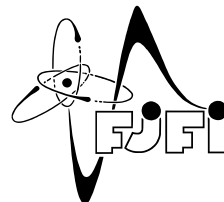


DRO 2009

XXXI.
Dny radiační ochrany
sborník abstraktů

Kouty nad Desnou, Hrubý Jeseník
2.–6. 11. 2009



Česká společnost pro ochranu před zářením
Státní ústav radiační ochrany

České vysoké učení technické v Praze, Fakulta jaderná a fyzikálně inženýrská

Programový výbor:

Irena Malátová, Ing., CSc. – předsedkyně

Ludmila Auxtová, Ing.

Tomáš Čechák, Prof., Ing., CSc.

Dana Drábová, Ing., Ph.D.

Marie Davidková, Ing. Ph.D.

Aleš Froňka, Mgr.

Ivana Horáková, Ing., CSc.

Jiří Hůlka, Ing.

Ladislav Moučka, RNDr.

Denisa Nikodemová, Doc., RNDr., Ph.D.

Zdeněk Prouza, Ing., CSc.

František Spurný, Prof., Ing., DrSc.

Josef Thomas, RNDr., CSc.

Organizační výbor:

Lenka Thinová

Václav Štěpán

Tomáš Čechák

Aleš Froňka

Jan Hradecký

Věra Křížová

Jiří Martinčík

Ladislav Moučka

Matěj Navrátil

Vlasta Pešková

Kateřina Rovenská

Markéta Šmejkalová

Lenka Trnková

Tomáš Trojek

Tomáš Urban

Kateřina Vávrů

XXXI. Dny radiační ochrany

sborník abstraktů

Editor	Ing. Václav Štěpán
Vydalo	České vysoké učení technické v Praze
Zpracovala	Fakulta jaderná a fyzikálně inženýrská
Kontaktní adresa	RNDr. Lenka Thinová, Katedra dozimetrie a aplikace ionizujícího záření, Fakulta jaderná a fyzikálně inženýrská ČVUT v Praze, Břehová 7, 110 00, Praha 1
Sazba	Vít Zýka (www.typokvitek.com) a editor
Tisk	Vydavatelství ČVUT, Zikova 4, 166 35, Praha 6
Vydáno	Praha, listopad 2009
Náklad	260 kusů
ISBN	978-80-01-04430-8

Milé kolegyně, milí kolegové, vážení přátelé,

o existenci Dnů radiační ochrany jsem se dozvěděl v roce 1969, kdy nám, studentům čtvrtého ročníku FJFI, mladý asistent Ing. Josef Novotný (dnes doc. Ing. J. Novotný, CSc.) nadšeně referoval o průběhu Radiohygienických dnů (tehdy se konaly v Jáchymově) a o jejich vysoké odborné i společenské úrovni. Už tehdy jsme se, celý kroužek, těšili, že se jednou budeme moci této konference zúčastňovat. Bylo to období, kdy se více věřilo, že jaderná energetika a použití ionizujícího záření přinese lidstvu prospěch. Ne že by dnes nepřinášela, jen se to považuje částečně za samozřejmost a méně se tomu oficiálně věří.

V té době běžela v kinech třeba kriminální komedie s Audrey Hepburnovou „How to steal a milion” s českým titulkem „Jak ukrást Venuši”. Dodnes ji lze jí koupit na DVD. Děj filmu byl celkem jednoduchý. Veleúspěšný padělatel uměleckých děl zapůjčí jeden z artefaktů své sbírky na výstavu do Louvru. S podpisem pojistky nevědomky podepíše souhlas s provedením fyzikálních testů využívajících rentgenovo záření, majících ověřit jeho pravost. V okamžiku, kdy si uvědomí, že by předmět z jeho sbírky měl být testován rentgenovým zářením a jeho padělatelská činnost bude tím odhalena, se totálně zhroutlí. Jeho dcera, hrála ji Audrey Hepburnová, se pokusí zachránit situaci a přesvědčí prvního zlodějíčka, který se jí dostane do cesty, aby se pokusil sošku Venuše ukrást dříve, než bude možné testy provést. Jak se to podaří a co se dále stane, už pro nás není důležité. Důležité je, že už koncem šedesátých let bylo v podvědomí, že na použití rentgenových paprsků lze založit zápletku úspěšného filmu. Představme si, jaký horor by na toto téma byl natočen dnes. Padělatel by přinejmenším zmučoval.

Přesto se zdá, že se situace začíná poněkud zlepšovat. Nutnost dalšího rozvoje jaderné energetiky u nás přestává být zpochybňována a obě hlavní politické strany se vyslovily pro dostavbu JETE. I v závěrech tzv. Pačesovy komise se mimo jiné konstatuje, že je nutné: „prodloužit životnost stávajících jaderných elektráren minimálně na 60 let a nárůst spotřeby elektrické energie v ČR a náhradu postupně odstavovaných uhelných elektráren v základním zatížení pokrýt výstavbou nových jaderných elektráren”. 22. 9. 2009 byl v Senátu České republiky uspořádán seminář na téma: Lidské zdroje v energetice, hrozba či výzva pro Českou republiku. Hlavním tématem diskuse bylo, kolik chybí v současné době odborníků v energetice a v příbuzných oborech, a co dělat, aby se situace alespoň nezhoršovala. Nutnost dalšího rozvoje jaderné energetiky byla brána jako samozřejmost. Vzpomeneme-li si na semináře organizované senátorkou Seitlovou nebo na argumenty proti výstavbě urychlovačů v Bratislavě, je to zcela jiná atmosféra. Doufejme, že vydrží.

Rozvíjejí se i další obory související s aplikací ionizujícího záření a radiační ochranou, ať jsou to aplikace v medicíně, radonová problematika a výzkum biologických účinků ionizujícího záření nebo nové výpočetní postupy, umožňující modelovat transport záření.

Všem těmto a ještě dalším problémům budou letošní Dny radiační ochrany věnovány.

Přeji Vám, aby se Vám XXXI. Dny radiační ochrany líbily a aby byly úspěšné jak po odborné, tak po společenské stránce.

Za organizační výbor konference

Tomáš Čechák

Sponzoři

Hlavní sponzoři

Canberra Packard, s.r.o.

www.cpce.net



ENVINET a.s.

www.envinet.cz



VF, a.s.

www.vf.cz



Ostatní sponzoři

AMEC Nuclear Czech Republic, a.s.

www.alldeco.cz



EMPOS spol. s r.o.

www.empos.cz



GEORADIS s.r.o.

www.georadis.com



Ing. Petr Šimeček – RDS

www.rdsys.cz



VUJE, a.s.

www.vuje.sk



Obsah

Úvod	1
----------------	---

Sponzoři	2
--------------------	---

Pondělí

Biologické účinky záření a zdravotní hlediska – 1

Součinnost inhalace radonu a kouření cigaret při indukci plicní rakoviny <i>Antonín Sedlák</i>	11
---	----

Plakáty

Nemoci z povolání u horníků uranových a rudných dolů v ČR způsobené expozicí i. z. v letech 2002–2008 <i>Tomáš Müller</i>	12
Biologické účinky tritia — literární řešerše <i>Kateřina Rovenská</i>	13
Statistické zpracování dat porodnosti v ČR v období před a po havárii v Černobylu <i>Hana Klepetková</i>	14
Vliv tamoxifenu na stabilitu komplexu DNA estrogenového responsivního elementu s proteinem estrogenovým receptorem při ozařování <i>Viktorie Štíslová, Stephane Goffinont, Melanie Spothheim-Maurizot, Marie Davidková</i>	15

Metrologie a přístrojová technika – 3

Free release measurement facility Ignalina NPP — PART II <i>Petr Okruhlica, Lukáš Džbánek, Stanislav Kočvara</i>	16
ZPS CR systémů <i>Tomáš Pokorný</i>	17
Validace a verifikace zkušebních postupů při zabezpečování kvality ve zkušební laboratoři <i>Milan Buřata</i>	18

Plakáty

Alpha spectrometry and secondary ion mass spectrometry of thorium <i>Jana Strišovská, Jozef Kuruc, Dušan Galanda, Eubomír Mátel, Dušan Velič, Monika Aranyosiová</i>	19
Determination of Sr-90 in contaminated water by liquid scintillation spectrometry <i>Jarmila Ometáková, Silvia Dulanská</i>	20
Měření aktivačních spekter pomocí HPGe detektoru <i>Lenka Trnková, Radim Kříž, Jan Dressler, Zdeněk Kopecký</i>	21
Přenosná měřidla objemové aktivity aerosolů a prachu v uranovém průmyslu: otázky přesnosti měření a ověření <i>Tomáš Soukup</i>	22
Scintilační odezva tenkých filmů LuAG:Ce vyrobených metodou epitaxe z kapalně fáze <i>Petr Průša, Jiří A. Mareš, Martin Nikl, Miroslav Kucera, Karel Nitsch</i>	23
Vlastnosti rentgenového zařízení s polykapilární fokusací a možnosti jeho použití <i>Tomáš Trojek, Zina Čemusová</i>	24

Výroba scintilačních materiálů v České Republice	
<i>Eva Makovcová</i>	25
Výsledky mezilaboratorního porovnávání zkoušek v procesu akreditace laboratoří RKO EDU a ETE	
<i>Marie Kaufmanová, Marek Kurfiřt, Jiří Pospíchal, Rostislav Striegler</i>	26
Zvyšování efektivity léčby nádorových onemocnění pomocí 3D brachyterapie	
<i>Jaroslav Šolc, Vladimír Sochor, Martin Kačur, Jana Šmoldasová, Václav Spěváček</i>	27

Úterý

Radiační ochrana v radiodiagnostice, radioterapii a nukleární medicíně – 7

Požadavky lékařského ozáření dané vyhláškou č. 307/2002 Sb. při kontrolní činnosti SÚJB na radiodiagnostických pracovištích	
<i>Marie Mikušová</i>	28
Radiační riziko – současný stav a možnosti informování zdravotnických pracovníků a pacientů	
<i>Václav Hušák, Jaroslav Ptáček, Marko Fülöp</i>	29
Problematika radiační ochrany rodinných příslušníků při léčbě malých dětí pomocí radiojodu ^{131}I	
<i>Dana Valachová, Jaroslav Zimák, Zuzana Pašková, Květuše Vošmiková, Petr Vlček</i>	30
Přístupy k hodnocení rizika radiační zátěže při CT vyšetřeních	
<i>Helena Žáčková, Ladislav Tomášek</i>	31
Stanovení maximální dávky na kůži pacientů v intervenční kardiologii	
<i>Lucie Súpupová, Leoš Novák, Petr Kala</i>	32
Radiační zátěž extremít a očních šošovek zdravotnických pracovníků v intervenční radiologii v SR	
<i>Denisa Nikodemová, Dominika Trošanová</i>	33
Príspevok k národnému prehľadu dávok obyvateľstva z vybraných diagnostických vyšetrení v SR	
<i>Denisa Nikodemová, Helena Cabáneková, Karol Bohm, Dušan Šalát</i>	34
Odhad celkové efektivní dávky pacienta pro různá schémata použití verifikačních metod radioterapie	
<i>Vladimír Dufek, Ivana Horáková, Leoš Novák, Ondřej Konček, Vít Richter, Lenka Janečková</i>	35
Zaťaženie pacienta pri verifikácii nastavenia pacienta pomocou EPID	
<i>Mária Fríbertová, Gabriel Králík, Kristína Poláková, Mária Filipová, Dalibor Lojko, Jozef Greždo</i>	36
Vliv chyb v nastavení pacienta na výslednou dávkovou distribuci během IMRT terapie	
<i>Matěj Navrátil</i>	37
Príspevok k měření dávek doručených mimo cílový objem v klinickém protonovém a fotonovém svazku	
<i>Ján Kubančák, Alexander G. Molokanov, František Spurný, Vladimír Vondráček</i>	38
Výsledky externého dozimetrického auditu vysokoenergetických fotonových svazků na pracovištích radiační onkologie v SR	
<i>Dominika Trošanová, Denisa Nikodemová, Mária Fríbertová</i>	39

Plakáty

Výsledky a zkušenosti z on-site auditů v radioterapii z let 1996–2008	
<i>Ivana Horáková, Irena Novotná, Helena Žáčková</i>	40
Riziko karcinogenních účinků v radiodiagnostice	
<i>Jiří Filip, Olga Bezděková</i>	41
Stanovenie kerry vo vzduchu pri vybraných typoch konvenčných skiagrafických vyšetrení	
<i>Lukáš Zachar, Denisa Nikodemová</i>	42
Riziká zvýšenia patientských dávok pri nepriamej digitalizácii mamografických vyšetrení.	
<i>Lubomíra Gbelcová, Martina Horváthová</i>	43

Porovnání výpočtů dávkové zátěže z CT při SPECT/CT vyšetřeních <i>Dana Valachová, Daniela Kotalová, Jaroslav Zimák, Pavel Solný</i>	44
Radiační zátěž personálu Kliniky nukleární medicíny FN Brno <i>Jiří Filip</i>	45
Aplikace pencil beam algoritmu pro výpočet relativní dávkové distribuce kobaltového ozařovače <i>Ondřej Konček, Jitka Šemnická, Milan Semmler</i>	46
Rekonstrukce energetického spektra elektronového svazku lineárního urychlovače ze změřené hloubkové dávkové křivky <i>Jitka Šemnická, Jaroslav Klusoň, Ondřej Konček</i>	47
Analýza stínění a radiační bezpečnosti pro centrum protonové terapie <i>Tomáš Urban, Jaroslav Klusoň</i>	48
Vliv nehomogenit na transmisi stínících bloků <i>Karel Nechvát, Jiří Mynařík, Pavel Máca, Kamil Kudelka</i>	49
Chování gelového polymerního dozimetru v oblasti velkých dávkových gradientů <i>Václav Spěváček, Jitka Šemnická</i>	50
Polymerní gelová dozimetrie — srovnání počítačové tomografie a magnetické rezonance <i>Darína Ornová, Jitka Šemnická, Václav Spěváček</i>	51
Stabilita odezvy polymerního gelového dozimetru PAGAT <i>Kateřina Vávruš, Jitka Šemnická</i>	52
Magisterský studijní obor Radiologická fyzika a Doktorský studijní obor Radiologická fyzika na FJFI, ČVUT v Praze <i>Tomáš Čechák</i>	53
Služby školicího střediska <i>Petr Borek, Radim Grossmann, Renata Hofírková</i>	54

