigojo nutraukti Ignalinos AE RBMK-1500 tipo reaktorių eksploatavimą. Nutraukiant atominės elektrinės eksploatavimą, Radiacinės saugos centro (RSC) tikslas – siekti apsaugoti gyventojus, darbuotojus bei aplinką nuo žalingo jonizuojančiosios spinduliuotės poveikio. Įgyvendindamas šį tikslą, Radiacinės saugos centras:

- **vykdo radiacinės saugos valstybinę priežiūrą ir kontrolę;**
- **atlieka gyventojų ir darbuotojų apšvitos vertinimą bei ekspertizę šalies mastu;**
- **koordinuoja valstybės ir savivaldybės institucijų, kitų institucijų veiksmus radiacinės saugos srityje.**

Šiame vadove aprašomos pagrindinės priemonės, kurių reikia imtis, siekiant optimizuoti radiacinę saugą atominės elektrinės išmontavimo metu. Vadovas skirtas padėti Ignalinos AE planuoti konkrečius išmontavimo darbus, atsižvelgiant į radiacinės saugos optimizavimo (ALARA) principą.

1. Kodėl reikia taikyti optimizavimo (ALARA) principą eksploataavimo nutraukimo metu?

1.1. ALARA principas: apibrėžimas

1.1.1. Apibrėžimas ir klasikinė samprata

Pastaraisiais metais, diskutuojant apie jonizuojančiosios spinduliuotės sukiamą pavojų, nepasiekta bendro sutarimo, ar egzistuoja vadinamoji slenkstinė dozė, kurios neviršijus rizika išsivystyti ilgalaikiams sveikatos pažeidimams yra nulinė. Net ir prieš keletą dešimtmečių sumažinus šią slenkstinę dozę apie dešimt kartų (šiuo metu – iki kelių dešimtujų milisiverto (mSv) dalių), neįrodyta, jog tokia riba egzistuoja. Todėl Tarptautinė radiologinės saugos komisija (angl. ICRP) pasirinko tokį modelį, pagal kurį rizika, sąlygota jonizuojančiosios spinduliuotės poveikio, gali būti valdoma, darant prielaidą, jog slenkstinės dozės nėra. Vadinasi, galimą žalingą poveikį asmens, kuris buvo tos apšvitos veikiamas, sveikatai gali sukelti bet kokio dydžio apšvita, netgi maža. Taip pat buvo priimta, jog sąryšis tarp apšvitos ir jos sukeltos rizikos susirgti nuo jonizuojančiosios spinduliuotės poveikio yra tiesinis, t. y. apšvitos sukulto poveikio dydis tiesiogiai proporcingas patirtai apšvitai. Tokia rizika gali būti valdoma, atsižvelgus į du *a priori* vienas kitam prieštarigus tikslus:

- viena vertus, mažinti dozes (netgi mažas), darant prielaidą, jog slenkstinės dozės nėra;
- kita vertus, esant apribotiems ištekliams, niekada nesistengti pasiekti „nulinės rizikos“.

Ši priešara buvo išspręsta, apibrėžus radiacinės saugos optimizavimo (ALARA) principą, kuris kartu su kitais radiacinės saugos principais pateiktas Tarptautinės radiologinės saugos komisijos 1990 m. 60-ojoje publikacijoje (angl. ICRP 60): „*Konkrečios praktinės veiklos metu naudojant jonizuojančiosios spinduliuotės šaltinį, individualiosios apšvitos dydis, kurį gali lemti šis šaltinis, apšvitintų žmonių skaičius ir apšvitos tikimybė turi būti tokia maža, kokią įmanoma pasiekti, atsižvelgiant į ekonominius ir socialinius faktorius (angl. ALARA). Šio principo taikymo procedūra įgyvendinama, ribojant apšvitos dozes asmenims (apribotoji dozė), o potencialios apšvitos atveju – ribojant sukiamą riziką taip, kad būtų išvengta galimo šališkumo, kurį gali lemti ekonominiai ir socialiniai skirtumai*“.

Vadinasi, norint sukurti tobulą ir efektyvią radiacinės saugos sistemą, vien tik neviršyti teisės aktais nustatytų ribinių dozių nepakanka. Radiacinės saugos optimizavimas, taikant ALARA principą, ir yra svarbus todėl, kad jį taikant užtikrinama, jog priimtini dozių ir rizikos lygiai nebus viršyti.

Kitaip tariant, ribinėmis dozėmis, kurios nustatytos teisės aktuose¹, nustatomas slenkstis tarp nepriimtino rizikos laipsnio ir toleruotino rizikos laipsnio (žr. 1 pav.).

¹Lietuvos higienos norma HN 73:2001 „Pagrindinės radiacinės saugos normos“, patvirtinta Lietuvos Respublikos sveikatos apsaugos ministro 2001 m. gruodžio 21 d. įsakymu Nr. 663.

Radiacinės saugos optimizavimas apima apšvitos mažinimą tiek, kiek tai įmanoma, atsižvelgiant į ekonominius ir socialinius veiksnius, siekiant pasiekti toleruotino rizikos laipsnio apatinę ribą.



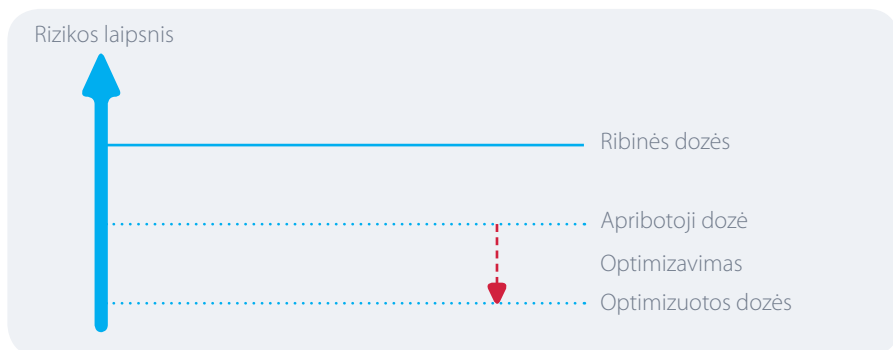
1 pav. Optimizavimo (ALARA) principas

1.1.2. Optimizavimas ir apribotoji dozė

Siekiant atsižvelgti į tai, jog asmuo arba asmenų grupė gali būti veikiami kelių jonizuojančiosios spinduliuotės šaltinių, radiacinės saugos optimizavimas yra grindžiamas apribotųjų dozių nustatymo koncepcija, t. y. atskiro asmens apšvita jonizuojančiąja spinduliuote turi būti optimizuota taikant apribotąją dozę. Atsižvelgiant į situaciją, apribotoji dozė gali būti 2, 3 arba 4 kartus mažesnė negu ribinė dozė.

Lietuvos higienos normoje HN 73:2001 pateiktas apribotosios dozės apibrėžimas. Apribotoji dozė – tai *individualiosios dozės, kurią gali lemti konkretus šaltinis, apribojimas, taikomas optimizuojant radiacinę saugą. Aprobotoji dozė taikoma todėl, kad netgi veikiant keliems apšvitos šaltiniams kritinės grupės narių dozės neviršytų nustatytosios ribinės dozės.*

Kalbant apie gyventojų apšvitos apribotąją dozę, Lietuvos higienos normoje HN 87:2002 nustatyta, jog „gyventojų apribotoji metinė efektinė dozė, eksploatuojant ir nutraukiant branduolinės energetikos objektų eksploatavimą, yra 0,2 mSv“.



2 pav. Aprobotosios dozės koncepcija

1.2. ALARA principas Lietuvos Respublikos teisės aktuose

Atsižvelgus į Europos Tarybos direktyvą 96/29/EURATOM „Pagrindinis darbuotojų ir gyventojų sveikatos apsaugos nuo jonizuojančiosios spinduliuotės standartas“ bei tarptautines rekomendacijas, Lietuvos Respublikos teisės aktuose yra numatytas reikalavimas taikyti ALARA principą: „*Visokia veikla leidžiama ir vykdoma vadovaujantis šiais pagrindiniais radiacinės saugos principais: [...] optimizavimo principu – atskirų asmenų ar visos visuomenės visokia apšvita turi būti tokia maža, kokią įmanoma pasiekti atsižvelgiant į ekonominius ir socialinius faktorius*“².

Taigi Lietuvos Respublikos teisės aktai reikalauja, jog vykdant veiklą su jonizuojančiosios spinduliuotės šaltiniais, be veiklos su jonizuojančiosios spinduliuotės šaltiniais pagrįstumo ir apšvitos ribojimo principų, būtų atsižvelgta ir į radiacinės saugos optimizavimo principą.

Reikalavimai įgyvendinti ALARA principą paminėti ir kituose Lietuvos Respublikos teisės aktuose:

- „Atskirų asmenų ir visos visuomenės apšvita turi būti tokia maža, kokią įmanoma pasiekti atsižvelgiant į ekonominius ir socialinius veiksnius.“³;
- „Branduolinės energetikos objektų darbuotojų sauga turi būti tokia, kad individualių dozių dydis, apšvitintų žmonių skaičius ir nepagrįstos apšvitos tikimybė būtų kuo mažesnė. Tuo tikslu branduolinės energetikos objektuose turi būti vykdoma optimizavimo programa.“⁴.

1.3. ALARA principas ir atominės elektrinės eksploatavimo nutraukimo fazės

Atominės elektrinės išmontavimas – tai naujas jos gyvavimo ciklo etapas, kuris nuo atominės elektrinės eksploatavimo, projektavimo ar statybos etapų skiriasi savo trukme, planavimo, apšvitos nuo jonizuojančiosios spinduliuotės, radioaktyviųjų atliekų tvarkymo mastais ir kt. Todėl, siekiant kokybiškai ir saugiai atlikti išmontavimo darbus, būtina peržiūrėti radiacinės saugos politiką ir jos įgyvendinimo procedūras. Akivaizdu, jog net ir atominės elektrinės eksploatavimo nutraukimo metu radiacinės saugos optimizavimo (ALARA) programą sudaro tradicinės fazės: dozių planavimo ir prognozavimo, atliktų darbų ir apšvitos įvertinimo, analizės ir grįžtamojo ryšio (3 pav.).