Středa

Dozimetrie zevního a vnitřního ozáření – 2

Further achievements in space- and air-craft exposure studies and related topics <i>František Špurný</i>	55
Měření expozice kosmickému záření na palubách kosmických lodí pomocí spektrometru deponovaných energií Liulin <i>Ondřej Ploc, František Špurný, Ján Kubančák</i>	56
Measurements in He 150 MeV/n MONO beam at HIMAC by various detectors <i>Iva Jadrníčková, František Špurný, Kateřina Brabcová, Ondřej Ploc, Zlata Mrázová, Nakahiro Yasuda, Yukio Uchihori, Hisashi Kitamura, Satoshi Kodaira</i>	57
Srovnání vlastností variant PADC jako spektrometru lineárního přenosu energie <i>Kateřina Brabcová, Iva Jadrníčková, František Špurný</i>	58
The Study of Medical Workers Radiation Dose in Chosen Workplaces of Kosice and Presov Regions <i>Andrea Čipáková</i>	59
Metody biologické dozimetrie a jejich aplikace v AČR <i>Lenka Zárybnická, Zuzana Šinkorová, Jaroslav Pejchal, Zdena Vilasová</i>	60
Sledování pracovníků s vnitřní kontaminací ^{241}Am — porovnání experimentálních dat s biokinetickými modely <i>Irena Malátová, Tomáš Vrba, Věra Bečková, Helena Pospíšilová</i>	61
Stanovení nejistot pro data z dlouhodobého sledování osob s vnitřní kontaminací ^{241}Am <i>Tomáš Vrba</i>	62
Služba osobní dozimetrie VF po 1. roce provozu <i>Pavel Prášek, Petr Nováček, Jakub Dvořák, Jana Topinková</i>	63

Plakáty

Posouzení ozáření obyvatel v zájmové oblasti v okolí JE Temelín z přírodních a umělých zdrojů ionizujícího záření <i>Lenka Thínová, Milan Matolín, Ondřej Ploc, Tomáš Čechák</i>	64
Kalibrace pro stanovení aktivity radionuklidů deponovaných v plicích <i>in-vivo</i> <i>Vendula Pfeiferová, Helena Pospíšilová, Irena Malátová</i>	65
Minimum detectable activities for natural radionuclides for IRIS-XP airborne gamma-spectrometer <i>Marcel Ohera, Petr Sládek</i>	66
Měření osobních dávek při práci na nukleární medicíně <i>Jan Singer, Jana Rusinová</i>	67
Systém termoluminiscenční dozimetrie pro monitorování osobních dávek <i>Daniela Ekendahl, Michaela Fáberová, Zdeněk Prouza</i>	68
Měřicí systémy v sítích TLD <i>Daniela Ekendahl, Zdeněk Prouza, Michaela Fáberová</i>	69
Vývoj nového postupu vyhodnocování osobního dávkového ekvivalentu $H_p(10)$ měřeného neutronovým dozimetrem CSOD <i>Zdeněk Zelenka</i>	70
Studium fragmentací iontů Ne s primární energií 400 MeV/n za různým stíněním pomocí detektorů stop v pevné fázi <i>Zlata Mrázová, Iva Jadrníčková, Kateřina Brabcová, František Špurný</i>	71

Modelování šíření radionuklidů a monitoring v životním prostředí – 4

Models of aerial radioactive discharges — in a half-way to reality <i>Petr Pecha, Radek Hofman, Petr Kuča, Kateřina Zemánková</i>	72
Assimilation of spatio-temporal distribution of radionuclides in early phase of radiation accident <i>Radek Hofman, Václav Šmídl</i>	73

Modelovanie dávkovej záťaže z vypustí trícia počas normálnej prevádzky JE	
<i>Juraj Ďúran, Irena Malátová</i>	74
ESTE EU — new version with Lagrangian Particle Model	
<i>Peter Čarný, Miroslav Chylý, Eva Smejkalová, Dušan Suchoň</i>	75
Bayesian modeling and prediction of solar particles flux	
<i>Kamil Dedecius, Jana Kalová</i>	76
Odběry a úpravy radioaktivních vzorků v polních podmínkách	
<i>Petr Borek, Miroslav Koch, Petr Halas</i>	77
Plakáty	
Studium chování radonu a jeho přeměnových produktů ve spodních vrstvách troposféry	
<i>Ivo Burian, Petr Otáhal, Jan Merta</i>	78
Retrospektivní průzkum obsahu ^{137}Cs ve smrkové kůře v České republice	
<i>Jarmila Pilátová, Petr Rulík, Jiří Hůlka, Ivan Suchara</i>	79
Validácia metódy stanovenia ^{14}C a ^{63}Ni vo vzorke betónu	
<i>Olga Rosskopfová, Michal Galamboš, Matúš Pupák</i>	80
Metodika rozkladu živočišných tkání ke stanovení těkavých radionuklidů	
<i>Reza Mirchi, Eva Schlesingerová</i>	81

Čtvrtek

Radiační ochrana v jaderně-palivovém cyklu včetně havarijní připravenosti – 6

ESTE EDU — large update of decision support system for the Crisis Staff of the SÚJB ČR <i>Peter Čarný, Miroslav Chylý, Eva Smejkalová, Dušan Suchoň</i>	82
Tritium v ČR — výpusti a úrovně v životním prostředí <i>Irena Malátová, Miluše Bartusková, Věra Bečková, Michal Fejgl, Josef Tecl</i>	83
Monitorování aktivit tritia v atmosféře, optimalizace metody odběru <i>Michal Fejgl, Věra Bečková, Václav Michálek, Ivo Světlík, Lenka Tomášková</i>	84
Modernizace systému SEJVAL na JE EBO a EMO <i>Petr Okruhlica, Jozef Virdzek</i>	85
Dekontaminace kovů vyřazených z důlního dobývání uranu <i>Josef Ondřej, Tomáš Marek, Jozef Povrazník, Jiří Dostál, Ivan Tichý, Martin Hejda</i>	86
Sanace ekologických zátěží v ÚJV Řež a.s. — stav projektu v roce 2009 <i>Petr Kovařík, Josef Podlaha</i>	87

Plakáty

Distribuce plošných a objemových aktivit při terénních testech <i>Věra Bečková, Irena Čěšpírová, Aleš Froňka, Jiří Hůlka, Petr Kuča, Irena Malátová, Václav Michálek, Petr Rulík, Jan Škrkal</i>	88
Metody monitorování radiační situace v černobylské zakázané zóně <i>Hana Chaloupková, Petr Sládek, Marcel Ohera</i>	89
Problém nehomogenní radioaktivní kontaminace při leteckých měřeních <i>Irena Čěšpírová, Jiří Hůlka</i>	90
Letecká měření (IRIS, polovodičový detektor, PDOSE) <i>Irena Čěšpírová, Aleš Froňka, Jan Helebrant, Lubomír Gryc</i>	91
Měření příkonu fluence a spektra neutronů v okolí výzkumného reaktoru LVR-15 <i>Zdena Lahodová, Ladislav Viererbl, Vít Klupák, Milan Marek</i>	92
Výsledky radiační ochrany v provozu JE Dukovany a JE Temelín v roce 2008 <i>Vladimír Kulich, kolektiv autorů</i>	93
Rekonstrukce měření plyných výpustí v JE Kozloduy <i>Stanislav Kočvara, Libor Bačovský, Martin Večeřák</i>	94
²⁴¹ Pu — význam a způsoby stanovení <i>Milan Buňata</i>	95
Bentonitové bariéry v multibariérovom systéme hlbinných geologických úložisk – štúdium adsorpčných procesov <i>Michal Galamboš, Olga Roszkopfová, Veronika Paučová, Martin Daňo, Pavol Rajec</i>	96
Role leteckých měření při stanovení kontaminace krajinného krytu po havárii JEZ <i>Jiří Hůlka, Irena Čěšpírová, Jan Helebrant</i>	97
Developing GIS based decision-support tools for agricultural counter-measurements after radiation accident <i>Pavel Kepka, Jan Procházka, Jakub Brom, Emilie Pecharová</i>	98
Use of remote sensing methods in searching for agricultural measures following possible radiation accident <i>Hana Vincíková, Martin Hais, Jan Procházka, Jakub Brom, Pavel Kepka, Emilie Pecharová</i>	99

Nakládání s radioaktivními odpady – 8

Softwerová podpora pre evidenciu a vyhodnocovanie rádioaktívnych odpadov a vyhoretého jadrového paliva <i>Beáta Gažová, Daniel Belokostolský</i>	100
Štúdium korelačných a škálujúcich faktorov rádionuklidov v rádioaktívnych odpadoch <i>Silvia Dulanská, Eubomír Mátel, Dušan Galanda</i>	101

Deklarovanie obsahu rádionuklidov v rádioaktívnych odpadoch z jadrových elektrární <i>Eubomír Mátel, Olga Rosskopfová, Silvia Dulanská, Dušan Galanda</i>	102
Aplikácia metód extrakčnej chromatografie pri stanovení alfa rádionuklidov v rádioaktívnych odpadoch <i>Dušan Galanda, Eubomír Mátel, Silvia Dulanská</i>	103

Plakáty

Experience with the Modernization of Equipment Used at Radioactive Waste Repositories in Czech Republic and Bulgaria <i>Andrea Vaculínová, Stanislav Kočvara, Libor Bačovský, Jitka Kadlecová</i>	104
---	-----

Radon a problematika přírodních radionuklidů – 5

Vplyv nehomogénnej distribúcie produktov premeny radónu na dozimetrické a mikrodozimetrické kvantifikátory rizika <i>Radoslav Böhmer, Antonín Sedlák, Karol Holý</i>	105
Porovnání kalibračních měření volné a vázané frakce produktů přeměny radonu ve vzduchu pomocí inverze Jacobi–Porstendörferova modelu <i>Josef Thomas, Karel Jílek</i>	106

Plakáty

Ověření dávek měřených sondou BICRON metodou Monte Carlo <i>Jiří Martinčík, Lenka Thinová</i>	107
Odhad nejistot stanovení objemové aktivity radonu z krátkodobých integrálních měření <i>Renáta Dubčáková, Pavel Praks</i>	108
Sledování transportu radonu ve stavební konstrukci <i>Kateřina Rovenská</i>	109
Pilotní studie velikostní distribuce aerosolových částic v ovzduší uranového dolu Rožínka <i>Helena Malá, Petr Rulík, Jiří Hůlka</i>	110
„RADON” bulletin — 10 let informací pro veřejnost o Radonovém programu 1999–2009 <i>Alena Drábková, Ivana Fojtíková, Josef Thomas</i>	111

Pátek

Radon a problematika přírodních radionuklidů – 5

Správanie sa objemovej aktivity radónu v ovzduší rodinného domu <i>Monika Müllerová, Karol Holý</i>	112
Testing the commercially available air cleaner Ionic-CARE [®] Triton X6 from the standpoint of radon remedy <i>Karel Jílek, Josef Thomas</i>	113
Radón vo vonkajšej atmosfére rôznych lokalít Slovenska <i>Martin Bulko, Karol Holý, Monika Müllerová, Oľga Holá, Anna Polášková</i>	114
Rádionuklidy ⁷ Be a ²¹⁰ Pb ako stopovače vertikálnej výmeny vzdušných mäs v atmosfére <i>Miroslav Ješkovský, Ivan Sýkora, Jana Merešová, Ján Šimon, Monika Müllerová, Karol Holý</i>	115
Charakteristika dlhodobých radionuklidů v důlní atmosféře uranového dolu Dolní Rožínka <i>Ivo Burian, Petr Otáhal, Josef Vošahlík</i>	116
Nová rizika záchyťů — NORM, TENORM? <i>Josef Mudra, Karel Svoboda</i>	117

Součinnost inhalace radonu a kouření cigaret při indukci plicní rakoviny

Antonín Sedlák

SÚRO, Bartoškova 28, Praha 4, 140 00, ČR

antonin.sedlak@suro.cz

Tématem sdělení je otázka, jakým způsobem přispívá vdechování tabákového kouře k indukci plicní rakoviny u osob žijících v prostředí se zvýšeným výskytem radonu. Podle současných názorů je tento příspěvek vyšší než v případě, že by se oba vlivy jednoduše sčítaly, tj. pokud by platil předpoklad aditivity. Na druhé straně se ale má zato, že je nižší, než kdyby se příspěvky obou poškození násobily. Místo multiplikativního mechanismu se proto hovoří o mechanismu sub-multiplikativním. Pokusili jsme

se o jeho interpretaci pomocí mikrodozimetrického modelu hraniční měrné energie opírajícího se o nové poznatky z molekulární biologie, které se týkají působení nikotinu a dalších doprovodných produktů. Protože zmíněný model umožňuje provádět analýzu kvantitativně, jeho výsledky lze srovnávat s epidemiologickými daty. Jsou ve shodě s nálezy rakovin plic u horníků–kuřáků uranových dolů v Colorado Plateau.

Nemoci z povolání u horníků uranových a rudných dolů v ČR způsobené expozicí i. z. v letech 2002–2008

Tomáš Müller

SÚRO, Bartoškova 28, Praha 4, 140 00, ČR

tomas.muller@suro.cz

Posuzování nároků na odškodnění pro nemoc z povolání (dále jen NzP) vyvolanou ionizujícím zářením je nejčastějším případem u pracovníků s anamnézou práce v podzemí uranových nebo jiných rudných dolů s vysokými objemovými aktivitami radonu a jeho produktů přeměny v ovzduší. Mimo tento okruh pracovníků jsou případy zdravotních poruch a onemocnění předkládaných k posouzení jako NzP v posledních letech ojedinělé.

Nemoc z povolání je hlavně právní pojem, který zakládá nárok na odškodnění. Odborné lékařské stanovisko nemůže vždy příčinnou souvislost s expozicí i. z. s jistotou doložit. Postup při uznávání NzP se řídí ustanoveními vyhlášky MZ ČR č. 342/1997 Sb., kterou se stanoví postup při uznávání nemoci z povolání. Onemocnění, u něhož vzniklo podezření, že se jedná o NzP, posuzuje pracovně lékařské pracoviště (Klinika nebo odd. NzP) na podnět ošetřujícího lékaře nebo osoby trpící onemocněním. Podmínky vzniku onemocnění, které mohlo vzniknout v souvislosti s prací v prostředí s ionizujícím zářením nebo radioaktivními látkami, posuzuje lékař Státního úřadu pro jadernou bezpečnost.