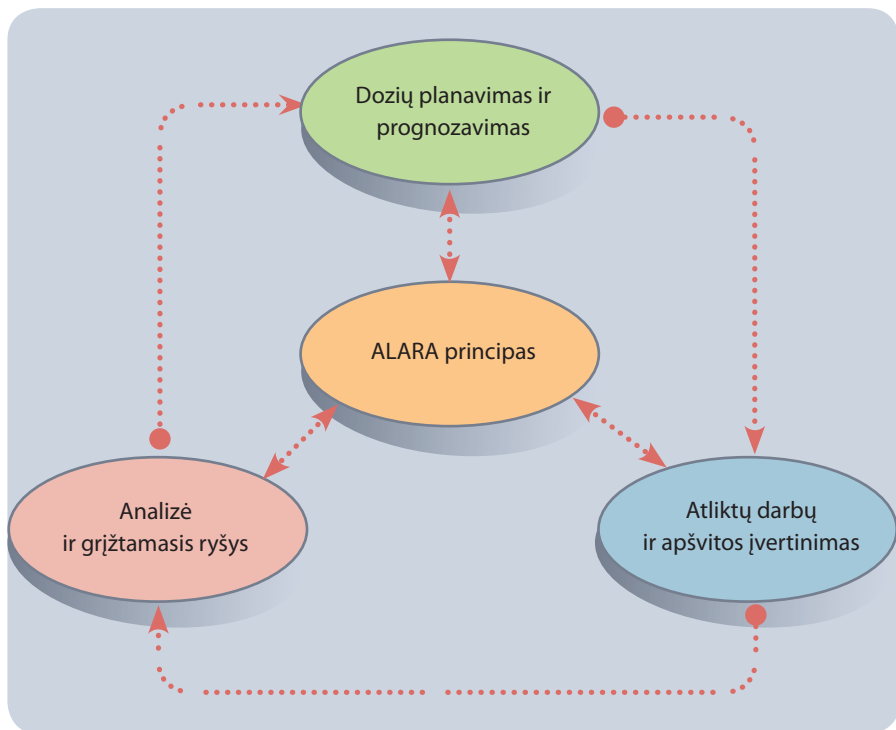
Nepaisant to, išmontavimo metu atsiranda santykinai naujų „unikalių ir nepasikartojančių“ darbų bei procedūrų, atliekamų „nepažįstamoje“ aplinkoje, kurią apibūdinantys

²Lietuvos Respublikos radiacinės saugos įstatymo Nr. VIII-1019 (priimto 1999 m. sausio 12 d.) I skirsnio 3 straipsnis.

³Lietuvos higienos norma HN 73:2001 „Pagrindinės radiacinės saugos normos“, patvirtinta Lietuvos Respublikos sveikatos apsaugos ministro 2001 m. gruodžio 21 d. įsakymu Nr. 663.

⁴Lietuvos higienos norma HN 87:2002 „Radiacinė sauga branduolinės energetikos objektuose“, patvirtinta Lietuvos Respublikos sveikatos apsaugos ministro 2002 m. gruodžio 17 d. įsakymu Nr. 643.

parametrai (apšvitos šaltiniai, tikslios jų išsidėstymo vietos) bei jų nuokrypių sukelti padariniai (eksploatavimo metu įvykę incidentai, radionuklidų nuotėkiai, radioaktyvusis užterštumas ir kt.) gali būti nežinomi. Šiuos darbus gali atlikti komandiruoti darbuotojai (galbūt ir iš užsienio šalių), kurie gali ir neturėti detalios informacijos apie atominės elektrinės ypatumus. Siekiant valdyti minėtus procesus, būtina užtikrinti, kad būtų sukurta ir palaikoma aukšta ALARA kultūra, padedanti greitai spręsti problemas, kylančias naujose arba nežinomose situacijose.



3 pav. ALARA principo samprata ir jo fazės

2. Ką būtina atlikti dabar?

2.1. Vadovybės įsipareigojimas

ALARA principas gali būti įgyvendinamas ir be įgaliotųjų institucijų priežiūros. Tačiau praktikoje reikalavimas įgyvendinti ALARA principą numatytas teisės norminiuose aktuose. Siekiant pasiekti didžiausią efektyvumą, eksploataavimo nutraukimo ALARA programa turi būti rengiama, atsižvelgiant į įgaliotųjų institucijų suformuluotus reikalavimus, konsultuojantis su suinteresuotomis pusėmis.

Be to, atominės elektrinės vadovybė turi įsipareigoti siekti optimizuoti bet kokią apšvitą, netgi mažą. Neįsipareigojus – eksploataavimo nutraukimo ALARA programos vienintelis tikslas būtų neviršyti nustatytų apšvitos ribinių dozių ir ištyrimo lygių. Tačiau siekiant šio tikslo nebūtų atsižvelgta į ALARA principo taikymo koncepciją ir jo fazes, kurios parodytos 1 paveiksle.

Vadovybės įsipareigojimas laikytis ALARA principo yra esminis, tačiau ne mažiau svarbi ir techninio (aptarnaujančiojo) personalo bei komandiruočių darbuotojų atsakomybė bei dalyvavimas efektyviai įgyvendinant ALARA principą.

2.2. Informacijos apie objektą valdymas

Siekiant valdyti ir pateikti informaciją apie atominės elektrinės ypatumus ateityje išmontavimo darbus atliksiančioms darbuotojų grupėms, atominės elektrinės vadovybė privalo inicijuoti ir peržiūrėti administracinius ir techninius dokumentus. Be kitų dokumentų, turi būti peržiūrėti ir šie:

- istoriniu, teisiniu arba kultūriniu bei vertingos informacijos apie objektą požiūriu svarbūs techniniai ir administraciniai dokumentai;
- dokumentai, galintys suteikti informacijos apie atominės elektrinės funkcijas, jos organizacinę struktūrą, taip pat dokumentai, susiję su branduolinės saugos užtikrinimu. Šie dokumentai turi aprašyti visus atominės elektrinės gyvavimo etapus: projektavimą, statybą, eksploatavimą, galutinį sustabdymą ir išmontavimą.

Šių dokumentuose esančių įrašų identifikavimas ir jų naudojimas ypač svarbus tuo atveju, jei objekto eksploataavimas nutraukiamas atskiromis fazėmis. Neidentifikavus reikiamų įrašų apie objekto projektavimą, statybą ir eksploatavimą ir jų svarbai neskyrus pakankamai dėmesio, eksploataavimo nutraukimo darbai gali vėluoti. Todėl gali labai padidėti sąnaudos bei būti paveikta radiacinės saugos būklė.

Padarinių, kurie gali kilti trūkstant dokumentų ar įrašų, reikalingų nutraukti objekto eksploatavimą, pavyzdžiai pateikti 1 lentelėje.

1 lentelė. Padarinių, kurie gali kilti trūkstant dokumentų ar įrašų, reikalingų siekiant sėkmingai nutraukti objekto eksploatavimą, pavyzdžiai

Trūkstančių dokumentų ar įrašų pavyzdžiai	Padarinys
Objekto projektiniai brėžiniai ir skaičiavimai, techninis objekto aprašymas.	Žinių apie radionuklidais užterštas vietas ir informacijos apie patekimo į jas trūkumas. Tiesioginis poveikis pasirenkant eksploataavimo nutraukimo strategiją ir planuojant darbus. Reikia imtis daugiau saugumo ir aplinkos apsaugos priemonių bei kruopščiau pasirengti dirbti nežinomoje aplinkoje. Neįmanoma pradėti eksploataavimo nutraukimo darbų.
Medžiagų objektui statyti ir jį eksploatuoti įsigijimo dokumentai.	Daug sudėtingiau teoriškai tinkamai įvertinti medžiagų aktyvumą neutronais, todėl būtina daugiau paimti mėginių iš objekto. Daro įtaką įvertinant numatomą apšvitą, kuri savo ruožtu turi įtakos konservatyvesniam eksploataavimo nutraukimo strategijos ir numatomų darbų sekų pasirinkimui. Daro įtaką pasirenkant eksploataavimo nutraukimo strategiją. Gali turėti įtakos eksploataavimo nutraukimo strategijoje numatytiems radioaktyviųjų atliekų tvarkymo aspektams.
Ataskaitos apie neprojektinius įvykius.	Būtinybė atlikti darbus nežinant tikslios situacijos gali sukelti didesnį pavojų darbuotojams. Nenumatyti atliekų kiekiai, neplanuota darbuotojų apšvita, nenumatyti cheminiai pavojai.
Įrašai apie vamzdynų, kabelių arba konstrukcinių elementų keitimą, pašalinimą.	Atsiranda nenumatytų pavojų. Galimas kryžminis užterštumas radionuklidais. Susidaro papildomų atliekų.

Siekiant išvengti pirmiau minėtų padarinių, eksploataavimo nutraukimo darbams atlikti būtina pasitelkti kuo daugiau darbuotojų, kurie statė atominę elektrinę ir ją eksploatavo.

Prieš pradėdant išmontavimo darbus būtina išlaikyti nuoseklią įrašų sistemą. Joje esantys įrašai gali būti labai naudingi planuojant tolesnius eksploataavimo nutraukimo darbus. Esminis sėkmingo eksploataavimo nutraukimo aspektas taip pat yra eksploataavimo nutraukimo metu surinktos informacijos kaupimas ir valdymas.

2.3. Eksploatavimo nutraukimo ALARA programa

2.3.1. Turinys

Nutraukiant atominės elektrinės eksploatavimą turi būti sudaryta eksploatavimo nutraukimo ALARA programa. Lietuvos Respublikos teisės aktuose numatyta, jog ALARA programa privalo būti įtraukta į eksploatavimo nutraukimo radiacinės saugos programą, kuri yra viena iš galutinio eksploatavimo nutraukimo plano dalių⁵. Šioje programoje turėtų būti numatytos šios priemonės:

- Tikslai ir numatomos apšvitos dozės trumpalaikėje, vidutinėje ir ilgalaikėje perspektyvose bei jų pasirinkimo pagrindimas.
- Numatomos apšvitos dozės ir jų mažinimo planai kiekvienai eksploatavimo nutraukimo fazei (atsižvelgus į apšvitos šaltinius, dozės galią ir darbo laiką). Dozių mažinimo planuose turėtų būti parodyta, jog dozės yra optimizuotos.
- Įgytos patirties analizės, kontrolės ir pritaikymo tolesniems veiksams būdai.
- Darbuotojų tęstinio mokymo strategija ir planai bei organizacinės ALARA programos įgyvendinimo priemonės eksploatavimo nutraukimo metu.

Individualiosios ir kolektyvinės apšvitos dozės turi būti įvertintos atskiroms darbų sekomis bei visam eksploatavimo nutraukimo projektui. Vertinant dozes būtina pabrėžti įgytos patirties perdavimo ir esamų dokumentų ar įrašų naudojimo svarbą (žr. 2.2 skyrių). Įvertinant individualiąsias ir kolektyvines apšvitos dozes, turi dalyvauti ir atominės elektrinės radiacinės saugos specialistai.

Rengiama eksploatavimo nutraukimo ALARA programa turi apimti visą eksploatavimo nutraukimo laikotarpį, t. y. priemones, kurios bus įgyvendinamos trumpalaikėje ir ilgalaikėje perspektyvose, įskaitant radiologinį inventorių bei jo nustatymo tikslumą, dezaktyvavimo operacijas, radioaktyviųjų atliekų apdorojimo ir laidojimo aspektus ir kt.

Apšvitos dozių plane, kuriame įvertintos numatomos individualiosios ir kolektyvinės apšvitos dozės, taip pat privalo būti numatytos ir darbuotojų apribotosios dozės. Pvz., Vakarų Europos šalyse darbuotojų, atliekančių išmontavimo darbus, metinės apribotosios dozės turi neviršyti 5–10 mSv (žr. 2.5 skyrių).