NzP mohou být akutní otravy vznikající nepříznivým působením chemických látek na zdraví, nemoci vznikající nepříznivým působením chemických, fyzikálních, biologických nebo jiných škodlivých vlivů, pokud vznikly za podmínek, uvedených v seznamu nemocí z povolání, který tvoří přílohu č. 1 zákona č. 266/2006 Sb.. V tomto seznamu se účinku ionizujícího záření týkají tyto položky:

- Kap. II, položka 1 — nemoc způsobená ionizujícím zářením
- Kap. III, položka 6 — rakovina plic z radioaktivních látek

Prakticky veškeré případy, které jsou navrhovány jako NzP jsou zhoubné nádory. Naprostá většina z těchto posuzovaných případů jsou onemocnění rakovinou plic z radioaktivních látek.

Rozhodování o nemoci z povolání vychází u nádorových onemocnění v současné době z pravidel podobnostního přístupu posuzování založeném na stanovení podílu příčinné souvislosti (PPS) ozáření na vzniku onemocnění (např. metodické opatření č. 15 Věstníku ministerstva zdravotnictví ČR, částka 9, 1998).

Poster podává souhrnnou informaci o všech posuzovaných případech nemocí z povolání u horníků uranových a rudných dolů v České republice v letech 2002–2008. Ve sledovaném období bylo na SÚRO každý rok předloženo k posouzení podmínek vzniku onemocnění 50–80 případů. Ve většině případů šlo o rakovinu plic. Druhou nejpočetnější skupinu diagnos tvořily rakoviny kůže (non-melanoma skin cancers). Další relativně početnou skupinou byly leukémie. Pak následovaly rakoviny hrtanu. Na ostatní diagnosy připadaly pouze ojedinělé případy onemocnění.

Z posuzovaných onemocnění splňuje kritéria přiznání nemoci z povolání polovina až třetina případů. Z toho naprostou většinu tvoří rakovina plic. Nicméně podíl rakoviny plic u přiznaných nemocí z povolání má v posledních letech klesající tendenci. Následují rakoviny kůže (basaliomy a spinaliomy). Jejich podíl na počtu přiznaných nemocí z povolání má naopak rostoucí tendenci. Na třetím místě jsou leukémie (většinou 1 případ za rok).

Biologické účinky tritia — literární rešerše

Kateřina Rovenská

SÚRO, Bartoškova 28, Praha 4, 140 00, ČR

katerina.rovenska@suro.cz

Tritium jako jeden z mála radionuklidů vypouštěných z JE je detekovatelné v životním prostředí. Většina ostatních radionuklidů, které JE vypouští do ovzduší či do hydrosféry, je detekovatelná jen v místě vypusti a jejich dopad na životní prostředí a na člověka se pak počítá pomocí matematických modelů.

Tritium se může vyskytovat v různých chemických formách — jako HTO, HT, organicky vázané tritium OBT a ve specifických případech i v jiných formách. Vzhledem k chemickým formám, lze očekávat i rozdílné chování tritia v organismu. Při příjmu HTO se tritiovaná voda stává součástí vodního hospodářství organismu a koncentrace tritia se velmi rychle homogenizuje v celém těle. Část HTO se metabolizuje do podoby organicky vázaného tritia, většina HTO je vyloučena močí. Po příjmu organicky vázaného tritia, závisí retence tritia v těle na chemické formě tritia, zda je tzv. vyměnitelné (vazby S, O, N, P) nebo nevyměnitelné (vazby s C). Postupem

doby jsou teoretické modely aktualizovány a upravovány s ohledem na experimentální studie a to jak na zvířatech, tak i s ohledem na humánní studie.

Nejvíce sporů se vede o radiační váhový faktor tritia. V současné době je w_R pro tritium rovno 1. Experimentální studie na zvířatech ukazují, že jak ve srovnání s orthovoltážními svazky X, tak ve srovnání s gama zářením kobaltu, je radiační biologická účinnost u tritia vyšší a autoři doporučují zvýšení radiačního váhového faktoru na 1,5 až 2. Komise ICRP však zastává současnou hodnotu s tím, že radiační váhový faktor je používán pro stanovení efektivní dávky za účelem limitování ozáření nikoli pro účely retrospektivního stanovení individuální dávky. Nebrání se však použití specifických radiačních váhových faktorů pro individuální hodnocení dávek.

Literární rešerše byla provedena v rámci projektu VaV 5/2008.

Statistické zpracování dat porodnosti v ČR v období před a po havárii v Černobylu

Hana Klepetková

ČVUT FJFI KDAIZ, Břehová 7, Praha 1, 115 19, ČR

h.klepetkova@seznam.cz

Data o plošné kontaminaci území ČR (data-báze SÚRO) radionuklidů po havárii v Černobylu v roce 1986 byla zpracována v souvislosti se změnou poměru pohlaví narozených chlapců a děvčat (sex-ratio). Pro statistické zpracování dat, týkajících se porodnosti a úmrtnosti dětí v ČR byla použita data Českého statistického úřadu. Z výsledků tohoto zpracování je možné posoudit vzájemný vztah mezi kontaminací a změnou poměru narozených chlapců a dívek, který byl publikován v některých okresech. Ukázalo se, že ke změně poměru skutečně došlo, ale bez přímé souvislosti k úrovni kontaminace.

Data celkového počtu narozených dětí v letech 1979 až 1996 v České republice v jednotlivých měsících vykazují roční periody a rok 1986 je zcela v souladu s ostatními lety. Celkový sex-ratio pro rok 1986 nevykazuje žádnou statistickou odchylku mezi souhrnnými daty o poměru počtu narozených dívek a chlapců v jednotlivých letech pro období mezi lety 1950 až 2007 pro celou Českou republiku. Data popisující sex-ratio narozených dětí v České republice v jednotlivých měsících vykazují minimum v listopadu 1986 v neprospěch počtu narozených chlapců.

Děti narozené v listopadu byly počaty během února, tzn. v době Černobylské havárie a po ní byly matky v období mezi 8 až 12 týdnem těhotenství. Tato skutečnost se však neprojevila na celkovém počtu samovolných potratů (evidovaných statistickým úřadem od 4 týdne těhotenství matky) během roku celého 1986 a stejně tak na celkovém počtu narozených dětí či na počtu vícečetných těhotenství.

Zajímavá je skutečnost, že změna poměru sex-ratia v neprospěch chlapců pro jednotlivé okresy v roce 1986 nekoreluje s údaji o plošných aktivitách umělých radionuklidů, deponovaných na území ČSSR po havárii v Černobylu. Příkladem může být diskutovaný měsíc listopad roku 1986. Sex-ratio v okrese Benešov pro tento měsíc bylo 1,08 a střední hodnota deponovaného ^{137}Cs byla $19,02 \text{ kBq/m}^2$ a naproti tomu v okrese Rychnov nad Kněžnou bylo sex-ratio 0,73 a střední hodnota deponovaného ^{137}Cs byla $3,04 \text{ kBq/m}^2$ (hodnoty pro deponovaný radionuklid ^{137}Cs jsou převzaty z databáze SÚRO a hodnoty počtu živě narozených dětí byly získány z databáze ČSÚ).

Vliv tamoxifenu na stabilitu komplexu DNA estrogenového responsivního elementu s proteinem estrogenovým receptorem při ozařování

Viktorie Štísová¹, Stephane Goffinont², Melanie Spotheim-Maurizot², Marie Davidková¹

¹ Oddělení dozimetrie záření, ÚJF AV ČR, Na Truhlářce 39/64, Praha 8, 180 86, ČR

² Centre de Biophysique Moléculaire CNRS, rue Charles Sadron, Orleans cedex 2, 45100, Francie

davidkova@ujf.cas.cz

Protein estrogenový receptor (ER) je transkripční faktor regulující expresi genů, který je aktivován ženskými pohlavními hormony, estrogeny. Signál estrogenů je přenášen prostřednictvím jejich vazby na estrogenový receptor následované vazbou ER na specifickou sekvenci bází DNA zvanou estrogenový responsivní element (ERE). Estrogeny jsou rizikovým faktorem v rozvoji různých nádorů. Jednou z široce užívaných možností léčby je hormonální terapie. Její princip spočívá v blokování přenosu signálu estrogenů jejich kompetitivními inhibitory, antiestrogeny. Výhody konkomitantní aplikace hormonální terapie a radioterapie jsou aktuálně studovány.

Cílem našeho zájmu je vliv ionizujícího záření na účinnost hormonů na molekulární úrovni. Byla realizována studie *in vitro* zaměřená na stanovení

radiosensitivity komplexu proteinu ER α s fragmentem DNA nesoucím ERE. Zvláštní pozornost byla věnována vlivu antiestrogenu tamoxifenu, používaného v léčbě rakoviny prsu, na stabilitu studovaného komplexu při ozařování. Bylo zjištěno, že komplex DNA s proteinem je ozářením gama zářením ve vodném prostředí za přítomnosti kyslíku destabilizován. Analýza poklesu vazebné kapacity proteinu a DNA ukazuje, že důvodem snížené schopnosti interakce biomolekul je především poškození proteinu. Destabilizace proteinu je snížena v přítomnosti tamoxifenu. Mechanismus, který je příčinou tohoto fenoménu se zřejmě týká strukturních změn vazebné domény estrogenového receptoru, které ovlivňují specifickou interakci proteinu s DNA.

Free release measurement facility Ignalina NPP — PART II

Petr Okruhlica, Lukáš Džbánek, Stanislav Kočvara

VF, a.s., nám. Míru 50, Černá Hora, 679 21, ČR

petr.okruhlica@vf.cz

V roce 2007 konsorcium českých firem pod vedením firmy VF zahájilo stavbu zařízení pro uvolňování odpadů do životního prostředí na lokalitě litevské jaderné elektrárny Ignalina. V Ignalině byli v provozu 2 reaktorové bloky RBMK o výkonu 1500 MWt černobylského typu a třetí, rozestavěný blok nebyl po černobylské havárii dokončen.

Po vstupu Litvy do Evropské unie bylo rozhodnuto o odstavení těchto jaderných bloků a následně o jejich dekomisi.

V první přednášce na DRO 2007 jsme vás informovali o zahájení výstavby, o výběru koncepce uvolňování, systému měření a o teoretických přípravných pracích, Monte-Carlo simulačních výpočtech, které byly vykonány při konstrukci zařízení použitých pro uvolňování.

Pro uvolňování byla zvolena koncepce postavení samostatně stojící nové budovy vybavené příjmovými, průběžnými a výdejními skladovacími prostory, měřicím vybavením a monitorovacím systémem. Tento nový celek byl nazván „Free Release Measurement Facility“.

Z hlediska vlastního uvolňování byla zvolena koncepce tří měřících systémů a jednotného informačního systému pro sledování tzv. „Material package“. Tento „materiálový soubor“ je sledován od jeho vzniku uložením do kontejneru nebo sudu, je charakterizován svými vlastnostmi a jednoznačně označen, je zaznamenán jeho průchod přes FRMF a výsledky měření včetně rozhodnutí o jeho případném uvolnění.

Byly stanoveny tři typy „materiálových souborů“. Prvním je speciální na míru vyrobená ocelová zakrytá paleta s nosností maximálně 1000 kg. Druhým je standardní 200 litrový sud s maximální hmotností 400 kg. A konečně posledním typem jsou nestandardní velké předměty umístěné ve standardním ISO kontejneru.

Jako hlavní systém pro uvolňování je zvoleno zařízení VF „Free release monitor FRM-02B“. Hlavním argumentem pro výběr tohoto systému je jeho předpokládaná velká „průchodnost“ odpadu přes tento systém.

Jedná se o automatickou olovem stíněnou komoru vybavenou 32 plastickými scintilačními detektory a dvěma automatickými vozíky určenými pro měření odpadu v paletách o hmotnosti 1000 kg nebo sudech o hmotnosti 400 kg. Pro charakterizaci odpadu byla objednatel zvolena metoda radionuklidového vektoru

Jako druhý systém byl vybráno spektrometrické měření odpadů v sudech pomocí 3 polovodičových HPGe detektorů. A konečně poslední systém určený pro měření velkých nestandardních předmětů v ISO kontejnerech je aplikovaná standardní in-situ polovodičová spektrometrie doplněná pro potřeby uvolňování.

Během výstavby FRMF byl projekt konzultován a schvalován se zástupci objednatele — Ignalinské JE. A samozřejmě i se zástupci litevských státních dozorných orgánů. Nejvýznamnější roli měl „Radiation protection centre“ RPC. Oproti původním předpokladům, kdy celý objekt FRMF měl být volně dostupný, došlo k diskusi o nutnosti zavedení sledovaného či kontrolovaného pásma KP.

I když z požadavků litevské legislativy ani z námi provedených optimalizačních výpočtů nevyplývala nutnost zavedení KP, RPC rozhodl, že části objektu, v kterých dochází k manipulaci s potenciálně radioaktivním (nezměřeným) odpadem musí být začleněny do KP. Toto rozhodnutí vyvolalo úpravy projektu a rovněž další doplňující vybavení radiační kontroly na hranicích KP.

V této chvíli je již celý objekt FRMF včetně vybavení a příslušenství hotov, a jeho budoucí provozovatel — Ignalinská JE — ve spolupráci s VF připravuje jeho uvedení do provozu.

ZPS CR systémů

Tomáš Pokorný^{1, 2}

¹ Radiodiagnostické oddělení Bory, FN Plzeň, E. Beneše 13, Plzeň, 30599, ČR

² Radiodiagnostická klinika Lochotín, FN Plzeň, Alej Svobody 80, Plzeň, 30460, ČR

ok1tep@seznam.cz

S nástupem CR systémů do radiologické praxe dochází v souvislosti se změnou principu záznamu a získávání obrazu i ke změnám v hodnocených parametrech při zkouškách provozní stálosti. Jsou to především vlastnosti samotné záznamové folie, ale i čtecího procesu (procesu zpracování obrazu). Nově přibývá proces mazání folií.

Na našich pracovištích používáme digitizéry firmy Agfa. Proto se omezíme na popis systému zabezpečování kvality u CR systémů právě této firmy.

Proces zajištění kvality je zde řešen sofistikovaným systémem, jehož srdcem je fantom obsahující mnoho prvků pro posouzení parametrů CR systému a souvisejících zařízení. Vyhodnocení je prováděno pomocí speciální sw aplikace nainstalované na pracovní stanici. Kompletní testovací série Acceptance Procedure (ATP) obsahuje 7 testovacích čtení folie:

- PHQC (PHantom exposure for Quality Control) — snímek fantomu
- FFQC (Flat Field for Quality Control) — prostý snímek pole bez fantomu
- FFER (Flat Field ERased) — obraz po smazání (bez expozice)
- PHAP (PHantom high dose exposure Acceptance Procedure) — vysoká exp. dávka
- FFPH (Flat Field after PHantom exposure) — pole po expozici fantomu testem PHAP
- FFPI (Flat Field for Plate Inventory) — snímek pole pro kontrolu souboru folií
- TCTA (Tube Centering TArget) — snímek štítku indikátoru světelného pole

Pro pravidelnou (měsíční) rutinní kontrolu Periodic Quality Control (PQC) však postačí pouze dvě z nich. Jsou to expozice PHQC a FFQC. Komplexní test ATP pak sleduje ještě temnotní šum (test FFER); efektivitu mazání (testy PHAP a FFPH) a přesnost kolimace (test TCTA). Při kontrole folií

(test FFPI) se zjišťuje citlivost, homogenita a přítomnost artefaktů u každé používané folie a dále se zjišťuje zejména odchylka hodnot citlivosti od průměru stanoveného z celého souboru folií. Objektivita vizuálních testů je zajištěna ověřením parametrů monitoru pracovní stanice pomocí testovacího obrazce TG18-QC.

Souprava obsahuje zkušební fantom, polohovací desku, štítek indikátoru světelného pole a modul filtrů s 21 mm Al filtrem, dvěma kruhovými Pb clonkami a 9 mm Al HVL filtrem. Zkušební fantom je (kromě výřezů a značek pro polohování a jedinečných identifikačních a kalibračních údajů) složen z těchto prvků:

- Klín se sedmi stupni vyrobený z Hafnia
- Měděný štítek
- Štítky hran pro určení MTF vyrobené z wolframu
- Horizontální a vertikální pravítko tvořené přesnými CNC otvory ve wolframové vrstvě
- Štěrby testu kolísání laserového svazku
- Čtverec pro určení velikosti obrazového bodu tvořený 4 otvory

Základní kontrola kvality CR systému (homogenita a kontrola citlivosti) je samozřejmě možná i bez systému AUTO QC². Postačí nám Cu filtr o tloušťce 1,5 mm. Kazetu s pamětovou folií naexponujeme dvěma navzájem pro eliminaci efektu paty o 180° otočenými expozicemi s K_i 10 μ Gy při anodovém napětí 75 kV. Vlastní měření homogenity (a citlivosti) provedeme na pracovní stanici vlastního CR digitizéru pomocí 5 měření v konfiguraci střed snímku + 4 středy kvadrantů. Pro zpracování folie použijeme předvolbu „Flat Field”. Rozdíly hodnot SAL (Scanned Average Level) při kontrole homogenity by měly být v rozmezí ± 10 %. Průměrná hodnota SAL by se od předchozích měření neměla znatelně odlišovat.

Validace a verifikace zkušebních postupů při zabezpečování kvality ve zkušební laboratoři

Milan Buňata

SÚRO, Bartoškova 28, Praha 4, 140 00, ČR

milan.bunata@suro.cz

Validace je potvrzení, prostřednictvím poskytnutí objektivních důkazů, že požadavky na specifické zamýšlené použití nebo na specifickou aplikaci byly splněny.

Validace zkušebního postupu je proces ověření, že postup je vhodný pro daný účel tzn., že je vhodný pro řešení daného analytického problému.

Zkušební postupy, jejichž základem jsou:

- normy (české i zahraniční),
- dokumenty státních orgánů (zákony, vyhlášky, nařízení vlády, předpisy ministerstev, dokumenty SÚJB),
- normativní dokumenty (oborové předpisy, dokumenty oborových profesních organizací apod.)

jsou považovány za validované, jsou-li používány přímo a bez úprav.

Zkušební postupy, jejichž základem jsou upravené:

- normy,
- dokumenty státních orgánů,
- normativní dokumenty

jsou považovány za validované, je-li pracovištěm, které úpravy provedlo, zpracován a předložen vali-

dační protokol a ten následně posouzen a schválen uznávanou autoritou.

Zkušební postupy, jejichž základem jsou:

- výsledky činnosti odborných pracovišť (výzkumné ústavy, vysoké školy, významná zkušební pracoviště),
- vlastní metody, metody vyvinuté ve zkušební laboratoři (např. v rámci výzkumného úkolu)

jsou považovány za validované, je-li pracovištěm, které metodu vyvinulo, zpracován a předložen validační protokol a ten následně posouzen a schválen uznávanou autoritou.

Vyžadují-li to okolnosti (např. akreditace) a zkušební postup není validovaný, musí zpracovat a předložit k posouzení a schválení validační protokol pracoviště, které tento zkušební postup používá (akreditovaná zkušební laboratoř).

Verifikace je potvrzení zkoumáním a poskytnutím objektivního důkazu, že specifikované požadavky byly splněny.

Verifikaci podléhají všechny zkušební postupy, které zkušební pracoviště používá a prezentuje jejich výsledky.

Alpha spectrometry and secondary ion mass spectrometry of thorium

Jana Strišovská, Jozef Kuruc, Dušan Galanda,
Ľubomír Mátel, Dušan Velič, Monika Aranyosiová

Univerzita Komenského v Bratislave, Prírodovedecká fakulta, Katedra jadrovej chémie,
Mlynská dolina CH-1, Bratislava, 842 15, SR

strisovska@azet.sk

Nowadays the research and the development of utilization of thorium as nuclear fuel for the nuclear reactor have continued. Thorium is potentially worth energy source because it occurs three to four times more than uranium in the earth's crust and is situated in many countries. The application of thorium fuel cycle requires a development of new analytical methods for determination of thorium. The mass spectrometric methods are very sensitive and allow a determination of radionuclides with long half-life. Secondary ion mass spectrometry (SIMS) belongs between these methods, which is used for analysis of chemical composition of surfaces of different materials. The main objective of thesis was preparing sample with the thorium content on the steel discs by method electrodeposition to the determination of natural thorium isotope. Thorium was determined by alpha spectrometry and secondary ion mass spectrometry. The results from both methods were used for finding of correlation between them.

Preparation of discs with electrodeposited thorium was performed by methodology from Galanda D. and Eichrom Industries, Ltd. Samples with thorium isotopes were prepared by electrodeposition of solution $\text{Th}(\text{NO}_3)_4 \cdot 12\text{H}_2\text{O}$ on high-polished stainless steel discs in the electrodeposition cell by solutions Na_2SO_4 , NaHSO_4 , KOH and $(\text{NH}_4)_2(\text{C}_2\text{O}_4)$ and by electric current 0.75 A. Discs were counted by low-level alpha spectrometer (Ortec[®] Dual Alpha Spectrometer 576 A-919). After alpha spectrometry discs were measu-

red by TOF-SIMS IV (ION TOF GmbH, Germany) at the International Laser Center in Bratislava.

The alpha spectrometry was used for the measuring of activity in the prepared thorium sample. The weights and surface's weights were calculated from the activity of ^{232}Th . We plotted the dependence of thorium weight in deposited cell on activity and the dependence of activity A of ^{232}Th on surface's weights m_p , which was calculated on the basis of measured average of gasket ($d = 1.60$ cm). From acquired results we can certify that the electrodeposition, which was performed by the initiated working conditions, wasn't effective method for the preparation of sample with content of ^{232}Th . The SIMS analysis provided the mass spectrum of individual discs in which we identified ion intensities measured in positive polarity: $^{232}\text{Th}^+$, ThO^+ , ThOH^+ , ThO_2H^+ and in negative polarity: ThO_2^- , ThO_3H^- , ThH_3O_3^- . We used the surface's weights acquired from alpha spectrometry and the intensities of ions from SIMS method for acquisition of the linear correlations, for example the correlation coefficient of the dependence of standard intensity of ions of Th^+ on surface's weights m_p of electroplated thorium was $R^2 = 0.7534$. The deviation of linearity were caused thereby that thorium is bound in another forms. This fact decreased the electrodeposition efficiency.

Supports by Slovak Research and Development Agency under APVV-20-007105, APVT-20-029804 and by Scientific Grant Agency of Ministry of Education of the Slovak Republic under VEGA project 1/2447/05 and 1/3577/06 are gratefully acknowledged.

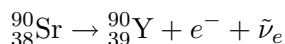
Determination of Sr-90 in contaminated water by liquid scintillation spektrometry

Jarmila Ometáková, Silvia Dulanská

Univerzita Komenského v Bratislave, Prírodovedecká fakulta, Katedra jadrovej chémie,
Mlynská dolina CH-1, Bratislava, 842 15, SR

jarka.ometakova@gmail.com

^{90}Sr is a product of uranium fission. It decays by beta particle emission where the particle energy is 0.546 MeV. It is a pure beta emitter. Its half-life is 28.1 year. It is included into a group of very radioactive radionuclides. A scheme of ^{90}Sr transmutation is:



The aim of the thesis was a comparison of selected products from the point of view of the amount of strontium yields, time needed and possibility of multiple use of sorbents. Three commercial products: 3MTM EmporeTM Stroncium Rad Disk, AnaLig[®], Sr-Resin and two classical methods: liquid-liquid extraction with tributylphosphate and carbonate coprecipitation (to eliminate interferents) were used for separation of ^{90}Sr .

The model sample was used in radiochemical analysis to check multiple use of 3M EmporeTM Stroncium Rad Disk and AnaLig[®]. The model sample was also used to optimize conditions of strontium separation. The results were used for ^{90}Sr determination from a sample of permeating groundwater from a supervised zone of the Nuclear Power Plant of JE Jaslovské Bohunice. A radiochemical strontium yield was traced by using radionuclide ^{85}Sr . A radiochemical yield was measured by HPGe detector by 514 keV. A volume activity of ^{90}Sr was measured via daughter's product ^{90}Y . This ^{90}Y was measured by liquid scintillation spectrometry (LSC) (Packard Tricarb 2900 TR with a programme of Quanta Smart).

It was found out that a complexing agent Na4EDTA and chelaton-3 (0.025–0.05 mol·dm⁻³) are both suitable for elution of ^{90}Sr .

Possibility of multiple use of 3M EmporeTM Stroncium Rad Disk and AnaLig[®] was verified on model samples. Multiple use of both sorbents 3M EmporeTM Stroncium Rad Disk and AnaLig[®] was confirmed and a radiochemical yield did not fall below 87% even after the 8th separation. A possibility of multiple use of 3M EmporeTM Stroncium Rad Disk has a positive effect to a cost.

The five methods were used for determination ^{90}Sr in permeating groundwater from the supervised zone of the Nuclear Power Plant of JE Jaslovské Bohunice. The highest radiochemical yield was achieved by using AnaLig[®] (60–100 mesh) 99.23%. Average radiochemical yields of individual methods dropped as follows: AnaLig[®] (grain 230–425 mesh) 97.47%, 3M EmporeTM Sr Rad Disk 96.26%, sorbent Sr-Resin 89.06%, liquid-liquid extraction with TBP 86.75%. The lowest average radiochemical yield was achieved by carbonate precipitation, 53.96%.

Two variants of AnaLig[®] (60–100 mesh and 230–425 mesh) of different graininess were compared on the basis of radiochemical yield of ^{85}Sr from a real sample of permeating groundwater from the supervised zone of the Nuclear Power Plant of JE Jaslovské Bohunice.

We have found out that ^{90}Sr separation with sorbents AnaLig[®] Sr-01, 3MTM Empore Sr Rad Disk is as effective as with sorbent Sr-Resin in matrices of contaminated water.

Supports by Slovak Research and Development Agency under APVV-20-007105.

Měření aktivačních spekter pomocí HPGe detektoru

Lenka Trnková¹, Radim Kříž², Jan Dressler², Zdeněk Kopecký²

¹ ČVUT FJFI KDAIZ, Břehová 7, Praha 1, 115 19, ČR

² VF, a.s., nám. Míru 50, Černá Hora, 679 21, ČR

lenka.trnkova@fjfi.cvut.cz

Ve spolupráci s VF a.s., byla provedena řada měření aktivačních spekter lupku. Tento materiál je hojně využíván v keramické výrobě. Kvalita lupku je závislá na obsahu hliníku, respektive Al_2O_3 a dalších mnohdy nežádoucích příměsích prvků, jako jsou Cu a Fe. Právě měření promptního záření gama by mohlo být vhodnou metodou pro stanovování obsahu prvků ve vzorcích lupku.

Účelem provedených měření bylo zjištění možností kvalitativní analýzy, při použití této metody a porovnání naměřených výsledků pomocí HPGe detektoru se spektry získanými měřením s NaI(Tl) detektorem.

Měření polovodičovým HPGe detektorem proběhla v březnu 2009 v laboratoři KDAIZ FJFI v Praze Dejvicích. Jako detekční jednotka byl použit HPGe detektor o relativní účinnosti 32 % a rozlišení 1,89 keV pro energii 1,33 MeV. Pomocí zesílení byla oblast měřených energií rozšířena do téměř 10 MeV.

Jako primární zdroj neutronů byl použit zdroj ^{252}Cf ($T_{1/2}=2,645$ y). Deklarovaná aktivita zářiče je $2,4\text{E}+10$ Bq k 3.2.1988 a emise neutronů $2,02\text{E}+9$ s⁻¹. V době měření byla emise neutronů cca $8\text{E}+6$ s⁻¹. Zářič je ve formě oxidu v pouzdře z nerezavějící oceli. Zdroj je umístěn v robustním polyethylenovém stínění. Manipulace je zajištěna manipulátorem ovládaným z vedlejší místnosti a kontrolovaným kamerovým systémem.

Všechny vzorky byly měřeny ve stejné geometrii. Zdroj byl umístěn za olověnou cihlou, ve výšce 7,5 cm nad deskou stolu a přibližně 10 cm od měřeného vzorku. Olovo sloužilo k odstínění záření gama

ze zdroje. Měřený vzorek byl obklopen polyethylenovými cihlami. Detektor byl umístěn za vzorek a ještě jednu vrstvu polyethylenu s borem. Hlavními měřenými vzorky byly SiO_2 , Al_2O_3 , TiO_2 a Fe_2O_3 a dva vzorky lupku. Všechny vzorky byly měřeny v plastových kanystrech o objemu 10 l.