2.3.2. Įgyvendinimas

Atsižvelgus į numatomą atominės elektrinės eksploatavimo nutraukimo ALARA programos turinį, tampa aišku, jog šią programą būtina pradėti rengti kartu su eksploatavimo nutraukimo planu. Akivaizdu, jog tinkamiausios atominės elektrinės eksploatavimo nutraukimo strategijos pasirinkimas priklauso nuo daugelio veiksnių: techninio projekto pagrindimo, sąnaudų, branduolinės saugos būklės, radiacinės saugos optimizavimo, kitų pavojų mažinimo priemonių ir kt.

Sprendžiant neapibrėžtumo problemą, pasirinkta strategija (pvz., pasirinktos

⁵Lietuvos higienos norma HN 87:2002 „Radiacinė sauga branduolinės energetikos objektuose“, patvirtinta Lietuvos Respublikos sveikatos apsaugos ministro 2002 m. gruodžio 17 d. įsakymu Nr. 643.

eksploatavimo nutraukimo fazės, techniniai sprendimai, radioaktyviųjų atliekų tvarkymo strategija ir pan.) turi būti lanksti, t. y. būtina atsižvelgti į keletą alternatyvių scenarijų. Net ir nepasirinkus labiausiai optimizuoto scenarijaus, pagrįsto esančia informacija apie atominę elektrinę, kiti scenarijai gali būti panaudoti vėliau, kai bus sukaupta papildomos informacijos. Šis aspektas gali būti labai naudingas planuojant eksploatavimo nutraukimo priemones ateityje.

Atominėje elektrinėje, kurios eksploatavimas yra nutraukiamas, turi būti sukurta ALARA principo įgyvendinimo organizacinė struktūra, skirta įgyvendinti ALARA politiką.

2.3.3. Dezaktyvavimas

Ypatingas dėmesys turi būti skiriamas dezaktyvavimui, kuris paprastai atliekamas pirmųjų atominės elektrinės eksploatavimo nutraukimo fazių metu. Dezaktyvavimas yra radioaktyviojo užterštumo pašalinimas nuo objektų arba įrangos paviršių, juos plaunant, kaitinant, taikant cheminius arba elektrocheminius metodus, mechaniškai valant arba taikant kitus būdus.

Atlikus dezaktyvavimą:

- sumažėja eksploatavimo nutraukimo darbų metu gautos apšvitos dozės;
- sumažėja apdorojamų atliekų, kurios bus laidojamos radioaktyviųjų atliekų kapinyne, kiekis ir tūris;
- pašalinamos paviršiuje nesurištos radioaktyviosios medžiagos (taršos šaltiniai).

Pasirenkant tinkamą pastatų ar įrangos dezaktyvavimo metodą, būtina atsižvelgti ir kruopščiai įvertinti šiuos aspektus:

- *saugumą*: metodo taikymas neturėtų kelti kitų pavojų (pvz., cheminių, sukeliama elektros srovės);
- *veiksmingumą*: metodas turėtų būti toks, kurį pritaikius paviršiaus taršos radionuklidais lygiai būtų tokie, kad tolesnius darbus būtų galima atlikti rankiniu būdu, o ne automatizuota nuotoline technika;
- *išlaidų pagrįstumą*: metodui taikyti neturėtų būti skiriama daugiau lėšų už išlaidas, kurios būtų skiriamos susidariusioms radioaktyviosioms medžiagoms tvarkyti ir laidoti;
- *atliekų kiekio mažinimą*: dėl metodo taikymo neturėtų susidaryti didelio antrinių atliekų kiekio;
- *pagrįstumą pramoniniu požiūriu*: metodai neturėtų būti tokie, kuriems taikyti reikėtų didelių darbo sąnaudų, metodai neturi būti sudėtingai valdomi ar sunkiai automatizuojami.

Norint rasti optimizuotą pusiausvyrą tarp pirmiau minėtų aspektų (atsižvelgiant bent jau į apdorojamų ir laidojamų radioaktyviųjų atliekų kiekį, sąnaudas joms tvarkyti ir laidoti, numatomą profesinę apšvitą), būtina atlikti tikslią analizę, kurioje kintamasis būtų dezaktyvavimo laipsnis.

2.4. Organizacinė struktūra, reikalinga eksploataavimo nutraukimo ALARA programai įgyvendinti

Vienas iš pagrindinių aspektų, į kuriuos būtina atsižvelgti atliekant išmontavimo darbus – nuolat besikeičianti radiacinė būklė darbo vietose ir jų radioaktyvioji tarša. Nepaisant priemonių, kurių būtų imtasi užkirsti kelią radioaktyviosios taršos sklidimui, tokia padėtis gali susidaryti. Be to, gana sudėtinga nuolat stebėti ir vertinti greitai kintančią radiacinę būklę. Todėl, siekiant įvertinti jonizuojančiosios spinduliuotės sukeltą riziką darbuotojams, būtina ją planuoti iš anksto. Planuojant turi būti įtrauktos visos suinteresuotos pusės, dalyvaujančios eksploataavimo nutraukimo procese: įgaliotoji institucija (nustato reikalavimus ir tikrina, kaip jų laikomasi), operatoriai bei komandiruoti darbuotojai (apibrėžia tikslus, planuoja ir įgyvendina ALARA programą).

Siekiant užtikrinti, kad darbų metu patirta apšvita būtų kiek įmanoma mažesnė, atominės elektrinės vadovybė yra atsakinga už radiacinės saugos požiūriu svarbių darbų organizavimą, kontrolę ir vertinimą, ir ši atsakomybė neturėtų būti deleguota tik radiacinės saugos padaliniiui. Šiuo atveju vadovybės pozicija labai svarbi, nes ji parodo, jog skiriama pakankamai dėmesio radiacinės saugos problemoms, kylančioms bet kurioje atominės elektrinės organizacinio valdymo grandyje, spręsti, ir šis dėmesys yra nenutrūkstamas.

Įgyvendinant eksploataavimo nutraukimo ALARA programą, turėtų būti atsižvelgta į šiuos aspektus:

- **sukurta eksploataavimo nutraukimo ALARA grupė. Jai turėtų vadovauti aukštesnės pareigybės darbuotojas. ALARA grupės funkcijos: numato apšvitos dozes, analizuoja darbus ir jų metodus radiacinės saugos optimizavimo požiūriu bei koordinuoja įvairių darbo grupių (brigadų) darbą;**
- **paskirtas eksploataavimo nutraukimo ALARA koordinatorius, kuris būtų atsakingas už programos įgyvendinimą. Koordinatoriumi galėtų būti atstovas iš radiacinės saugos padalinio, kurio funkcijos būtų koordinuoti visus veiksmus, kurie atitiktų ALARA programoje numatytus tikslus;**
- **sukurtos ALARA darbo grupės.**

ALARA darbo grupė gali būti sukurta atskiroms radiacinės saugos požiūriu svarbiausioms užduotims įgyvendinti. Šios darbo grupės funkcijos: numatyti ALARA priemonės, užtikrinti, kad jos būtų taikomos atliekant darbus bei analizuoti gautus rezultatus. Jos nariai paprastai būna eksploataavimo nutraukimo ALARA koordinatorius ir darbuotojai, kurie atsako už užduoties įgyvendinimą ir nuolat bendrauja bei dalyvauja priimant bendrus sprendimus. Todėl suformuojama daugiadisciplinė bendrų sprendimų priėmimo sistema, gerinanti optimizavimo procesą.

ALARA darbo grupių sudarymas yra vienas iš veiksmy, padedančių kelti ALARA kultūrą.

2.5. Apribotoji dozė ir ištyrimo lygiai

Kaip nurodyta Lietuvos higienos normoje HN 73:2001⁶, „*saugai optimizuoti, kai tai būtina, turi būti taikoma apribotoji dozė*“. Atominės elektrinės eksploatavimo nutraukimas yra tokia veikla, kurios metu tikslinga ir būtina taikyti apribotąsias dozes. Apribotosios dozės apibrėžimas pateiktas 1.1.2. skyriuje.

Siekiant užtikrinti darbuotojams vienodą radiacinės saugos lygį, jų radiacinė sauga turi būti optimizuojama taikant apribotąsias dozes. Tai svarbu komandiruotiems ir aukštos kvalifikacijos darbuotojams, kurie atlikdami įvairius darbus gali gauti reikšmingas metines dozes.

Prieš atliekant radiacinės saugos požiūriu svarbius darbus, apribotosios dozės dydis turėtų būti aptartas ALARA darbo grupėje. Šiuo tikslu privalo būti atsižvelgta į atominės elektrinės darbuotojų dozes, komandiruotų darbuotojų apšvitos dozių pasuose esančią informaciją, atliekamo darbo trukmę ir t. t. Darbo grupės nariai privalo „sutarti“ dėl dozės, kuri neturėtų būti viršyta, ir, siekdami įgyvendinti šį tikslą, parengti ALARA priemones.

Atsižvelgus į kai kurių eksploatavimo nutraukimo darbų ypatumus bei galimą įvairių apšvitos šaltinių nepastovumą, taip pat rekomenduojama nustatyti „signalinius“ dozės galios ir oro tūrinio užterštumo lygius (ištyrimo lygius). Jei šie „signaliniai“ lygiai viršijami, atsižvelgus į galimą riziką turėtų būti imamasi ALARA koordinatoriaus rekomenduotų pataisomųjų veiksmų (sumontuoti specialius apsauginius ekranus, atlikti dezaktyvavimą, apsirengti specialiosiomis individualiosios apsaugos priemonėmis, sukurti specialiai šiam darbui skirtą ALARA darbo grupę ir kt.).

⁶Lietuvos higienos norma HN 73:2001 „Pagrindinės radiacinės saugos normos“, patvirtinta Lietuvos Respublikos sveikatos apsaugos ministro 2001 m. gruodžio 21 d. įsakymu Nr. 663.

3. Ką būtina atlikti vėliau?

3.1. Eksploatavimo nutraukimo ALARA sąranga

Kaip minėta 2 skyriuje, nemažai iššūkių kyla praktiškai įgyvendinant ALARA principą, t. y. būtina užtikrinti, jog visi atominės elektrinės ir komandiruoti darbuotojai (mechanikai, elektrikai, radiacinės, branduolinės saugos specialistai ir kt.) vienodai suprastų ALARA filosofijos kertinius akmenis ir jų įtaką radiacinei saugai.

Eksploatavimo nutraukimo metu dažnai padidėja darbuotojų, neturinčių patirties atliekant radiacinės saugos požiūriu svarbius darbus, skaičius (pvz., pervežančių medžiagas ar atliekančių griovimo darbus). Tam, kad šie darbuotojai suprastų radiacinės saugos optimizavimo reikšmę, jie privalo būti mokomi, kokių radiacinės saugos priemonių imtis, kaip elgtis darbo vietose ir pan. Kitaip tariant, atsižvelgiant į naujų darbų specifiką, daugiau dėmesio būtina skirti radiacinės saugos ir ALARA mokymui.

Mokymo programą ALARA klausimais, kuri turi būti skirta visiems apšvitęs veikiamiems darbuotojams, turi sudaryti šios temos:

- **jonizuojančiosios spinduliuotės sukeltos rizikos sveikatai įvertinimas (tiesinė priklausomybė tarp apšvitęs dydžio ir rizikos ...);**
- **radiacinės saugos principai;**
- **tarptautinių organizacijų (Tarptautinės radiologinės saugos komisijos, Tarptautinės atominės energijos agentūros, Europos Komisijos ir kt.) ir šalies institucijų politika;**
- **radiacinės saugos optimizavimas: nuo teorijos prie praktikos;**
- **kitos svarbios temos.**

Toks mokymas turėtų būti tęstinis, padedantis kelti ALARA kultūrą tarp apšvitęs veikiančių darbuotojų.

3.2. Prognozavimo etapas

3.2.1. Pagrindinės nuostatos

Prieš atliekant rutininius ir eksploatavimo nutraukimo darbus, kurių metu taikytinas ALARA principas, būtina įvertinti potencialią apšvitą ir atsakyti į šį klausimą: kiek lėšų turėtų būti skirta, siekiant padėti geriau numatyti, išanalizuoti, optimizuoti ir valdyti?

Atlikus pirminį padėties įvertinimą, gali būti prieita prie išvados, jog apšvitęs mažinimo priemonės yra gana paprastos. Jei to nepakanka, o tai dažnai atsitinka eksploatavimo nutraukimo metu, kitas žingsnis yra numatyti konkrečius veiksmus ir jų nustatymo kriterijus (atlikti detaliją ALARA veiksmų analizę): numatyti kolektyvinę dozę, individualiųjų dozių

pasiskirstymą, būtinas lėšas ir kt. Šių kriterijų kiekybinis nustatymas yra ilgas procesas, ypač eksploatavimo nutraukimo darbams, apie kuriuos dažnai informacijos nepakanka. Numatčius minėtus kriterijus, galima palyginti įvairius veiksmus ir iš jų pasirinkti tinkamiausią.

Atsižvelgiant į situaciją, gali būti pasitelkiamos sprendimus lengvinančios priemonės. Pavyzdžiui, prieš atliekant konkrečią užduotį, gali prireikti ją detaliai išanalizuoti ALARA požiūriu. Eksploatavimo nutraukimo ALARA grupė turėtų nustatyti konkrečius kriterijus ir jų vertes, kuriuos viršijus turi būti atliekama detali analizė. Pagrindiniai kriterijai yra šie:

- didžiausia dozės galia;
- kolektyvinė dozė;
- vidutinė individualioji dozė;
- vidinės apšvitos dozė.

Kiekvienam minėtam kriterijui gali būti nustatyti keli lygmenys, todėl atliekamos užduotys turėtų būti suskirstytos į 3 arba 4 lygmenis (žr. 2 lentelę). Kiekvienam lygmeniui taip pat turi būti nustatyti minimalūs ALARA principo taikymo reikalavimai.

Darbo atlikimo trukmė taip pat yra labai svarbus veiksnys, į kurį turi būti atsižvelgta klasifikuojant užduotį radiacinės saugos požiūriu. Atsižvelgiant į užduoties atlikimo trukmę, konkrečiai užduočiai pasirenkamas kolektyvinės ar individualiosios dozės vertės „priimtimumas“.

2 lentelė. Klasifikavimo radiacinės saugos požiūriu pavyzdys (trijų mėnesių laikotarpis)

Kriterijus	Nulinis lygmuo	1 lygmuo	2 lygmuo	3 lygmuo
Kolektyvinė dozė (KD), žm·mSv	$KD < 4$	$4 \leq KD < 10$	$10 \leq KD < 25$	$25 \leq KD$
Didžiausia dozės galia (DG), $\mu\text{Sv/h}$	$DG < 1$	$1 \leq DG < 2,5$	$2,5 \leq DG < 6,25$	$6,25 \leq DG$
Vidutinė individualioji dozė (VID), mSv	$VID < 0,4$	$0,4 \leq VID < 1$	$1 \leq VID < 2,5$	$2,5 \leq VID$

Šis pavyzdys pateiktas laikant, jog darbas buvo atliekamas 3 mėnesius, darbuotojų metinės apšvitos ištyrimo lygis – 10 mSv. Buvo laikoma, jog darbuotojas per 3 mėn. dirbo 400 valandų.

Gauti rezultatai labai priklauso nuo pasirinktos hipotezės bei neapibrėžtumų atliekant išmontavimo darbus, todėl kartais būtina prieš tai detaliau ir išsamiau išanalizuoti padėtį ir pagrįsti atskirų radiacinės saugos priemonių pasirinkimą.

3.2.2. Modeliavimas

Dozių planavimas yra sunki užduotis, ypač jei darbo vietoje yra keletas įvairiai geometriškai išsidėsčiusių jonizuojančiosios spinduliuotės šaltinių. Pasitelkus specialiai sukurtas dozių modeliavimo programas, taupomos lėšos ir laikas sudėtingoms branduoliniams

energetikos objektų eksploataavimo nutraukimo užduotims spręsti. Pavyzdžiui, šiuo tikslu buvo sukurtos CHAVIR® ar VISIPLAN® programos, kurios, pasitelkus informaciją apie patalpų geometriją, medžiagas ir radiacinę būklę, padeda planuoti darbus virtualioje 3D erdvėje. Paprastesnėms jonizuojančiosios spinduliuotės šaltinio geometrijoms gali būti naudojamos fundamentalesnės programos, pvz., Microshield®.

Pavyzdžiui, VISIPLAN® modeliavimo programa taikoma trimis etapais:

1. Reikiamų duomenų kaupimas ir modelio sudarymas: kompiuterinis aplinkos modelis sudaromas remiantis sukaupta informacija apie aplinkos geometriją, aplinkos medžiagas ir joje esančius jonizuojančiosios spinduliuotės šaltinius. Jeigu šaltiniai yra žinomi, iš karto galima įvertinti radiacinę būklę. Jeigu šaltinių intensyvumas nėra žinomas, jį galima įvertinti, pasitelkus šaltinio pasiskirstymo patalpoje algoritmą, naudojant duomenis, gautus atlikus dozės galios kartografavimą darbo zonoje. Iš kartogramos ir informacijos apie darbo vietą galima nustatyti pagrindinių apšvitos šaltinių išsidėstymą. Šiuo etapu apibrėžiama pagrindinė spinduliuotės lauko geometrija, iš kurios nustatomos kitos dėl papildomo spinduliuotės ekranavimo modifikuotos lauko geometrijos.

2. Bendroji ir detali analizė, darbų planavimas: siekiant nustatyti ekranavimo poreikį, pasitelkus sudarytus dozės žemėlapius kiekvienai pasirinktai ekranavimo geometrijai, išanalizuojama apskaičiuota lauko spinduliuotė. Pasirinkus tinkamiausią ekranavimo geometriją, gali būti detalai įvertinta dozė išilgai nusibrėžtos trajektorijos, kurią sudaro atskirų veiksmų, apibūdinamų jų išsidėstymu, aprašymu ir atlikimo trukme, seka. Pasirinkus trajektorijas skirtingose geometrijose, galima sudaryti skirtingų scenarijų sekas. Palyginimo būdu iš jų galima pasirinkti labiausiai optimizuotą scenarijų.

3. Tolesni veiksmai: palyginamos realios dozės su apskaičiuotomis. Jeigu nuokrypia dideli, būtina, pasitelkus tikslesnę informaciją, pakartotinai sumodeliuoti situaciją. Šis veiksmas padeda tiksliai įvertinti ir optimizuoti atliekamą darbą.

Kai nėra išlikusių tikslų objekto, kurio eksploataavimas yra nutraukiamas, brėžinių, planuojant darbus gali būti pasitelkiama speciali įranga objekto patalpoms nuskenuoti. Nuskenuoti duomenys apie dominančias patalpas toliau naudojami 3D modeliams sudaryti. Toks metodas buvo sėkmingai išbandytas Bohunicės (Bohunice) AE A1 bloko (Slovakija) eksploataavimo nutraukimo metu.

3.3. Tolesnės priemonės

3.3.1. Individualusis įvertinimas

Siekiant optimizuoti darbuotojų radiacinę saugą atominės elektrinės eksploataavimo nutraukimo metu, turi būti sukurta radiologinės būklės stebėsenos programa.

Prieš atliekant bet kurią užduotį, būtina atlikti šiuos veiksmus:

- sukviesti darbą atliksiančius darbuotojus, radiacinės saugos specialistus, darbo vadovus ir išnagrinėti techninius dokumentus;

- parengti išsamią individualaus darbo paskyrą kontroliuojamoje zonoje, kurioje turėtų būti numatytos individualiosios dozės, dozės galia darbo aplinkoje, paviršinis užterštumas, būtinos individualiosios darbo saugos ir kvėpavimo takų apsaugos priemonės, poreikis atlikti vidinės apšvitos dozės stebėseną ir kt.;
- numatyti, ar prieš pradėdant darbą būtina mokytis naudotis individualiosiomis darbo saugos ir kvėpavimo takų apsaugos priemonėmis. „Šaltųjų“ bandymų atlikimas pagrindinėms operacijoms naudojant realaus dydžio įrangos maketus yra vienas iš efektyvių ir ekonomiškų radiacinės saugos mokymo metodų.

Atliekant rutinines užduotis, turi būti atsižvelgta į šiuos aspektus:

- prieš darbuotojui patenkant į kontroliuojamąją zoną, jam radiacinės saugos padalinys turi išduoti tiesioginių rodmenų (dozės ir dozės galios) elektroninį individualųjį dozimetą⁷;
- atsižvelgdama į darbo pobūdį ir turimą informaciją apie darbuotojo dozę, radiacinės saugos tarnyba turi nustatyti ištyrimo lygius kiekvienai operacijai ir darbuotojui;
- prietaisai privalo būti patikrinti prieš pradėdant juos naudoti ir panaudojus;
- gautos dozės turi būti registruojamos kasdien.

Kai kuriuos eksploataavimo nutraukimo darbus, galinčius sukelti radioaktyviają taršą, būtina kontroliuoti išsamiau. Tuo tikslu turi būti imamas papildomų priemonių (darbų stebėjimas vaizdo kameromis, specialiųjų individualiosios apsaugos priemonių bei kvėpavimo apsaugos priemonių naudojimas), atliekamas vidinės apšvitos įvertinimas (atliekami tiesioginiai matavimai viso kūno skaitikliu).

Ypatingas dėmesys turi būti skiriamas komandiruotų darbuotojų priežiūrai ir kontrolei.