V porovnání s naměřenými spektry pomocí NaI(Tl) detektoru jsou ve spektrech naměřených HPGe detektorem dobře patrné všechny píky. Díky lepší rozlišovací schopnosti nedochází k splnutí – překrývání více píků s blízkou energií. Bohužel, ale tato výhoda je zastíněna množstvím nevýhod polovodičového detektoru vyplývajících z této aplikace. Měření je doprovázeno poměrně velkou mrtvou dobou. Aby bylo dosaženo uspokojivé plochy píků s přijatelnou chybou, musí být voleny několikanásobně delší doby měření, než při použití scintilačního detektoru. Pro plánovanou aplikaci, ale bude zapotřebí velmi rychlých měření, což by při použití polovodičového detektoru mohl být velký problém. V neposlední řadě v neprospěch HPGe detektoru oproti scintilačnímu NaI(Tl) mluví pořizovací cena, která by pro polovodičový detektor s větší účinností byla podstatně vyšší.

Prezentované výsledky jsou součástí řešení projektu v programu IMPULS, Název projektu: Výzkum a vývoj technologie pro analýzu hornin s využitím ionizujícího záření a moderních informačních technologií. Číslo projektu: FI-IM4/216. Tento projekt byl realizován za finanční podpory z prostředků státního rozpočtu prostřednictvím Ministerstva průmyslu a obchodu

Přenosná měřidla objemové aktivity aerosolů a prachu v uranovém průmyslu: otázky přesnosti měření a ověření

Tomáš Soukup

Inspektorát pro ionizující záření, Český metrologický institut, Radiová 1, Praha 10, 102 00, ČR
tsoukup@cmi.cz

Měřidla objemové aktivity aerosolů a prachu jsou v uranovém průmyslu významným indikátorem správné činnosti technologie v povrchových úpravách, a jejich údaje jsou důležité z hlediska ochrany zdraví a pracovního prostředí v podzemí. V této práci se soustředím na přenosné přístroje, kterými se kontroluje objemová aktivity dlouhodobých nuklidů s emisí alfa částic. Tím pojmem se míní nuklidy, které nevznikají přeměnou radonu a mohou být identifikovány detektorem alfa.

Tato měřidla jsou nespektrometrická, proto nelze určit nuklidové složení vzorku, měření probíhá na vzduchu a zdrojem jsou částice na povrchu prachu s velmi proměnlivou distribucí rozměru. Měřidla se skládají obvykle ze dvou nezávislých částí, odběrové zařízení sbírá na filtr částice ze vzduchu a měřidlo objemu stanoví množství prosáté vzdušiny. Filtr je bez další úpravy umístěn před detektor alfa částic, je stanovena odezva ve veličině četnosti impulsů. Aktivita filtru (a po přepočtu objemová aktivita vzdušiny) je stanovena násobením příslušnými konstantami, kde hlavně detekční účinnost je věcí úmluvy.

Pro kalibraci se předpokládá, že měřený vzorek je tvořen uranem v přírodní nuklidové směsi, a jeho produkty radioaktivní přeměny. Skutečné nuklidové složení směsi není příliš dobře známo (závisí na místě výskytu, jeho hydrogeologické minulosti, ale také na technologii zpracování vytěžené rudy) a rozhodně je není možné přenosnými měřidly stanovit. Vliv na výsledné spektrum má pochopitelně velikost čas-

tic (kvůli samoabsorpci) a konečně vlastnosti filtrů (absorpce ve filtru v závislosti na hloubce pronikání částic), pokud zanedbáme změny ve vzdálenosti filtru od detektoru při měření. Každý z uvedených vlivů (s nejistými parametry) má vliv na výsledné spektrum a tedy i na odezvu detektoru, pokud vezmeme v úvahu elektronickou diskriminaci malých impulsů od šumu nebo jiného rušení.

Kalibrace měřidel je zpravidla prováděna etalonem aktivity v provedení tenké vrstvy na nerezové destičce. Přesná simulace kontaminovaného filtru je velmi složitá, životnost takového etalonu by byla malá (nebezpečí sprašování materiálu při manipulaci), proto je tento postup přijímán jako konvenční, a ověřování měřidel probíhá stejnou cestou. Otázkou simulací je odhad přesnosti tohoto postupu a hlavně rozhodnutí, jestli lze ověřovat měřidlo použitím referenčního materiálu v provedení tenkého etalonu. K diskusi před nástěnkou zůstává otázka požadované přesnosti měření a ověřování z hlediska radiační ochrany.

Literatura:

- [1.] IEC 61172 (1992) Radiation Protection Instrumentation — Monitoring equipment — Radioactive aerosols in the environment
- [2.] ČSN IEC 1172 (35 6622) Přístroje radiační ochrany — Zařízení pro monitorování radioaktivních aerosolů v prostředí

Scintilační odezva tenkých filmů LuAG:Ce vyrobených metodou epitaxe z kapalně fáze

Petr Průša^{1, 2}, Jiří A. Mareš², Martin Nikl²,
Miroslav Kucera³, Karel Nitsch²

¹ ČVUT FJFI KDAIZ, Břehová 7, Praha 1, 115 19, ČR

² Fyzikální ústav, Akademie věd ČR, Cukrovarnická 10, Praha 6, 16200, ČR

³ Matematicko-fyzikální fakulta, Karlova Univerzita, Ke Karlovu 5, Praha 2, 121 16, ČR

petr.prusa@fjfi.cvut.cz

Tenké destičky monokrystalů LuAG : Ce ($\text{Lu}_3\text{Al}_5\text{O}_{12} : \text{Ce}$) a YAG : Ce ($\text{Y}_3\text{Al}_5\text{O}_{12} : \text{Ce}$) (tloušťek $\approx$ desítek μm) připravené řezáním a leštěním se v současné době používají ve 2-D radiografii s vysokým rozlišením v oblasti μm [1]. Vedle tohoto způsobu přípravy scintilátorů existuje i levnější alternativa jejich přípravy – epitaxe z kapalně fáze (Liquid phase epitaxy – LPE) [2]. Touto metodou byly připraveny tenké scintilační epitaxní vrstvy LuAG : Ce (tloušťky $\approx 2 - 20 \mu\text{m}$) na substrátech LuAG nebo YAG. Používanými tavidly byly kapalně roztoky $\text{PbO} - \text{B}_2\text{O}_3$ (PB) a $\text{PbO} - \text{B}_2\text{O}_3 - \text{BaF}_2$ (BBB) [3]. Jejich scintilační vlastnosti (odezva) byly měřeny na zařízení používajícím hybridního fotonásobiče (HPMT) [4], elektroniky standardu NIM a PC. Scintilace byla buzena částicemi alfa z radionuklidových zdrojů ^{241}Am , ^{239}Pu a ^{244}Cm . Cílem bylo určení a vyhodnocení základních vlastností tenkých scintilačních epitaxních vrstev LuAG : Ce, tzn. fotoelektronového výtěžku, jeho závislosti na časové konstantě zesilovače a energetického rozlišení, především v závislosti na použitém tavidle, případně i dalších parametrech.

Výsledky ukazují, že fotoelektronový výtěžek je vyšší u vzorků vypěstovaných z tavidla BBB, nejlepší z nich jen mírně zaostávají za LuAG : Ce krystaly připravenými Czochralského metodou. Epitaxní vrstvy vypěstované z tavidla PB mají rychlejší odezvu, avšak jejich fotoelektronový výtěžek je zhruba $4\times$ nižší. Tyto rozdíly jsou pravděpodobně způsobeny kontaminací epitaxních vrstev ionty Pb

a Pt. Kontaminace Pb pochází z tavidla samotného, zdrojem Pt je pak kelímek, ve kterém se růst vrstev provádí. Platina se totiž v tavidle PB rozpouští.

Tloušťka některých epitaxních vrstev je menší než dosah budících alfa částic. Vliv této skutečnosti na odezvu scintilační vrstvy a možnost měření výše zmíněných parametrů za této podmínky budou také diskutovány.

Literatura:

- [1.] J. Touš, M. Horvath, L. Pina, K. Blažek, and B. Sopko: High-resolution application of YAG : Ce and LuAG : Ce imaging detectors with a CCD X-ray camera, Nucl. Instrum. Methods Phys. Res. A 591, 264 (2008)
- [2.] J.M. Robertson, M.V. van Tol, J.P.H. Heynen, W.H. Smits and T. de Boer: Thin single crystalline phosphor layers grown by liquid phase epitaxy, Philips J. Res. 35 (1980), pp. 354–371
- [3.] M. Kučera, K. Nitsch, M. Kubová, N. Solovieva, M. Nikl, and J. A. Mareš: Ce-doped YAG and LuAG Epitaxial Films for Scintillation Detectors, IEEE Trans. Nucl. Sci. 55, 1201-1205 (2008)
- [4.] J.A. Mareš, and C. D'Ambrosio: Hybrid photomultipliers — their properties and application in scintillation studies, Opt. Mat. 30, 22 (2007)

Vlastnosti rentgenového zařízení s polykapilární fokusací a možnosti jeho použití

Tomáš Trojek, Zina Čemusová

ČVUT FJFI KDAIZ, Břehová 7, Praha 1, 115 19, ČR

tomas.trojek@fjfi.cvut.cz

Již více než sto let jsou konstruovány rentgenové trubice jako zdroje záření X. Ačkoli se rentgeny svými rozměry a konstrukcí mohou hodně lišit, princip vzniku záření X je vždy stejný. Urychlené elektrony jsou zpomalovány v terčíku rentgenky, kde se produkuje brzdné, a případně také charakteristické záření X. Malá účinnost přenosu energie z nabíjených částic na fotony vede k relativně nízkému toku emitovaného záření X. Jeho zesílení je možné zvýšením urychlovacího napětí a nebo proudu trubice, což je však limitováno konstrukcí rentgenu. Další nevýhodou je rychlý pokles toku částic s rostoucí vzdáleností od zdroje. V některých případech však lze tuto slabinu částečně eliminovat za pomoci rentgenové optiky, kdy se svazek záření X fokusuje do zvolené oblasti díky totálním odrazům.

Na katedře dozimetrie a aplikace ionizujícího záření (KDAIZ FJFI ČVUT v Praze) byl testován rentgen s polykapilární optikou. Jednalo se o rentgen s molybdenovou anodou provozovaný při maximálním napětí 50 kV a proudu 1 mA. S využitím polykapiláry byl svazek záření X zúžen do několika desítek mikrometrů v závislosti na vzdálenosti od zdroje. Kromě průměru svazku bylo dále studováno jeho spektrum a úhlová distribuce emitovaného záření.

Vzhledem k vysokým tokům záření X v blízkosti ohniska by rentgen s polykapilární fokusací našel uplatnění při analýze a testování materiálů nebo by mohl posloužit k lokálnímu ozařování vzorků. Na KDAIZ byla zkonstruována aparatura pro rentgenovou fluorescenční mikroanalýzu s možností skenování, ve které byl využit výše uvedený rentgen.

Výroba scintilačních materiálů v České Republice

Eva Makovcová

Divize technologie detektorů, ENVINET a.s., Modřínová 1094, Třebíč, 674 01, ČR

eva.makovcova@envinet.cz

Příspěvek je věnován výrobě scintilačních detektorů na území České republiky. Tento typ detektorů je široce využíván pro detekci ionizujícího záření, čímž přispívají k radiační ochraně osob i životního prostředí. Výhoda scintilačních detektorů spočívá v dobrých spektrometrických vlastnostech, rozměry a tvar scintilátoru mohou být libovolné, mají vysokou detekční účinnost a v neposlední řadě je to cenová dostupnost. Při vhodné volbě scintilátoru a uspořádání měřicí části je možné detekovat nejen záření alfa, beta nebo gama, ale také kombinace alfa a beta záření. ENVINET a.s. navazuje ve výrobě scintilačních materiálů a samotných scintilačních detektorů na dlouholetou tradici a kvalitu firmy Chemicals+Technology (Ing. Václav Mlíka). V České republice se jedná o jedinečnou výrobu. Vyrábíme

anorganické scintilátory na bázi jodidu sodného aktivovaného thaliem a sulfidu zinečnatého aktivovaného stříbrem a organický scintilátor, jehož hlavní složkou je (poly-)styren. Krystal v podobě ingotu je zpracováván v různých velikostech do pouzder, které uchovávají stálé vlastnosti scintilátoru. Takto upravené scintilátory je možné předávat dál ke zpracování nebo je naše firma využívá k výrobě detekčních sond. Plastické scintilátory jsou zpravidla opatřeny reflektorem a světlotěsným obalem. Takto opracované scintilátory je možné osadit fotonásobičem a dalšími elektronickými díly, vznikají tak detekční jednotky. Na našem posteru jsou schematicky popsány jednotlivé kroky výrobního procesu scintilačních materiálů od zpracování vstupních surovin až po kontrolu parametrů konečných produktů.

Výsledky mezilaboratorního porovnávání zkoušek v procesu akreditace laboratoří radiační kontroly okolí EDU a ETE

Marie Kaufmanová¹, Marek Kurfiřt²,
Jiří Pospíchal², Rostislav Striegler¹

¹ ČEZ, a.s., JE Dukovany, Dukovany, 675 50, ČR

² ČEZ, a.s., JE Temelín, Temelín, 373 05, ČR

rostislav.striegler@cez.cz

Laboratoře radiační kontroly okolí JE Dukovany a JE Temelín jsou zkušebními laboratořemi akreditovanými ČIA, o.p.s. v oblasti měření veličin v atomové a jaderné fyzice, měření vzorků médií vypouštěných z JE do okolí a měření vzorků životního prostředí v rozsahu uvedeném v Osvědčení o akreditaci — LRKO EDU pod číslem 1241.3, LRKO ETE pod číslem 1241.4. Účast v mezilaboratorním porovnávání je jedním z požadavků pro získání a udržení akreditace a je objektivním postupem pro zjišťování a ověřování spolehlivosti a důvěryhodnosti výsledků produkovaných zkušební laboratoří.

Obě laboratoře se pravidelně a úspěšně zúčastňují mezilaboratorního porovnávání zkoušek v oblasti radiologie — stanovení radioaktivních látek ve vodách a zemině, pořádaných ASLAB — Středisko pro posuzování způsobilosti laboratoří. Tato MPZ jsou připravována v souladu s požadavky vládního nařízení č.229/2007 Sb. a vyhlášky SÚJB 307/2002 v pl. znění. Dosažení úspěšných výsledků obou laboratoří v MPZ za období 2004–2009 je dokladováno získáním *Osvědčení o účasti v mezilaboratorním porovnávání zkoušek* v jednotlivých letech a slouží k monitorování práce laboratoře během platnosti Osvědčení o akreditaci.

Zvyšování efektivity léčby nádorových onemocnění pomocí 3D brachyterapie

Jaroslav Šolc¹, Vladimír Sochor¹, Martin Kačur¹, Jana Šmoldasová¹, Václav Spěváček²

¹ Český metrologický institut, Radiová 1, Praha 10, 102 00, ČR

² ČVUT FJFI KDAIZ, Břehová 7, Praha 1, 115 19, ČR

jsolc@cmi.cz

Příspěvek informuje o mezinárodním výzkumném projektu „Zvyšování efektivity léčby nádorových onemocnění pomocí 3D brachyterapie“. Jedná se o tříletý projekt podporovaný Evropskou unií a řešený ve spolupráci s národními metrologickými instituty v Evropské unii, jehož cílem je zlepšit měření a standardizaci dávky ve vodě od brachyterapeutických (BT) zářičů. Krátce jsou popsány jednotlivé části projektu a detailněji jsou rozebírány úkoly a již dosažené výsledky Českého metrologického institutu v rámci tohoto projektu: měření prostorové distribuce dávky ve vodě v okolí BT zářičů pomocí radiochromních gelových dozimetrů. Vyhodnocení odezvy dozimetrů je prováděno metodou optické výpočetní tomografie (CT). Popsána je konstrukce

optického CT skeneru a jeho základní vlastnosti, jako linearita odezvy a citlivost CCD kamery a vliv typu zdroje světla použitého na prosvětlení a pro vyhodnocení odezvy ozářeného dozimetru. Dále je uvedeno vylepšené složení radiochromního gelového dozimetru na bázi Turnbullovy modře a jeho základní dozimetrické charakteristiky. Monte Carlo výpočty provedené pro nejběžnější BT zářič ¹⁹²Ir prokázaly, že rozdíl mezi dávkou v gelovém dozimetru a dávkou ve standardním vodním fantomu o rozměrech 30x30x30 cm³ je zanedbatelný a gel je tedy dozimetr i vodní fantom zároveň. Výsledky ukazují, že radiochromní gelové dozimetry jsou vhodné pro stanovení 3D distribucí dávky ve vodě od BT zářičů.

Požadavky lékařského ozáření dané vyhláškou č. 307/2002 Sb. při kontrolní činnosti SÚJB na radiodiagnostických pracovištích

Marie Mikušová

Oddělení evidencí a hodnocení vlastností, SÚJB, Senovážné nám. 9, Praha 1, 110 00, ČR

marie.mikusova@sujb.cz

Požadavky lékařského ozáření (LO) jsou stanoveny vyhláškou č. 307/2002 Sb. ve znění pozdějších předpisů. Jejich uplatnění v praxi není vždy jednoznačné, protože některé požadavky jsou velmi obecné a nebo svým rozsahem spadají také do kompetence Ministerstva zdravotnictví.

Kontrolní činnost SÚJB v radiodiagnostice se v současné době zaměřuje na praktické řešení požadavků dané ustanoveními § 60 až § 67 vyhlášky č. 307/2002 Sb. a na jejich kontrolu.

Tato ustanovení se týkají požadavků:

1. zdůvodnění,
2. optimalizace,
3. klinický audit, standardy, hodnocení dávek,
4. požadavky na rtg zařízení (vybavení zařízením, poskytující informaci o ozáření, používání rtg bez AERC pouze v mimořádných případech), ochranné pomůcky,
5. radiologický fyzik,
6. vhodné rtg zařízení pro snímkování dětí, vyhledávací programy (mamografie) a vyšetření s vysokými dávkami (CT a intervenční radiologie),
7. osoby pomáhající při LO,
8. záznamy umožňující posouzení velikosti dávky,
9. kontrola jakosti (zkoušky přejímací, dlouhodobé stability a provozní stálosti).

Je nutné předeslat, že tyto požadavky jsou převzaté z evropského dokumentu EC Directive 97/43/Euratom a byly v celém rozsahu přijaty legislativou SÚJB. Je zřejmé, že požadavky jako zdůvodnění radiodiagnostických vyšetření, požadavek na provádění klinického auditu, na vypracování standardů a na spolupráci s radiologickým fyzikem jsou

jednoznačně v kompetenci Ministerstva zdravotnictví. SÚJB spolupracuje v těchto oblastech s MZ jednak na připomínkování připravovaných zákonů, překladem EC publikace „Indikační kritéria pro zobrazovací metody“ (Věstník MZ), připomínkováním Národních radiologických standardů — radiodiagnostika a Národních radiologických standardů — radiologická fyzika (NRS-RF).

Požadavky na rtg zařízení dané legislativou nejsou zcela jednoznačné a konkretizovat požadavky na ně jsou často tématem dlouhých diskusí SIS RDG a ES SÚRO. Otázka specifikace požadavků, zda jsou vhodné pro různé typy vyšetření či věkové kategorie pacientů jsou vyřešeny u mamografických rtg zařízení vydáním Věstníku MZ. Pro intervenční radiologii a CT nejsou vydané specifické požadavky, ale používané rtg přístroje jsou často obměňovány a nově nakupovány, protože se jedná o atraktivní typ vyšetření. Donedávna byly zcela opomíjeny požadavky na rtg zařízení používané pro snímkování dětí.

Optimalizace se uplatňuje především dodržováním diagnostických referenčních úrovní (DRÚ), místních DRÚ a sledováním parametrů ovlivňující dávku a to u snímkování dětí, v mamografii, při zavádění digitalizace obrazu a při intervenčních vyšetřeních.

Požadavky na stanovení dávek při rdg vyšetřeních jsou postupně řešeny na rdg odděleních v souladu s NRS-RF (pouze návrh) a ve spolupráci s radiologickými fyziky.

Úroveň kontroly jakosti rtg zařízení je dána kvalifikací držitelů povolení k hodnocení vlastností a ta je dána několika faktory: praktickými zkouškami v rámci zvláštní odborné způsobilosti osob pro hodnocení vlastností specifikované pro různé typy rtg zařízení, posuzováním metodik a protokolů při správním řízení, kontrolou těchto osob při jejich činnosti a pravidelnými semináři organizované SÚJB.

Radiační riziko – současný stav a možnosti informování zdravotnických pracovníků a pacientů

Václav Hušák^{1, 2}, Jaroslav Ptáček², Marko Fülöp³

¹ Klinika nukleární medicíny, FN Olomouc, I. P. Pavlova 6, Olomouc, 775 20, ČR

² Oddělení lékařské fyziky a radiační ochrany, FN Olomouc, I P..Pavlova 6, Olomouc, 775 20, ČR

³ Slovenská zdravotnícká univerzita, Bratislava, SR

vaclav.husak@quick.cz

Cíl: Na základě jasně formulované definice radiačního rizika a známých dalších metod jeho prezentace zhodnotit postupy, které by dovolily vysvětlit tento poměrně náročný pojem zdravotnickým pracovníkům a pacientům v radiologii, nukleární medicíně a dalších lékařských oborech.

Metoda: Podat přehled o současném stavu a formách vyjadřování radiačního rizika a možnostech jak ho vysvětlit. Důsledkem lékařské i profesní expozice jsou stochastické účinky, tj. hlavně výskyt zhoubných nádorů, v podstatně menší míře rovněž výskyt dědičných poruch (podle ICRP 103 z r. 2007 je riziko genetických účinků jen asi jedna šestina dosud uznávané hodnoty podle ICRP 60 z r. 1990; předpokládá se platnost teorie LNT). Radiační riziko fatálních zhoubných nádorů pro celou populaci je 5 % Sv⁻¹, tj. 0,05 na 1 Sv efektivní dávky bez ohledu na pohlaví a věk. Výše celoživotního rizika fatálního nádoru závisí na věku ozářené osoby a pohlaví, pro malé děti je až desetinásobkem hodnoty u starších osob. U děvčat a žen v mladším věku je vyšší než u chlapců a mužů. Jedná se o tzv. přídatné riziko k riziku úmrtí na spontánně se vyskytující fatální zhoubné nádory v populaci, které je 20–25 %. Lékaři a další zdravotničtí pracovníci se často setkávají s problémem jak dávku záření a z toho vyplývající radiační riziko vysvětlit pacientovi nebo jeho příbuzným (doprovázejícím osobám).

V odborné literatuře se uvádějí následující možnosti (některé jsou v ČR využívány):

1. porovnání s radiačním rizikem v důsledku jiného vyšetření, které pacient již podstoupil nebo které je mu známo

2. vyjádření na základě počtu snímků ekvivalentních násobku efektivní dávky z referenčního (např. rentgenového snímku plic PA) např. efektivní dávky z CT břicha 10 mSv lze přirovnat k dávce z 500 snímků plic PA; efektivní dávka při jednom snímku plic 0,02 mSv

3. porovnání efektivní dávky z vyšetření s roční efektivní dávkou z přírodního pozadí (v ČR 3,5 mSv)

4. uvedení doby potřebné pro dosažení roční dávky z přírodního pozadí (např. efektivní dávka při CT hlavy 2 mSv je rovna době 243 dní, při níž se dosáhne efektivní roční dávky z přírodního pozadí); veličina se nazývá BERT (zkratka z angl. background equivalent radiation time)

5. porovnání radiačního rizika s jinými riziky běžného života a životního prostředí a nemocí

Nelze stanovit kritéria pro volbu nejvhodnějšího způsobu komunikace zejména s pacienty. Především je třeba přihlídnout individuálně ke znalostem a inteligenci pacienta, schopnosti vnímat riziko a volit postup co nejméně komplikovaný a stručný.

Výsledky: Je obtížné zvážit, který ze způsobů je nejlepší, protože volba závisí na mnoha okolnostech. Jako nejvíce použitelné se ukazují metody 1) až 3), postup 4) se zdá méně názorný.

Závěry: Vysvětlování radiačního rizika v soulase s požadavky legislativy jsou nesnadným úkolem, k jehož uplatňování by mohly napomoci statě ve stávajících doporučeních SÚJB a jiných dokumentech příp. i nová doporučení SÚJB zaměřená spíše jen na tuto tematiku.

Problematika radiační ochrany rodinných příslušníků při léčbě malých dětí pomocí radiojodu ^{131}I

Dana Valachová¹, Jaroslav Zimák¹, Zuzana Pašková²,
Květuše Vošmiková¹, Petr Vlček¹

¹ Klinika nukleární medicíny a endokrinologie, FN Motol, V Úvalu 84, Praha 5, 150 06, ČR

² SÚJB, Senovážné nám. 9, Praha 1, 110 00, ČR

dana.valachova@fnmotol.cz

Podle vyhlášky č. 307/2002 Sb., ve znění pozdějších předpisů, platí pro dospělé rodinné příslušníky pečující o osoby po radioterapii pomocí ^{131}I odvozený limit 5 mSv/rok, pro děti v takové rodině zůstává nezměněný limit 1 mSv/rok. Při léčbě malých dětí je mnohdy potřebná přítomnost rodiče v průběhu celé hospitalizace. Vzhledem k tomu, že léčbu pomocí ^{131}I je možné v jednom roce opakovat, je vhodné, aby byl rodič, jehož dávka dosáhla během jeho pobytu na terapeutickém oddělení 1 mSv, vystřídán jiným rodinným příslušníkem. Není-li to možné a hrozí překročení limitu 5 mSv v jednom roce, je nutno tuto situaci hlásit SÚJB a konzultovat s ním další postup.

Na KNME jsou pomocí ^{131}I často léčeny děti pro karcinom štítné žlázy nebo neuroblastom. Z minulosti máme zkušenosti s dětmi staršími 4 let. V těchto případech matka, otec nebo jiný rodinný příslušník doprovázející léčené dítě byli v pracovní době umístěni ve zvláštní místnosti a mohli být ve spojení s dítětem pomocí televizního okruhu. Rodič k dítěti přicházel jen několikrát za den a noc trávil mimo prostory kliniky. Rodiče vždy byli poučeni o radiační ochraně a byli vybaveni operativními dozimetry a dalšími ochrannými pomůckami. Během pobytu na klinice nepřesáhla jejich efektivní dávka 1 mSv.

Jiná situace nastala v letošním roce, kdy byly na klinice léčené postupně dvě děti — tříleté a dvouleté. První pro karcinom štítné žlázy zaléčený roztokem Na^{131}I a druhé pro neuroblastom léčený pomocí ^{131}I -MIBG. Kvůli jejich velmi nízkému věku a nesamostatnosti musel být na pokoji s dítětem většinu času rodič a to i přes noc. V tom případě bylo uspořádání pokoje následovné: vzdálenost lůžek byla

1,7 m a před lůžkem dítěte byla umístěna olověná zástěna o tloušťce 3 cm. Rodičům byl pro blokování jejich štítné žlázy podáván od počátku pobytu na klinice kalii perchlorati s dávkováním 3x denně dvě 0,2 g tablety a dále jedna 50 μg tableta Eutyroxu denně. Rodiče měli k dispozici ochranné pomůcky a bylo-li to možné, měli se od naaplikovaného dítěte vzdalovat.

Během léčby jsme provedli některá dozimetrická měření — byla zapisována expozice rodičů, proměřena kontaminace jejich štítné žlázy a dále byl měřen dávkový příkon v 1 m od dítěte.

U staršího tříletého dítěte mohla matka většinu času zachovávat dostatečný odstup, dítě nevyžadovalo blízký kontakt s matkou. U matky byla naměřena úhrnná efektivní dávka za dobu pobytu na klinice 0,776 mSv.

Mladší dvouleté dítě bylo velice fixované na rodiče (zejména na otce), dítě vyžadovalo častěji chování v náruči, asistenci při jídle atd. I přes to byla úhrnná efektivní dávka matky, která s dítětem strávila celkem 6 dní, cca 1 mSv. Efektivní dávka otce, který byl s dítětem poslední tři dny hospitalizace, činila téměř 0,5 mSv.

Je nutno upozornit zejména lékaře jiných pracovišť, aby se v podobných případech hospitalizace malých dětí předem informovali o případných onemocněních štítné žlázy rodičů, aby mohli zvolit buď vhodnou blokádu jejich štítné žlázy, nebo aby doporučili vyloučení kontaktu rodiče s dítětem minimálně během jeho léčby na klinice.

V uvedených dvou případech bylo prokázáno, že při dodržení většiny zmíněných doporučení lze radiační riziko pro rodiče velmi malých dětí považovat za společensky únosné.

Přístupy k hodnocení rizika radiační zátěže při CT vyšetřeních

Helena Žáčková, Ladislav Tomášek

SÚRO, Bartoškova 28, Praha 4, 140 00, ČR

helenazackova@suro.cz

V současné době se v radiační ochraně věnuje pozornost významnému nárůstu kolektivní dávky z lékařského ozáření, jenž je důsledkem stále rostoucího počtu CT vyšetření a současně i velikosti radiační zátěže, která je s každým CT vyšetřením spojena: efektivní dávka při CT vyšetření určitého orgánu je mnohonásobně vyšší než při jeho rtg vyšetření konvenční metodou.