3.3.2. Kompleksinis įvertinimas

Kaip minėta anksčiau, individualusis įvertinimas yra iš dalies pagrįstas išsamios individualaus darbo paskyros, suteikiančios teisę atlikti konkretų darbą kontroliuojamoje zonoje, išdavimu. Informacija, kuri nurodoma individualaus darbo paskyroje, turėtų būti kaupiama vienoje vietoje, viename dokumentų rinkinyje. Šiame dokumentų rinkinyje turėtų būti ir ši informacija:

- užduoties atlikimo tikslas ir užduoties aprašymas;
- radiacinė aplinka (dozės galia, oro ir paviršinis užterštumas);
- galimų pavojų įvertinimas;
- taikytinos radiacinės saugos priemonės (įranga, biologinė apsauga ir kt.);

⁷ Ignalinos AE darbuotojai privalo nešioti tiesioginių rodmenų elektroninius individualiuosius dozimetrus šiais atvejais:

- jei dirba kontroliuojamosios zonos I ir II kategorijų patalpose,
- jei dirba kontroliuojamoje zonoje ir jų dienos dozė yra ribojama kontroliuojamuoju lygiu (pvz., 0,05 mSv),
- jeigu radiacinė aplinka darbo vietoje gali kisti,
- jeigu individualioji dozė gali būti didesnė negu kontroliuojamasis apšvitos lygis (pvz., 0,2 mSv).

- informacija apie užduotį atliekančius darbuotojus;
- numatytos individualiosios dozės ir kolektyvinė dozė;
- apšvitos ištyrimo lygiai;
- gautos individualiosios dozės ir kolektyvinė dozė (analizuojamos kasdien);
- nuokrypis tarp planuotų ir patirtų dozių bei šio nuokrypio priežastys.

3.4 Grįžtamasis ryšys

Būtina nuolat palaikyti grįžtamąjį ryšį. Pagrindinės sąlygos palaikyti grįžtamąjį ryšį yra dokumentų ar įrašų apie objektą valdymas (žr. 2.2 skyrių) bei standartinių dokumentų apie kiekvieną atliktą užduotį registravimas ir kaupimas.

Sukaupti duomenys turi būti naudojami dokumentų ar įrašų apie objektą valdymo sistemai papildyti (žr. 2.2 skyrių) ir, jei reikia, prognozuoti apšvitą, kuri gali būti patirta vėliau planuojamų atlikti darbų metu.

Naudota literatūra

Lietuvos Respublikos radiacinės saugos įstatymas Nr. VIII-1019, priimtas 1999 m. sausio 12 d.

Lietuvos higienos norma HN 73:2001 „Pagrindinės radiacinės saugos normos“.

Lietuvos higienos norma HN 87:2002 „Radiacinė sauga branduolinės energetikos objektuose“.

Ignalinos atominės elektrinės 2-ojo bloko saugos analizės ataskaita, 11 priemonė: Radiacinė sauga. Ignalina.

Seminaro „Branduolinės energetikos objektų išmontavimas, projektų įgyvendinimo patirtis“, vykusio 1998 m. kovo 15–18 d. Avinjone (Avignon), pranešimų medžiaga, 1 ir 2 tomiai.

Pirmojo Europos ALARA tinklo seminaro „ALARA ir eksploataavimo nutraukimas“, vykusio 1997 m. gruodžio 1–3 d., Saklei (Saclay), pranešimų medžiaga.

C. Schieber, P. Crouail, C. Lefaure. Elektrinių išmontavimo klasifikavimo kriterijai, atsižvelgiant į radiacinės saugos optimizavimo principą. (pranc. Critères de classement des chantiers de deconstruction en vue de l'optimisation de la radioprotection), CEPN NTE/05/15, 2005 m. liepa.

Antrojo ISOE/EK seminaro profesinės apšvitos atominėse elektrinėse valdymo klausimais, vykusio 2000 m. balandžio 5–7 d. Ispanijoje, 3-iosios sesijos „Radiacinė sauga ir eksploataavimo nutraukimas“ pranešimų medžiaga.

Руководство по оптимизации
радиационной безопасности
(ALARA) при снятии
с эксплуатации
атомной электростанции

Вильнюс, 2006

Содержание

Предисловие	21
1. Почему надо применять принцип оптимизации (ALARA) во время снятия с эксплуатации атомной электростанции?	22
1.1. Принцип ALARA: определение	22
1.1.1. Определение и классическое понятие	22
1.1.2. Оптимизация и ограниченная доза	23
1.2. Принцип ALARA в правовых актах Литовской Республики	24
1.3. Принцип ALARA и фазы снятия с эксплуатации атомной электростанции	24
2. Что нужно сделать сейчас	26
2.1. Обязательства руководства	26
2.2. Управление информацией об объекте	26
2.3. Программа ALARA при снятии с эксплуатации атомной электростанции	28
2.3.1. Содержание	28
2.3.2. Выполнение	28
2.3.3. Дезактивация	29
2.4. Организационная структура, необходимая для выполнения программы ALARA при снятии с эксплуатации атомной электростанции ..	30
2.5. Ограниченная доза и уровни исследования	31
3. Что нужно сделать позже?	32
3.1. Организация ALARA при снятии с эксплуатации атомной электростанции	32
3.2. Этап прогнозирования	32
3.2.1. Основные положения	32
3.2.2. Моделирование	34
3.3. Дальнейшие меры	34
3.3.1. Индивидуальная оценка	34
3.3.2. Комплексная оценка	35
3.4. Обратная связь	36
Ссылки	36

Предисловие

В соответствии с установками Стратегии национальной энергетики, которая 5 октября 1999 г. была принята Сеймом Литовской Республики, Литва обязалась снять с эксплуатации реакторы Игналинской АЭС типа РБМК-1500. При снятии с эксплуатации атомной электростанции, целью Центра радиационной защиты (RSC – ЦРЗ) является защитить население, работников, а также окружающую среду от вредного воздействия ионизирующего излучения. Для достижения этой цели, ЦРЗ:

- ↪ **осуществляет государственный надзор и контроль по радиационной безопасности,**
- ↪ **оценивает и проводит экспертизу облучения населения и работников в стране,**
- ↪ **координирует действия государственных и других учреждений, а также органов самоуправления в сфере радиационной безопасности.**

Данное руководство описывает основные мероприятия, которые необходимо выполнить, соблюдая принцип оптимизации радиационной безопасности при снятии с эксплуатации атомной электростанции. Руководство предназначено для оказания помощи Игналинской АЭС при планировании конкретных работ по демонтажу в соответствии с принципом оптимизации радиационной безопасности (ALARA).

1. Почему надо применять принцип оптимизации (ALARA) во время снятия с эксплуатации атомной электростанции?

1.1. Принцип ALARA: определение

1.1.1. Определение и классическое понятие

В последнее время, дискутируя об опасности, возникающей от воздействия ионизирующего излучения, не было достигнуто единого согласия, существует ли так называемая пороговая доза, превышая которую, риск развития долгосрочных нарушений здоровья является нулевым.

Даже при уменьшении этой пороговой дозы в десять раз несколько десятилетий тому назад (в настоящее время – до нескольких долей миллизиверта (мЗв)), не было доказано, что такой предел существует. Поэтому, Международная Комиссия по Радиологической защите (англ. ICRP) выбрала такую модель, согласно которой риск, обусловленный воздействием ионизирующего излучения, может быть управляем, считая, что пороговая доза не существует. Из этого следует, что возможное вредное воздействие облучения на здоровье человека, подвергшегося этому облучению, может вызывать облучение любой величины, даже малой. Также было принято, что связь между облучением и риском заболеть от воздействия ионизирующего излучения является прямой, т. е., величина созданного облучением воздействия является прямо пропорциональной полученному облучению. Такой риск может быть управляемый, учитывая две *a priori* противоположные цели:

- с одной стороны – уменьшить дозы, предполагая, что пороговая доза не существует,
- с другой стороны – при ограниченных ресурсах, никогда не пытаться достичь «нулевого риска».

Это противоречие было переведено на принцип оптимизации (ALARA), который вместе с другими принципами радиационной безопасности был представлен в публикации Международной комиссии по радиологической защите 1990 года № 60 (англ. ICRP 60): *«В конкретной практике с использованием источников ионизирующего излучения величина облучения, число облученных людей и вероятность облучения должны быть на разумно достижимом минимальном уровне, принимая во внимание все социальные и экономические условия (англ. ALARA). Эта процедура выполняется, ограничивая дозы облучения лицам (ограниченная доза), а при потенциальном облучении – ограничивая возникающий риск (ограниченный риск), чтобы избежать односторонних решений при влиянии социальных и экономических факторов».*

Это означает, что для создания эффективной системы радиационной безопасности недостаточно только не превышать предельные дозы облучения, установленные в правовых актах. Оптимизация радиационной безопасности, применяя принцип ALARA, является финальным шагом, который позволяет поддерживать дозы и риск на соответствующих приемлемых уровнях.

Другими словами, предельными дозами облучения, установленными в правовом акте¹, устанавливается порог между допустимой и недопустимой степени риска (см. Рис. 1).

¹Гигиеническая норма Литвы HN 73:2001 «Основные нормы радиационной безопасности», утверждена приказом министра здравоохранения Литовской Республики № 663 от 21 декабря 2001 г.

Принцип оптимизации означает уменьшение облучения на столько, на сколько это возможно, принимая во внимание все социальные и экономические условия, стараясь достичь нижний предел допустимой степени риска.

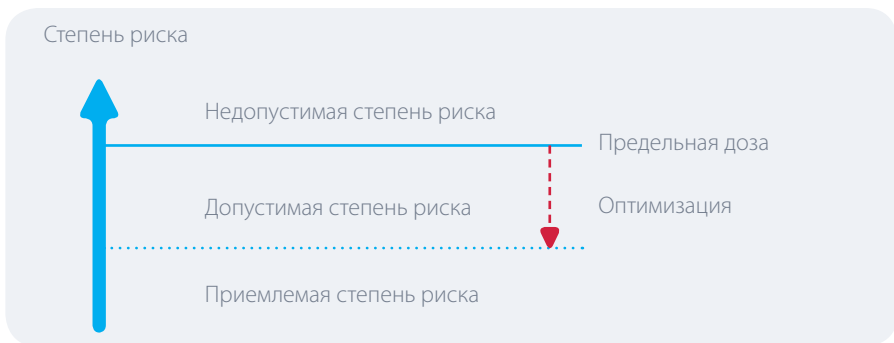


Рис 1. Принцип оптимизации (ALARA)

1.1.2. Оптимизация и ограниченная доза

Принимая во внимание обстоятельство, что лицо или группа лиц могут подвергаться воздействию несколькими источниками ионизирующего излучения, оптимизация радиационной безопасности основывается на концепции установления ограниченных доз, т.е. облучение ионизирующим излучением отдельного лица должно быть оптимизировано применяя ограниченную дозу. В зависимости от ситуации, ограниченная доза может быть в 2, 3 или 4 раза меньше, чем предельная доза.

В Гигиенической норме Литвы HN 73:2001 представлено определение ограниченной дозы. Ограниченная доза – это *применяемое для оптимизации радиационной безопасности ограничение индивидуальной дозы, которую может предопределить конкретный источник. Ограниченная доза применяется для того, чтобы, даже под воздействием нескольких источников излучения, дозы членов критической группы не превышали бы установленную предельную дозу.*

Говоря о дозах облучения населения, Гигиеническая норма Литвы HN 87:2002 устанавливает, что «ограниченная доза облучения населения, при эксплуатации и снятии с эксплуатации объектов ядерной энергетики равна 0,2 мЗв».