S nárůstem kolektivní dávky z lékařského ozáření je spojeno i zvyšování rizika indukce fatálních nádorů, které mají s tímto ozářením souvislost. Ty se však v ozářené populaci projeví pravděpodobně až v dlouhodobějším horizontu. Proto je potřeba této problematice věnovat soustavnou pozornost a provádět objektivní hodnocení individuální i kolektivní radiační zátěže pacientů, kteří CT vyšetření pod-

stupují. Při tomto hodnocení je potřeba mít stále na zřeteli specifický charakter lékařského ozáření, při němž je pacient současně nositelem přínosu i rizika spojeného s tímto ozářením.

V presentaci jsou uvedeny typické hodnoty dávek, které pacient obdrží při standardních CT vyšetřeních, a to včetně jejich vyjadřování a hodnocení. Jsou zde prezentovány a diskutovány přístupy k hodnocení individuálního rizika pacienta, včetně otázky možnosti sledování a hodnocení „celoživotní kumulované dávky“. Je uveden a diskutován nárůst počtu vyšetřovaných pacientů ve světě i v ČR, popsán přístup k interpretaci kolektivní dávky, která je s CT vyšetřeními spojena, a diskutován očekávaný nárůst indukovaných nádorů v populaci.

Stanovení maximální dávky na kůži pacientů v intervenční kardiologii

Lucie Súkupová^{1, 2}, Leoš Novák^{1, 2}, Petr Kala³

¹ Oddělení radiační ochrany v radiodiagnostice, SÚRO, Bartoškova 28, Praha 4, 140 00, ČR

² ČVUT FJFI KDAIZ, Břehová 7, Praha 1, 115 19, ČR

³ Interní kardiologická klinika, Fakultní nemocnice Brno, Jihlavská 20, Brno, 625 00, ČR

leos.novak@suro.cz

Dávky na kůži v intervenční kardiologii patří mezi jedny z nejvyšších v celé radiologii, v některých případech dochází k překročení prahu pro deterministické účinky na kůži. Z toho důvodu je třeba dávku na kůži při těchto vyšetřeních sledovat. Dávkovou distribuci na kůži je možné stanovit pomocí gafchromických filmů, což jsou dozimetrické filmy umožňující stanovit dávku až do několika desítek Gy. Tyto filmy se vloží pod pacienta před výkonem a ihned po výkonu je zřejmé, ve kterém místě obdržel pacient největší dávku na kůži. Pomocí vhodné kalibrace těchto filmů v klinických svazcích nebo v sekundární standardizační dozimetrické laboratoři ve svazcích RQR lze stanovit i hodnotu této dávky. Nevýhodou této metody je vysoká cena gafchromických filmů a dále, že i největší formát vyráběných filmů nemusí pokrýt celou ozářenou oblast. Druhou možností stanovení distribuce dávky na kůži je využití výpisů expozičních parametrů angiografického systému, na kterém jsou výkony prováděny. V těchto výpisech jsou zaznamenány jednotlivé projekce provedené při výkonu, napětí, filtrace, součin proudu a času a další hodnoty, z kterých je možné zrekonstru-

ovat dávkovou distribuci v jakémkoliv výpočetním programu, např. v MS Excel nebo MATLAB. Nevýhodou této metody je zejména její pracnost a skutečnost, že se dávková distribuce počítá z údajů uvedených systémem, které nejsou pro přesnou rekonstrukci úplné.

Porovnání dávkových distribucí a také maximálních dávek na kůži získaných z gafchromických filmů a z dávkových rekonstrukcí je obsahem tohoto příspěvku. Měření a rekonstrukce byly zatím provedeny pro 47 pacientů podstupujících koronarografii a perkutánní transluminální koronární angioplastiku ve FN BRNO. Pomocí obou metod byly zjištěny případy s maximální dávkou na kůži převyšující 2 Gy, což ukazuje, že monitorování dávek na kůži při intervenčních kardiologických výkonech je zdůvodněné a mělo by být pro složité zákroky prováděno rutinně pomocí radiochromických filmů nebo retrospektivně pro pacienty, kteří podstoupili složitý zákrok s vysokou hodnotou součinu kerry a plochy.

Tato studie je řešena v rámci veřejné zakázky ve výzkumu a vývoji SÚJB č. 4/2008 Radiační zátěž pacientů v intervenční radiologii.

Radiačná záťaž extremít a očných šošoviek zdravotníckych pracovníkov v intervenčnej rádiológii v SR

Denisa Nikodemová¹, Dominika Trošanová²

¹ Oddelenie radiačnej hygieny, SZU Bratislava, Limbová 12, Bratislava, 833 03, SR

² Fakulta zdravotníctva a sociálnej práce, Trnavská univerzita,
Univerzitné námestie 1, Trnava, 91843, SR

denisa.nikodemova@szu.sk

Za účelom objektivizácie radiačnej záťaže zdravotníckych pracovníkov v intervenčnej rádiológii, sa naše pracovisko zapojilo do riešenia EU projektu ORAMED v 7. rámcovom programe výskumných úloh v ochrane pred žiarením. Projekt je zameraný na vypracovanie jednotného medzinárodne akceptovaného postupu pre stanovenie dávok extremít a očných šošoviek pri vybraných intervenčných rádiologických postupoch.

Z veľkého množstva intervenčných postupov boli vybrané 3 kardiologické (CA+PTCA, RF ablácia, zavádzanie pacemakerov) a 5 cievnych vyšetrení (DSA PTA dolných končatín, DSA PTA karotíd, DSA PTA obličiek, embolizácie a ERCP). Meranie dávkových ekvivalentov s využitím TL dozimetrov sa uskutočnilo na troch ústredných srdcovocievnych pracoviskách v SR a umiestnenie dozimetrov ako aj záznam používaných parametrov bol realizovaný

podľa štandardného protokolu odsúhlaseného všetkými účastníkmi projektu.

V predloženom príspevku budú uvedené predbežné výsledky radiačnej záťaže očí a extremít v závislosti od aplikovaných hodnôt vzdušnej kerry, od polohy rádiológa voči zdroju žiarenia, od používania ochranných pomôcok (okuliare, zástera, golier), od umiestnenia röntgenky a od mnohých ďalších parametrov charakteristických pre dané vyšetrenia.

Skúsenosti získané z uvedenej štúdie budú podkladom pre zníženie neodôvodnených dávok zdravotníckych pracovníkov v intervenčnej rádiológii a pre ustanovenie národných referenčných úrovní sledovaných vyšetrovacích postupov.

Projekt ORAMED je financovaný z prostriedkov EC v rámci programu FP7 EURATOM — Radiačná ochrana 2008–2010.

Príspevok k národnému prehľadu dávok obyvateľstva z vybraných diagnostických vyšetrení v SR

**Denisa Nikodemová¹, Helena Cabáneková¹,
Karol Bohm², Dušan Šalát³**

¹ Radiačná hygiena, SZU Bratislava, Limbová 12, Bratislava, 833 03, SR

² Odbor ochrany zdravia pred žiarením, Úrad verejného zdravotníctva SR,
Trnavská ulica 52, P.O.BOX 45, Bratislava, 826 45, SR

³ Ústav Radiačnej Ochrany,s.r.o, Staničná 1062/24, Trenčín, 911 05, SR

denisa.nikodemova@szu.sk

Direktíva 97/43 EURATOM vyžaduje v článku 12, aby členské štáty určovali distribúciu dávok pre relevantné skupiny obyvateľstva. Veľké rozdiely v publikovaných údajoch o uvedenej distribúcii dávok z rôznych krajín EU sú dôsledkom variácií používaných rtg. zariadení v zvolenej kategórii diagnostických vyšetrení, v meraných veličinách pre stanovenie dávky a v limitovanej vzorke sledovaných pacientov, v dôsledku nedostatku finančných prostriedkov pre zber dát. Aj údaje zhromaždené pre určitý typ vyšetrenia vykazujú veľké nepresnosti vyplývajúce z rôznych zobrazovacích technológií a nedostatkov v štandardizácii protokolov meraní.

V minulom roku publikovaná Európska Direktíva No.154/2008 — Radiačná ochrana, „Stanovovanie populačných dávok z lekárskeho diagnostických vyšetrení“ pomohla aj na Slovensku špecifikovať diagnostické vyšetrovacie postupy a harmonizovať metodológiu pre zhromažďovanie reprezentatívnych podkladov pre stanovenie distribúcie efektívnych dávok a ročných frekvencií vybraných vyšetrovacích postupov, v spoločnom úsilí zainteresovaných profesionálnych pracovísk reprezentujúcich verejné zdravotníctvo a radiačnú ochranu, vytvoriť predpoklady pre automatizovaný zber dát pre objektivizáciu radiačnej záťaže.

Odhad celkové efektivní dávky pacienta pro různá schémata použití verifikačních metod radioterapie

Vladimír Dufek^{1, 2}, Ivana Horáková¹, Leoš Novák¹,
Ondřej Konček³, Vít Richter⁴, Lenka Janečková⁴

¹ Odbor lékařských expozičních, SÚRO, Bartoškova 28, Praha 4, 140 00, ČR

² ČVUT FJFI KDAIZ, Břehová 7, Praha 1, 115 19, ČR

³ Fakultní nemocnice v Motole, V úvalu 84, Praha 5, 15006, ČR

⁴ Krajská nemocnice Liberec, Husova 10, Liberec, 46063, ČR

la.dufek@seznam.cz

Verifikační metody radioterapie pomocí kilovoltážního (kV) nebo megavoltážního (MV) zobrazení umožňují snížit nejistotu v poloze nádoru bezprostředně před ozářením a doručit do cílového objemu vyšší terapeutickou dávku. To zvyšuje pravděpodobnost kontroly nádoru (TCP), ale zároveň to vystavuje pacienta přídavné radiační zátěži. Tato radiační zátěž závisí na použité verifikační metodě a na schématu jejího použití v průběhu celého kurzu radioterapie. Na základě dotazníku bylo zjištěno, že tato schémata se mezi radioterapeutickými pracovišti významně liší.

Cílem práce je odhadnout celkové efektivní dávky pro klinicky používaná schémata použití následujících verifikačních metod: kV Cone-beam CT (CBCT) skenů, dvou ortogonálních kV snímků a dvou ortogonálních MV snímků. Efektivní dávky na jeden CBCT sken a na jeden pár kV snímků byly vypočteny z orgánových dávek změřených termoluminiscenčními dozimetry v antropomorfním Rando fantomu. Efektivní dávky na jeden pár MV snímků byly převzaty

z literatury. Efektivní dávky byly vypočteny dle doporučení ICRP 60 i dle doporučení ICRP 103.

Pro verifikaci oblasti pánve byly celkové efektivní dávky odhadnuty pro standardní frakcionaci 35 frakcí v sedmi týdnech. Při verifikaci pomocí kV CBCT skenů se celková efektivní dávka pohybovala od 35 do 120 mSv, v závislosti na konkrétních schématech použití a expozičních parametrech CBCT skenů. Při verifikaci dvěma ortogonálními kV snímky se celková efektivní dávka pohybovala v rozmezí od 2 do 14 mSv. Při použití dvou ortogonálních MV snímků pánve se pak celková efektivní dávka pro různá schémata MV snímků pohybovala od 22 do 28 mSv.

Výběr verifikačních metod, expozičních a dalších parametrů a schémat použití by se měl na daném pracovišti optimalizovat s uvážením jak přínosu pro léčbu, tak i radiační zátěže pacientů.

Vypracováno v rámci řešení veřejné zakázky ve výzkumu a vývoji č. 4/2009.

Zaťaženie pacienta pri verifikácii nastavenia pacienta pomocou EPID

**Mária Fríbertová, Gabriel Králik, Kristína Poláková,
Mária Filipová, Dalibor Lojko, Jozef Grežďo**

Oddelenie klinickej radiofyziky, Onkologický ústav sv. Alžbety,
Heydukova 10, Bratislava, 812 50, SR

mfribert@ousa.sk

Eskalácia vyšších dávok žiarenia do nádorového ložiska v okolí rizikových štruktúr vyžaduje čo najpresnejšie nastavenie predpísaných ožarovacích parametrov na pacientovi a ich verifikáciu. Jedným z dôležitých parametrov je čo najpresnejšie a reprodukovateľné geometrické nastavenie pacienta, verifikácia nastavenia pred ožiarením, počas ožarovania a po ožiarení. V súčasnej dobe sa pacienti nastavujú pomocou systému nastavovacích laserov a verifikácia nastavenia sa robí pomocou zabudovaného obrazového portálového systému (EPID) a portálovou

dozimetriou. Tento systém je veľmi užitočný, avšak pri jeho použití je potrebné počítať k vypočítanej klinicky aplikovanej dávke do ložiska i celého sledovaného objemu príspevok dávky potrebnej pre EPID, ktorá pri dennej aplikácii nie je zanedbateľná. Príspevok sa zaoberá hodnotením aplikovanej dávky pri dennej verifikácii otvorenými poliami (napr. pri IMRT prostaty) ako i hodnotením aplikovanej dávky pre konformálne techniky s viacerými tvarovanými poliami.

Vliv chyb v nastavení pacienta na výslednou dávkovou distribuci během IMRT terapie

Matěj Navrátil^{1, 2}

¹ ČVUT FJFI KDAIZ, Břehová 7, Praha 1, 115 19, ČR

² Ústav radiační onkologie, Fankultní nemocnice Na Bulovce, Budínova 2, Praha 8, 180 81, ČR

matej.navratil@seznam.cz

IMRT ozařovací technika umožňuje použití strmých dávkových gradientů kolem cílového objemu. V důsledku toho je možné oproti 3D CRT navýšit dávku v cílovém objemu a zároveň lépe, či minimálně stejně chránit blízké kritické orgány. Z toho plyne vyšší šance na úplné uzdravení pacienta. Na druhou stranu vedou strmé dávkové gradienty v dávkové distribuci k velmi vysoké náročnosti na precizní nastavení pacienta při ozařování.

Tato práce se zabývá simulací vlivu malých chyb (v řádu jednotek mm) v nastavení pacienta na ozařovacím stole na výslednou dávkovou distribuci. Simulovány byly jak náhodné chyby, tak chyby systematické. V rámci simulace byly v plánovacím systému Eclipse provedeny posuny o 2 resp. 5 mm podél všech 3 os, v obou směrech.