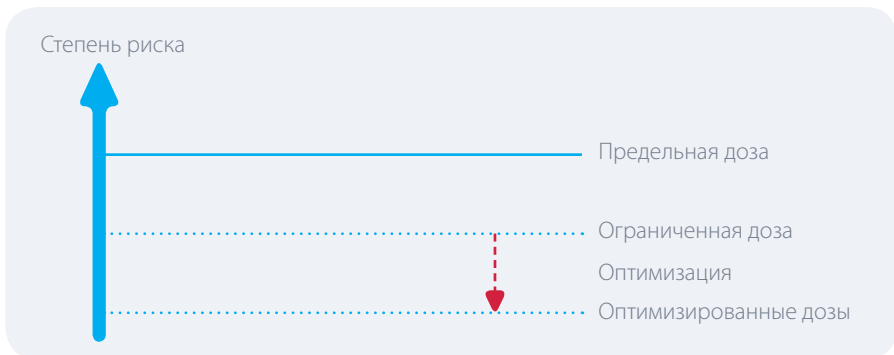


Рис 2. Концепция ограниченной дозы

1.2. Принцип ALARA в правовых актах Литовской Республики

Учитывая требования директивы Европейского Совета 96/29/EURATOM «Основной стандарт по защите здоровья работников и жителей от ионизирующего излучения», а также принимая во внимание международные рекомендации, в правовых актах Литовской Республики предусмотрено применение принципа ALARA: *«Всякая деятельность разрешается и выполняется, руководствуясь основными принципами радиационной безопасности, [...] принципом оптимизации – любое облучение отдельных лиц, или всего общества должно быть настолько малым, какое можно обеспечить, принимая во внимание все социальные и экономические факторы»².*

Правовые акты Литовской Республики требуют, чтобы осуществляя деятельность с источниками ионизирующего излучения, кроме принципа обоснования деятельности с источниками и принципа ограничения, был бы учтён и принцип оптимизации радиационной безопасности.

Требование применять принцип ALARA представлено также и в других правовых актах Литовской Республики:

«любое облучение отдельных лиц, или всего общества должно быть настолько малым, какое можно обеспечить, принимая во внимание все социальные и экономические факторы»³.

«Радиационная безопасность работников объектов ядерной энергетики должна быть такова, чтобы величина индивидуальных доз, число облучённых людей и неоснованное облучение было как можно меньше. С этой целью на объектах ядерной энергетики должна выполняться программа оптимизации.»⁴.

1.3. Принцип ALARA и фазы снятия с эксплуатации атомной электростанции

Снятие с эксплуатации атомной электростанции – это новый этап её жизненного цикла, который отличается от этапов эксплуатации, проектирования или строительства своей продолжительностью, планированием, масштабами облучения ионизирующего излучения и обращения с радиоактивными отходами и др. По этому, с целью качественного и безопасного выполнения работ по демонтажу, необходимо пересмотреть политику радиационной безопасности и процедуры её осуществления. Очевидно, что даже во время снятия с эксплуатации атомной электростанции программа оптимизации радиационной безопасности (ALARA) состоит из традиционных фаз: планирования и прогнозирования доз, оценки выполненных работ и доз облучения, анализа и обратной связи (Рис. 3).

Во время демонтажа «уникальные и неповторимые» работы и процедуры выполняются в «незнакомой» обстановке. Параметры «незнакомой» обстановки (источники облучения, места их расположения), а также последствия отклонения этих параметров (инциденты, возникшие во время эксплуатации, утечка радионуклидов, радиоактивное загрязнение и др.) могут быть неизвестны.

²Закон Литовской Республики о радиационной безопасности, № VIII-1019 (принятый 12 января 1999 г.)

³Гигиеническая норма Литвы HN 73:2001 «Основные нормы радиационной безопасности», утверждена приказом министра здравоохранения Литовской Республики № 663 от 21 декабря 2001 г.

⁴Гигиеническая норма Литвы HN 87:2002 «Радиационная безопасность на объектах ядерной энергетики», утверждена приказом министра здравоохранения Литовской Республики № 643 от 17 декабря 2002 г.

Эти работы могут быть выполнены командированными работниками (может быть, из зарубежных стран), которые могут не иметь детальной информации об особенностях атомной электростанции. С целью управления этими процессами, необходимо гарантировать, что будет создана, и будет поддерживаться высокая культура ALARA, помогающая быстро решать проблемы, возникающие в новых или неизвестных ситуациях.

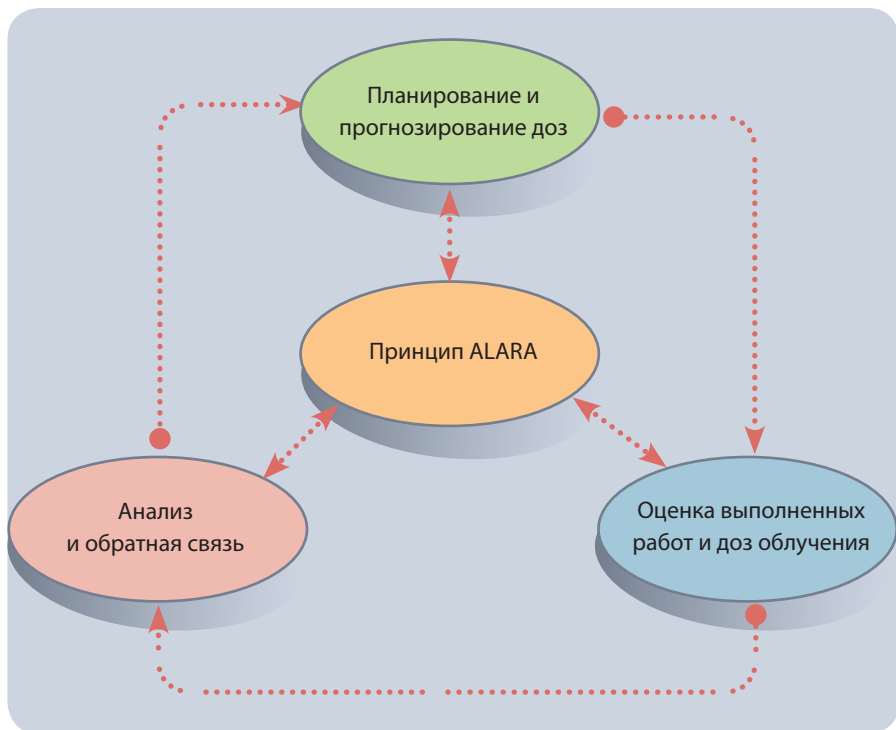


Рис 3. Принцип ALARA и его фазы

2. Что нужно сделать сейчас

2.1. Обязательства руководства

Принцип ALARA может быть осуществлён и без контроля регулирующих институций. На практике требование применять принцип ALARA предусмотрено правовыми актами. С целью достижения наибольшей эффективности, программа ALARA при снятии с эксплуатации должна быть подготовлена, учитывая требования регулирующих институций, консультируясь с заинтересованными сторонами.

Кроме того, руководство атомной электростанции должно принять обязательство стараться оптимизировать любое облучение, даже малое. Без этого, единственной целью программы ALARA при снятии с эксплуатации было бы не превышать установленных предельных доз и уровней исследования. Но, реализуя эту цель, не была бы учтена концепция применения принципа ALARA и его фаз, которые показаны на рис. 1.

Обязательство руководства атомной электростанции придерживаться принципа ALARA является существенным, но не менее важна ответственность технического (эксплуатационного) персонала и командированных работников, а также их участие в эффективном исполнении принципа ALARA.

2.2. Управление информацией об объекте

С целью управлять и предоставлять информацию об особенностях атомной электростанции для групп работников, которые в будущем будут производить работы по демонтажу, руководство атомной электростанции обязано инициировать пересмотрение административной и технической документации. Кроме других документов, должны быть рассмотрены:

- административные и технические документы, которые важны с точки зрения исторической, правовой, культурной и другой ценной информации,
- документы, которые могут содержать важную информацию о функциях атомной электростанции, её организационной структуре, а также документы, связанные с обеспечением ядерной безопасности. Эти документы должны описать все этапы функционирования атомной электростанции: проектирование, строительство, эксплуатацию, окончательную остановку и демонтаж.

Идентификация и использование таких документов и записей особенно важно в случае, если снятие с эксплуатации происходит отдельными фазами. Без идентификации нужных документов о проектировании, строительстве, эксплуатации, работы по снятию с эксплуатации могут опаздывать, поэтому могут значительно вырасти затраты, а также это может оказать влияние на состояние радиационной безопасности.

Примеры последствий, которые могут возникнуть в случае отсутствия документации, необходимой для снятия с эксплуатации показаны в таблице 1.

Таблица 1. Примеры последствий, которые могут возникнуть в случае отсутствия документации, необходимой для успешного снятия с эксплуатации

Примеры недостающих документов или записей	Последствия
Проектные чертежи и расчеты, техническое описание объекта.	<p>Недостаточность знаний о местах, загрязнённых радионуклидами и недостаточность информации о способах проникновения в эти места.</p> <p>Прямое влияние на выбор стратегии снятия с эксплуатации и на планирование работ.</p> <p>Необходимо уделять больше внимания для обеспечения безопасности и охраны окружающей среды, а также более внимательно подготовиться для работы в неизвестной обстановке.</p> <p>Невозможно начать работы по снятию с эксплуатации.</p>
Документация на приобретение строительных и эксплуатационных материалов.	<p>Гораздо труднее теоретически правильно оценить активацию материалов нейтронами, поэтому необходимо взять больше проб из объекта.</p> <p>Оказывает влияние на оценку планируемого облучения, которое в свою очередь влияет на более консервативный выбор стратегии снятия с эксплуатации и на более консервативное планирование последовательности работ.</p> <p>Влияет на выбор стратегии снятия с эксплуатации.</p> <p>Может влиять на аспекты обращения с радиоактивными отходами, предвиденными в стратегии снятия с эксплуатации.</p>
Отчеты о непроеekтных событиях.	<p>Необходимость производить работы не имея точной информации, может создавать более высокую опасность для работников.</p> <p>Непредвиденные объёмы радиоактивных отходов, непредвиденная химическая опасность.</p>
Записи о демонтаже трубопроводов, кабелей или замене элементов конструкций.	<p>Возникают непредвиденные опасности,</p> <p>Возможно перекрёстное загрязнение радионуклидами,</p> <p>Возникает дополнительные объёмы отходов.</p>

Стараясь избежать выше упомянутых последствий, для выполнения работ по снятию с эксплуатации необходимо привлечь как можно больше работников, которые участвовали в строительстве атомной электростанции и её эксплуатации.

Перед началом работ по демонтажу, необходимо сохранить последовательную систему документации. Хранящиеся в ней записи могут быть очень полезны при планирование работ по снятию с эксплуатации. Существенным аспектом успешного снятия с эксплуатации является накопление и управление информацией, собранной во время снятия с эксплуатации.

2.3. Программа ALARA при снятии с эксплуатации атомной электростанции

2.3.1 Содержание

При снятии с эксплуатации атомной электростанции должна быть создана программа ALARA снятия с эксплуатации. Правовые акты Литовской Республики требуют, чтобы программа ALARA была включена в программу радиационной безопасности, которая является одной из частей плана по снятию с эксплуатации⁵. В программе ALARA должно быть предусмотрено следующее:

- Цели и планируемые дозы облучения в краткосрочной, средней и долгосрочной перспективах и обоснование их выбора,
- Планируемые дозы облучения и планы по их снижению для каждой фазы снятия с эксплуатации (учитывая источники облучения, мощность дозы облучения и время работы). В планах по их снижению должно быть показано, что дозы оптимизированы,
- Способы анализа, контроля и применения приобретённого опыта,
- Стратегия по продолжительному обучению работников, планы и организационные мероприятия по выполнению программы ALARA во время снятия с эксплуатации атомной электростанции.

Индивидуальные и коллективные дозы облучения должны быть оценены для последовательностей отдельных работ и для всего проекта снятия с эксплуатации. При оценке доз, необходимо подчеркнуть важность использования приобретённого опыта и имеющихся записей (см. раздел 2.2). При оценке индивидуальных и коллективных доз, должны участвовать и специалисты атомной электростанции по радиационной безопасности.

Подготовленная программа ALARA снятия с эксплуатации атомной электростанции должна охватить весь период снятия с эксплуатации, т.е. мероприятия, которые будут осуществляться в краткосрочной и долгосрочной перспективах, включая радиологический инвентарь, дезактивацию, аспекты обращения с радиоактивными отходами и их захоронения и др.

В плане доз облучения, в котором оценены планируемые индивидуальные и коллективные дозы облучения, должны также быть указаны и ограниченные дозы для работников. Например, в странах Западной Европы, в которых проводятся работы по демонтажу, годовые ограниченные дозы облучения не должны превышать 5-10 мЗв (см. раздел 2.5).

⁵Гигиеническая норма Литвы HN 87:2002 «Радиационная безопасность на объектах ядерной энергетики», утверждена приказом министра здравоохранения Литовской Республики № 643 от 17 декабря 2002 г.

2.3.2 Выполнение

Учитывая планируемое содержание программы ALARA при снятии с эксплуатации атомной электростанции, становится ясно, что эту программу необходимо подготовить вместе с планом снятия с эксплуатации. Очевидно, что выбор наилучшей стратегии снятия с эксплуатации атомной электростанции зависит от многих факторов: технического обоснования проекта, затрат, состояния ядерной безопасности, оптимизации радиационной безопасности, других средств уменьшения опасностей и др.

Решая проблему неопределённости, выбранная стратегия (например, выбранные фазы снятия с эксплуатации, технические решения, стратегия обращения с радиоактивными отходами и тому подобное) должна быть гибкой, т. е. необходимо принимать во внимание несколько альтернативных сценариев. Даже не выбрав наиболее оптимизированного сценария, выбранного, который бы опирался на доступную информацию об атомной электростанции, другие сценарии могут быть использованы позже, когда будет собрана дополнительная информация. Этот аспект может быть очень полезен, планируя мероприятия по снятию с эксплуатации в будущем.

На атомной электростанции, которая снимается с эксплуатации, должна быть создана структура по осуществлению принципа ALARA, которая предназначена для осуществления политики ALARA.

2.3.3 Дезактивация

Особое внимание должно быть обращено на дезактивацию, которая обычно выполняется во время первых фаз снятия с эксплуатации. Дезактивация – это удаление радиоактивного загрязнения с поверхностей объектов или оборудования. Для дезактивации применяются различные методы: химические, электрохимические или механические.

После дезактивации:

- уменьшаются дозы облучения во время работ по снятию с эксплуатации,
- уменьшается объём радиоактивных отходов, которые будут захоронены в могильнике радиоактивных отходов,
- удаляются не связанные на поверхности радиоактивные материалы (источники загрязнения).

Выбирая подходящий метод для дезактивации помещений и оборудования, необходимо принять во внимание и внимательно оценить такие аспекты:

- **безопасность:** применение метода не должно вызывать других опасностей (например, химической, вызванной электротоком и др.),
- **эффективность:** метод должен быть таковым, что после его применения дальнейшие работы можно было бы выполнять вручную, а не при помощи автоматизированной дистанционной техники,

- **обоснованность расходов:** для применения метода не должно выделяться больше средств, чем те, которые были бы необходимы для обращения с радиоактивными отходами и их захоронения,
- **уменьшение объёма отходов:** применение метода не должно создавать большего объёма вторичных отходов,
- **обоснованность с точки зрения промышленности:** методы не должны быть таковыми, что их применение потребовало бы больших трудовых затрат, были бы трудно управляемыми или трудно автоматизируемыми.

Стараясь найти оптимизированное равновесие между выше упомянутыми аспектами (учитывая хотя бы объём радиоактивных отходов, подлежащих обращению и захоронению, затраты на обращение с ними и их захоронение, планируемое облучение работников), необходимо выполнить точный анализ, в котором в качестве переменной выступала бы степень дезактивации.

2.4. Организационная структура, необходимая для выполнения программы ALARA при снятии с эксплуатации атомной электростанции

Один из основных аспектов, которые должны быть приняты во внимание при выполнении работ по демонтажу, является постоянно меняющаяся радиационная обстановка на рабочих местах и радиоактивное загрязнение. Не смотря на принимающиеся меры предотвратить распространение радиоактивного загрязнения, такая ситуация может возникнуть. Кроме того, довольно сложно постоянно наблюдать и оценивать быстро меняющуюся радиационную обстановку. Поэтому, стремясь оценить степень риска ионизирующего излучения для работников, необходимо его планировать заранее. При составлении плана, должны быть включены все заинтересованные стороны, участвующие в процессе снятия с эксплуатации – регулирующая инстанция (определяет требования и проверяет, как они выполняются), операторы и командированные работники (устанавливают цели, планируют и осуществляют программу ALARA).

Чтобы полученное облучение во время работ было как можно меньше, руководство атомной электростанции должно быть ответственно за организацию, контроль и оценку важных с точки зрения радиационной безопасности работ и эта ответственность не должна быть делегирована только отделу по радиационной безопасности. В этом случае позиция руководства очень важна, потому, что она показывает, что для решения проблем по радиационной безопасности, возникающим в любом звене организационного управления атомной электростанции, уделяется должное внимание и это внимание – непрерывно.

Осуществляя программу ALARA снятия с эксплуатации, необходимо принять во внимание такие аспекты:

- **создана группа ALARA снятия с эксплуатации.** Руководить ею должен работник из руководящего состава. **Функции группы ALARA:** планирует дозы облучения, анализирует работы и их методы с точки зрения оптимизации радиационной безопасности и координирует работу разных рабочих групп (бригад),

- назначен координатор ALARA снятия с эксплуатации, который был бы ответственный за выполнение программы. Координатором может быть представитель отдела по радиационной безопасности, функции которого – координировать все действия, отвечающие целям программы ALARA,
- созданы рабочие группы ALARA.

Рабочая группа ALARA может быть создана для осуществления отдельных задач, важных с точки зрения радиационной безопасности. Функции этой группы: планировать мероприятия ALARA, обеспечить их применение при выполнении работ и анализировать полученные результаты. Обычно её членами являются координатор ALARA снятия с эксплуатации и работники, ответственные за выполнение задания, которые постоянно общаются и принимают общие решения. Поэтому создается междисциплинарная система для принятия общих решений, которая улучшает процесс оптимизации.

Создание рабочих групп ALARA является одним из действий, помогающим поднимать культуру ALARA.

2.5. Ограниченная доза и уровни исследования

Как указано в Гигиенической норме Литвы HN 73:2001⁹, «для оптимизации радиационной безопасности, при необходимости, должна применяться ограниченная доза». Снятие с эксплуатации атомной электростанции – это деятельность, во время которой целесообразно и необходимо применять ограниченные дозы. Определение ограниченной дозы предусмотрено в разделе 1.1.2.

С целью обеспечения одинакового уровня радиационной безопасности для всех работников, их радиационная безопасность должна быть оптимизирована, применяя ограниченные дозы. Это важно для командированных и других работников высокой квалификации, которые, выполняя разные работы, могут получить значительные годовые дозы.

Перед выполнением важных с точки зрения радиационной безопасности работ, величина ограниченной дозы должна обсуждаться в рабочей группе ALARA. С этой целью необходимо учитывать информацию о дозах облучения работников атомной электростанции и в паспортах облучения командированных работников, а также продолжительность выполняемой работы и т.д. Члены рабочей группы ALARA должны «договориться» о величине дозы, которая не должна превышать и для достижения этой цели, подготовить мероприятия ALARA.

Учитывая некоторые особенности работ по снятию с эксплуатации, возможное непостоянство разных источников облучения, рекомендуется также установить «сигнальные» уровни (уровни исследования) для мощности доз облучения и объёмного загрязнения воздуха. Если эти «сигнальные» уровни превышаются, то учитывая возможный риск, необходимо выполнить корректирующие мероприятия, рекомендованные координатором ALARA (установить специальные защитные экраны, выполнить дезактивацию, применять специальные индивидуальные средства защиты, создать специально для этой цели предназначенную рабочую группу ALARA и др.).

⁹Гигиеническая норма Литвы HN 73:2001 «Основные нормы радиационной безопасности», утверждена приказом министра здравоохранения Литовской Республики № 663 от 21 декабря 2001 г.

3. Что нужно сделать позже?

3.1. Организация ALARA при снятии с эксплуатации атомной электростанции

Как уже было упомянуто в разделе 2, немало трудностей возникают при практическом применении принципа ALARA, т. е. необходимо гарантировать, чтобы все работники атомной электростанции и командированные работники (механики, электрики, специалисты по радиационной, ядерной безопасности и др.) однозначно понимали основы философии ALARA и их влияние на радиационную безопасность.

Во время снятия с эксплуатации часто увеличивается число работников, которые ранее не выполняли работ, важных с точки зрения радиационной безопасности (например, перевозящих материалы, или выполняющих работы по демонтажу). Для того, чтобы такие работники поняли значение оптимизации радиационной безопасности, они должны обучаться тому, какие защитные средства должны применяться, как вести себя в рабочих местах и т. д. Иначе говоря, учитывая специфику новой работы, необходимо уделять больше внимания для обучения по радиационной безопасности и ALARA.

В программу обучения по вопросам ALARA (которая предназначается для всех работников, подверженных облучению) должны быть включены такие вопросы:

- оценка риска для здоровья, созданного ионизирующим излучением (прямая зависимость между величиной облучения и риска ...),
- принципы радиационной безопасности,
- политика международных организаций (Международной комиссии по радиологической защите, Международного агентства по атомной энергии, Европейской Комиссии и др.) а также национальных институций,
- оптимизация радиационной безопасности: от теории до практики,
- другие важные вопросы...

Такое обучение должно быть продолжительным и оно должно помогать поднимать культуру ALARA среди работников, подвергающихся облучению.

3.2. Этап прогнозирования

3.2.1 Основные положения

Перед выполнением рутинных работ и работ по снятию с эксплуатации, во время которых необходимо применять принцип ALARA, нужно оценить потенциальное облучение и ответить на вопрос: сколько средств должно бы быть выделено для того, что бы лучше планировать, проанализировать, оптимизировать и управлять ситуацией?

После первичной оценки ситуации может быть сделан вывод, что мероприятия по снижению облучения относительно простые. Если этого недостаточно (а это часто встречается

при снятии с эксплуатации), то следующий шаг – планировать конкретные мероприятия и критерии их определения (выполнить детальный анализ ALARA действий): планировать коллективную дозу, распределение индивидуальных доз, необходимые средства и др. Количественное определение этих параметров – процесс длинный, особенно для работ по снятию с эксплуатации, о которых часто не хватает информации. После определения критериев, можно сравнить разные действия и выбрать из них самый подходящий.

В зависимости от ситуации, могут быть привлечены разные меры, облегчающие принятие решений. Например, перед выполнением конкретной задачи, она возможно должна быть проанализирована с точки зрения ALARA. Группа ALARA снятия с эксплуатации должен определить конкретные критерии и их количественные значения, при превышении которых должен быть проведён детальный анализ. Основными критериями являются:

- **наибольшая мощность дозы,**
- **коллективная доза,**
- **средняя индивидуальная доза,**
- **доза внутреннего облучения.**

Для каждого упомянутого критерия может быть установлено несколько уровней, поэтому выполняемые задачи должны быть разделены на 3 или 4 уровня (см. таблицу 2). Для каждого уровня также должны быть установлены минимальные требования по применению принципа ALARA.

Продолжительность выполнения работы – тоже очень важный фактор, который должен быть учтён, при классификации задачи с точки зрения радиационной безопасности. В зависимости от продолжительности выполнения задачи, для конкретной задачи выбирается «приемлемость» коллективной или индивидуальной дозы.

Таблица 2. Пример классификации критериев для целей радиационной безопасности (случай трёх месяцев)

Критерий	Нулевой уровень	1 уровень	2 уровень	3 уровень
Коллективная доза (КД), чел·мЗв	$КД < 4$	$4 \leq КД < 10$	$10 \leq КД < 25$	$25 \leq КД$
Максимальная мощность дозы (МД), $\mu\text{Зв/ч}$	$МД < 1$	$1 \leq МД < 2,5$	$2,5 \leq МД < 6,25$	$6,25 \leq МД$
Средняя индивидуальная доза (СИД), мЗв	$СИД < 0,4$	$0,4 \leq СИД < 1$	$1 \leq СИД < 2,5$	$2,5 \leq СИД$

Этот пример представлен, считая, что работа выполнялась 3 месяца, годовой уровень исследования облучения работников - 10 мЗв. Считалось, что работник в течении 3 месяцев работал 400 часов.

Полученные результаты очень зависят от выбранной гипотезы и от неопределённостей при выполнении работ по демонтажу, поэтому иногда необходимо перед этим проанализировать ситуацию более детально и обширно, и обосновать выбор отдельных средств радиационной безопасности.

3.2.2 Моделирование

Планирование доз – это сложная задача, особенно, если на рабочем месте есть несколько геометрически разным образом расположенных источников ионизирующего излучения. При применении специально созданных программ по моделированию доз, можно сэкономить средства и время для решения сложных задач о снятии с эксплуатации объектов ядерной энергетики. Например, с этой целью были созданы программы CHAVIR® или VISIPLAN®, с помощью которых, используя информацию о геометрии помещений, материалах и радиационной обстановке, можно планировать работы в виртуальном 3D пространстве. В случае более простых геометрий источника ионизирующего излучения, могут быть использованы фундаментальные программы, например, Microshield®.

К примеру, применение программы моделирования VISIPLAN® «основывается» на трёх этапах:

1. Накапливание нужных данных и создание модели: компьютерная модель окружения создается, используя собранную информацию о геометрии окружения, материалах и находящихся в окружении источниках ионизирующего излучения. Если источники известны, можно сразу оценить радиационную обстановку. Если интенсивность источников не известна, можно его оценить при помощи алгоритма распределения источников в помещении, используя данные картографирования в рабочей зоне. Основываясь на картограмме и информации о рабочем месте можно определить расположение источников облучения. На этом этапе определяется основная геометрия поля излучения, из которой определяются другие, модифицированные (из-за дополнительного экранирования) геометрии поля излучения.

2. Общий и детальный анализ, планирование работ: стараясь определить необходимость экранирования, используя составленные картограммы доз для каждой выбранной геометрии, производится анализ рассчитанного поля излучения. Выбрав лучшую геометрию экранирования, можно детально оценить дозу вдоль выбранной траектории, которую составляет последовательность отдельных действий, место выполнения этих действий, описание и продолжительность выполнения. Выбрав траектории в разных геометриях, можно составить последовательности разных сценариев. Методом сравнения из них можно выбрать наилучший сценарий.

3. Дальнейшие действия: сравниваются реальные дозы с рассчитанными. Если отклонения большие, необходимо, используя более точную информацию, повторно смоделировать ситуацию. Такое действие способствует более точной оценке и оптимизации выполняемой работы.

В том случае, если нет сохранившихся точных чертежей снимающегося с эксплуатации объекта, при планировании работ может быть использовано специальное оборудование для сканирования помещений.

Полученные данные путём сканирования далее используются для создания 3D моделей. Такой метод был успешно испытан во время снятия с эксплуатации блока А1 АЭС в Богунце (Bohunice), в Словакии.

3.3. Дальнейшие меры

3.3.1 Индивидуальная оценка

С целью оптимизации индивидуальных доз работников, принимающих участие в снятии с эксплуатации, должна быть создана программа мониторинга радиологической обстановки.

Перед выполнением любых задач, необходимо выполнить такие действия:

- собрать работников, выполняющих работы, специалистов по радиационной безопасности, руководителей работ и рассмотреть техническую документацию,
- подготовить подробный наряд на проведение работы в контролируемой зоне, в которой планируется индивидуальные дозы, мощность дозы на рабочих местах, поверхностное загрязнение, необходимые индивидуальные средства защиты, средства для защиты органов дыхания, необходимость выполнения мониторинга внутреннего облучения и др.,
- предусмотреть, надо ли провести обучение по использованию индивидуальных средств защиты, средств для защиты органов дыхания. Применение «холодных» испытаний, макеты реальной величины - есть один из более эффективных методов обучения.

При выполнении рутинных задач, необходимо учитывать следующие аспекты:

- перед тем, как работник попадает в контролируемую зону, ему должен быть выдан индивидуальный электронный дозиметр прямого считывания (дозы и мощности дозы)⁷,
- учитывая характер работы и информацию о дозах облучения работника, служба радиационной безопасности должна установить уровни исследования для каждой операции и каждого работника,
- приборы должны быть проверены перед использованием и после использования,
- полученные дозы облучения должны регистрироваться каждый день.

Некоторые работы по снятию с эксплуатации должны контролироваться более внимательно. С этой целью необходимо принять дополнительные меры (наблюдение рабочих мест камерами наблюдения, использование специальных индивидуальных средств защиты, средств для защиты органов дыхания), сделать оценку внутреннего облучения (прямые измерения измерителем всего тела).

Особое внимание должно уделяться надзору и контролю командированных работников.

3.3.2 Комплексная оценка

Как уже говорилось ранее, индивидуальная оценка частично обосновывается выдачей подробного наряда на выполнение работы в контролируемой зоне, который предоставляет право на выполнение конкретной работы в контролируемой зоне. Информация, которая указывается в индивидуальном наряде, должна быть собрана в одном месте, в одном

⁷Работники Игналинской АЭС обязаны носить индивидуальные электронные дозиметры прямого считывания в следующих случаях:

- при работе в помещениях контролируемой зоны I и II категорий,
- при работе в контролируемой зоне, если дневная доза контролируется контрольным уровнем (например, 0,05 мЗв),
- если радиационная обстановка может изменяться,
- если индивидуальная доза может превысить контрольный уровень облучения (например, 0,2 мЗв).

сборнике документов. В данном собрании документов также должна бы быть следующая информация:

- цель и описание выполняемой задачи,
- радиационная обстановка (мощности доз и поверхностное загрязнение),
- оценка возможных опасностей,
- применяемые средства радиационной безопасности (оборудование, биологическая защита...),
- информация о работниках, выполняющих задачу,
- планируемые индивидуальная и коллективная дозы,
- уровни исследования облучения,
- полученные индивидуальная и коллективная дозы (анализируется каждый день),
- отклонение между планируемыми и фактически полученными дозами и причины этого отклонения.

3.4. Обратная связь

Необходимо постоянно поддерживать обратную связь. Основное условие для поддержания обратной связи есть управление документами и записями об объекте (см. раздел 2.2) а также регистрация и накопление стандартной информации о каждой выполненной задаче.

Накопленные данные должны быть использованы для дополнения системы управления документами и записями об объекте (см. раздел 2.2) и, если необходимо, для планирования облучения, которое может быть получено во время планируемых работ в будущем.

Ссылки

Закон Литовской Республики о радиационной безопасности № VIII-1019, принят в 1999 г.

Гигиеническая норма Литвы HN 73:2001 «Основные нормы радиационной безопасности».

Гигиеническая норма Литвы HN 87:2002 «Радиационная безопасность на объектах ядерной энергетики».

Отчет по анализу безопасности 2-ого блока Игналинской атомной станции, мероприятие 11: Радиационная безопасность. Игналина.

Демонтаж объектов ядерной энергетики, опыт по осуществлению проектов, 15-18 марта 1998 г., Авинион (Avignon), материалы выступлений, 1 и 2 тома.

Материалы первого семинара ALARA сети «ALARA и снятие с эксплуатации», 1-3 декабря 1997 г., Саклей (Saclay), материалы выступлений.

C. Schieber, P. Crouail, C. Lefauve. Критерии классификации демонтажа атомных станций, учитывая принцип оптимизации радиационной безопасности. (франц. Critères de classement des chantiers de deconstruction en vue de l'optimisation de la radioprotection), CEPN NTE/05/15, июль 2005 г.

Материалы второго семинара ISOE/EK по вопросам управления облучением рабочих на атомных станциях, 5-7 апреля 2000 г. Испания, материалы выступлений 3-ей сессии «Радиационная безопасность и снятие с эксплуатации».

**Radiacinės saugos optimizavimo (ALARA)
atominės elektrinės eksploatavimo nutraukimo metu vadovas**

Redaktorius Gintautas Klevinskas

Viršelio nuotraukos autorius Gintautas Balčytis

Radiacinės saugos centras
Kalvarijų g. 153, LT-08221 Vilnius
Tel. (8 5) 236 1936
Faks. (8 5) 276 3633
El. p. rsc@rsc.lt
www.rsc.lt

Išleido LĮ „Kriventa“
Tel. (8 5) 265 0629