Z výsledků těchto simulací plyne, že dávková distribuce v cílovém objemu zůstává prakticky nezměněna (změna ve střední dávce cca. 0,5 %) i při systematickém posunu o 5 mm libovolným směrem. Na druhou stranu pro kritické orgány hraje již malá systematická chyba významnou roli. Např. pro míchu je velmi nebezpečný laterální posun, kde chyba 2 mm může vést k nárůstu maximální dávky o cca. 3,5 Gy, což může vést až k velmi závažné újmě na zdraví pacienta. Vliv náhodných chyb na cílový objem i kritické orgány je prakticky zanedbatelný.

Z uvedených údajů plyne, že je nutné všemi dostupnými prostředky zabránit systematické chybě v nastavení pacienta. Nejeftektivnější je v tomto použití IGRT technik, zejména je nutné během prvních léčebných frakcí.

Příspěvek k měření dávek doručených mimo cílový objem v klinickém protonovém a fotonovém svazku

Ján Kubančák¹, Alexander G. Molokanov²,
František Spurný¹, Vladimír Vondráček³

¹ Oddělení dozimetrie záření, ÚJF AV ČR, Na Truhlářce 39/64, Praha 8, 180 86, ČR

² Dželepova laboratoř jaderných problémů, Spojený ústav jaderných výzkumů, Joliot-Curie 6, Dubna, 141980, Ruská Federace

³ Ústav radiační onkologie, Fakultní nemocnice Na Bulovce, Budínova 2, Praha 8, 18081, ČR

kubancak@ujf.cas.cz

Účel práce: Radioterapie se již od svých počátků střetává s požadavkem dodání maximální dávky do cílového objemu a s požadavkem minimální zátěže okolních, zdravých tkání. Bohužel, i navzdory současnému technickému pokroku, není možné, aby jejich radiační zátěž a sní spojené riziko indukce sekundárních malignit byli nulové. Z těchto důvodů se proto tato práce zaměřuje právě na problematiku měření dávek mimo cílový objem.

Materiály a Metody: Jednotlivá ozáření byla provedena s použitím 660 MeV synchrocyklotronu instalovaného v medicínském komplexu Spojeného Ústavu Jaderných Výzkumů v Dubně. Jako detektory byli použity termoluminiscenční dozimetry na báze síranu vápenatého ($\text{CaSO}_4 : \text{Dy}$). Detektory byli umístěné v speciálním PMMA fantomu tak, aby jejich aktivní objem byl situován v požadované oblasti Braggovy hloubkové dávkové křivky.

Výsledky: Měření v Dubně ukázala, že dávky mimo cílový objem jsou, dle očekávání, relativně nižší pro protonový svazek, než pro svazek fotonový. Po analýze výsledků byla také nalezena kontaminace svazku sekundárními částicemi pocházejícími z kolimačně-moderačního systému. Na základě těchto výsledků byli proto provedeny změny, které vedly k zlepšení samotné kvality svazku.

Závěr: Práce nabízí další náhled na problematiku měření dávek mimo cílový objem. I když byla její šíře omezena pouze na specifické konfigurace klinických polí, může být užitečným nástrojem pro demonstraci výhod použití protonových svazků v radioterapii. Na závěr bych rád zdůraznil, že sehrála významnou úlohu v zabezpečení jakosti použitého svazku.

Výsledky externého dozimetrického auditu vysokoenergetických fotónových zväzkov na pracoviskách radiačnej onkológie v SR

**Dominika Trošanová¹, Denisa Nikodemová²,
Mária Fríbertová³**

¹ Fakulta zdravotníctva a sociálnej práce, Trnavská univerzita,
Univerzitné námestie 1, Trnava, 918 43, SR

² Oddelenie radiačnej hygieny, SZU Bratislava, Limbová 12, Bratislava, 833 03, SR

³ Oddelenie klinickej rádiofyzičky, Onkologický ústav sv. Alžbety,
Heydukova 10, Bratislava, 812 50, SR

dtrosanova@gmail.com

Významnou zložkou zabezpečenia kvality v rádioterapii je nezávislý audit kvality, ktorý spočíva v systematickej kontrole presnosti aplikovanej dávky do cieľového objemu nezávislou organizáciou. Nezávislý audit kvality dozimetrie sa realizuje ako tzv. *in situ* audit, alebo korešpondenčný TLD audit, ktorý spočíva v zaslaní dozimetrickej zostavy na dané rádioterapeutické pracovisko k ožiareniu. Následné vyhodnotenie výsledkov merania dozimetrickej zostavy podáva informáciu o presnosti aplikácie požadovanej dávky na danom pracovisku.

Pre kontrolu presnosti stanovenia absorbovanej dávky aplikovanej do cieľového objemu boli využité vlastnosti práškových termoluminiscenčných dozimetrom (v našom prípade lítium fluorid vyrábaný firmou Harshaw), ktoré sa vyhodnocovali prístrojom Harshaw 3500 a k stanoveniu dávky boli následne vypočítané všetky nevyhnutné korekčné faktory. Ka-

librácia TLD bola uskutočnená v kalibračnom streisku IAEA v laboratóriu v Seibersdorfe a na Onkologickom ústave sv. Alžbety v Bratislave.

Na základe skúseností získaných z auditu kvality dozimetrie na kobaltových ožarovačoch realizovaného v predošlých rokoch, sa tento príspevok zaoberá metodickou prípravou a analýzou výsledkov pilotnej štúdie nezávislého korešpondenčného auditu pre vysokoenergetické fotónové zväzky lineárnych urýchľovačov, uskutočnenej na 10-tich pracoviskách radiačnej onkológie v SR.

Domnievame sa, že uskutočnenie nezávislého auditu kvality okrem minimalizácie odchýlky medzi nameranou a stanovenou hodnotou absorbovanej dávky, odhalí fyzikálne príčiny prípadných odchýlok a tvorí základný predpoklad k zníženiu ožiarovania zdravého tkaniva.

Výsledky a zkušenosti z on-site auditů v radioterapii z let 1996–2008

Ivana Horáková, Irena Novotná, Helena Žáčková

Odbor lékařských expozic, SÚRO, Bartoškova 28, Praha 4, 140 00, ČR

ivana.horakova@suro.cz

Východiska a cíl: Státní ústav radiační ochrany provádí od roku 1996 pro potřeby SÚJB nezávislé prověrky (audity) radioterapeutických ozařovačů: radionuklidových ozařovačů, urychlovačů elektronů a od roku 2000 resp. 2001 také terapeutických rentgenů resp. zdrojů ionizujícího záření používaných v brachyterapii. Provádí se jednak on-site audit (měření na místě), jednak korespondenční TLD audit. Cílem této práce je prezentovat souhrnné výsledky a zkušenosti z on-site auditů radionuklidových ozařovačů a urychlovačů elektronů za období 1996–2008 a jejich dopad na klinickou praxi.

Materiál a metody: Metodika auditu se vyvíjí a doplňuje v důsledku rozvoje radioterapie, zejména v důsledku zavádění a používání nových technologií. Při základním auditu (prováděném od roku 1996 doposud) se kontrolují základní geometrické parametry a dozimetrické veličiny, zejména absorbovaná dávka v referenčním bodě měření ionizační komorou ve vodním fantomu. Hodnoty stanovené při auditu se porovnávají s hodnotami udávanými pracovištěm na základě výstupu z plánovacího systému. Od roku 2005 byl audit rozšířen o kontrolu vícelamelového kolimátoru a parametrů ozařovače souvisejících s technikou IMRT a přešlo se na nový protokol

pro stanovení dávky TRS 398 založený na kalibraci v dávce ve vodě.

Výsledky: Výsledky auditů jsou rozděleny do tří období: 1. 1996–2000, 2. 2001–2004, 3. 2005–2008. V příslušných grafech jsou uvedeny odchylky pro všechny ověřované parametry, pro všechny fotonové a elektronové svazky, spolu s tolerancí pro každý parametr. Výsledky z jednotlivých období jsou vzájemně srovnány a zdůvodněny. Jsou uvedeny nejzávažnější chyby odhalené při auditech, tedy po přejímání zkoušky, a důsledky z nich vyvozené.

Závěr: Audity napomohly ke sjednocení stanovení absorbované dávky v radioterapii a prokázaly dobrou úroveň fyzikálně-technického zázemí radioterapie v České republice v posledních letech. Odhalily některé závažné chyby, čímž se předešlo radiologickým událostem, tj. chybnému ozáření pacientů. Audity umožňují sdílení informací a zkušeností mezi profesionály a napomáhají státnímu dozoru radioterapeutických center. Audity tak mají své nezastupitelné místo v zajišťování systému jakosti v procesu radioterapie.

Vypracováno v rámci řešení veřejné zakázky ve výzkumu a vývoji č. 4/2009.

Riziko karcinogenních účinků v radiodiagnostice

Jiří Filip¹, Olga Bezděková²

¹ Klinika nukleární medicíny, Fakultní nemocnice Brno, Jihlavská 20, Brno, 625 00, ČR

² Oddělení lékařské radiační fyziky a hygieny, Fakultní nemocnice Ostrava,
17. listopadu 1790, Ostrava, 708 52, ČR

jiri.filip@fnbrno.cz

Cílem posteru je poukázat na rostoucí riziko karcinogenních účinků ionizujícího záření v důsledku lékařských expozic, zejména v radiodiagnostice. Jsou uvedeny fáze hodnocení zdravotního rizika (WHO 1992, 1998). Je ukázán význam koeficientů rizika karcinogenních účinků a jejich stanovení z přídatné četnosti těchto účinků. Jsou uvedeny hodnoty nominálních koeficientů rizika pro jednotlivé orgány a tkáně, vztažené k incidenci nádorů (podle ICRP 103). Dále pak odpovídající pravděpodobnosti fatálních nádorů. Je provedeno srovnání, jak se tyto hodnoty pro obyvatelstvo měnily od roku 1977 do současnosti. Se zdůrazněním posledních změn jsou porovnány i hodnoty tkáňových váhových faktorů v letech 1977, 1991, 2007.

V České republice zemře na zhoubné nádory z různých příčin za rok asi 28 000 lidí. Z tohoto počtu zemře v důsledku lékařského ozáření, především výkonů v rentgenové diagnostice a nukleární medicíně asi 715 lidí (podle ICRP 103), což činí více než 2,5 % z celkového počtu úmrtí na nádory. Pokud přihlídneme i k ozáření ze zdrojů přírodního pozadí, jemuž jsou lidé rovněž vystaveni, činí to již 2750 úmrtí za rok, tedy cca 9,8 %.

V závěru jsou uvedeny typické hodnoty efektivní dávky pro jednotlivé druhy vyšetření v rentgenové diagnostice a v nukleární medicíně a odpovídající riziko úmrtí na zhoubný nádor k počtu vyšetření daného typu. Pro lepší představu jsou také stanoveny odpovídající doby zátěže z přírodního pozadí, které by způsobily stejně velké riziko.

Literatura:

- [1.] Směrnice rady č. 97/43 EURATOM o ochraně zdraví jednotlivců před riziky z ionizujícího záření v souvislosti s lékařským ozářením
- [2.] ICRP (1977). Recommendations of the ICRP, ICRP Publication 26. Annals of the ICRP 1
- [3.] ICRP (1991). 1990 Recommendations of the ICRP, ICRP Publication 60. Annals of the ICRP 21
- [4.] ICRP, 2003c. Relative biological effectiveness (RBE), quality factor (Q), and radiation weighting factor (wR). ICRP Publication 92. Annals of the ICRP 33 (4)
- [5.] ICRP Publication 99 — International Commission on Radiological Protection, Low-dose Extrapolation of Radiation — related Cancer risk, 2006
- [6.] ICRP (2007). Recommendations of the ICRP, ICRP Publication 103. Annals of the ICRP 37 (2–3)
- [7.] UZIS 2008 — Zdravotnická ročenka České republiky 2007
- [8.] Hall E.J. and Brenner D.J.: Cancer risks from diagnostic radiology. Br. J. Radiol. 81:362–378(08)
- [9.] Kodl O. a kol.: Radiační ochrana při zubních radiodiagnostických vyšetřeních. Praha 2007

Stanovenie kermy vo vzduchu pri vybraných typoch konvenčných skiagrafických vyšetrení

Lukáš Zachar¹, Denisa Nikodemová²

¹ Fakulta biomedicínského inženýrství, ČVUT v Praze, Katedra přírodovědných oborů,
Náměstí Sítná 3105, Kladno, 272 01, ČR

² SZU Bratislava, Limbová 12, Bratislava, 833 03, SR

zachar.lukas@seznam.cz

Vonkajšie ožiarenie vytvára najvýznamnejšiu časť ožiarenia populácie z medicínskych zdrojov. Na celkovej efektívnej dávke obyvateľstva sa podieľa približne jednou polovicou. Predstavujú ho predovšetkým lekárske expozície. Dôležitou úlohou radiačnej ochrany je z toho dôvodu monitorovanie vonkajšieho ožiarenia, interpretácia meraných veličín na veličiny prilihavejšie charakterizujúce riziko a závažnosť ožiarenia a v konečnom dôsledku aj vyhodnocovanie vzhľadom k uplatňovaniu opatrení, ktoré ožiarenie odstraňujú, obmedzujú alebo regulujú. V rámci predloženej práce sme sa zamerali na stanovenie veličiny vstupná povrchová kerma (ESAK) pretože diagnostické referenčné úrovne (DRL) pre jednotlivé typy vyšetrení, sú v slovenskej legislatíve uvedené v tejto veličine. V našom príspevku prezentujeme výsledky zo 4 zdravotníckych zariadení zo súboru nami sledovaných rádiodiagnostických pracovísk v rámci Českej republiky a Slovenskej republiky. Získané údaje sa týkajú jednoduchých rádiografických vyšetrení pri expozičnom nastavení pre štandardného pacienta, ohniskovej vzdialenosti a napätovom rozsahu. Správnosť meraní zistených údajov sme preverili pomocou meraní veličiny vzdušná kerma (AK). Me-

rania sme v práci uskutočnili s použitím dvoch typov overených dozimetrických zariadení UNFORS Multi-O-meter a PEHAMED Alpha plus. Základným cieľom našej práce bolo navrhnúť metodiku odhadu veľkosti ožiarenia pacientov podrobujúcich sa skupine v súčasnej dobe najfrekvencovanejších skiagrafických vyšetrení a porovnať nami zhromaždené údaje s legislatívne prijatými hodnotami DRL. Týmto spôsobom sa nám podarilo zabezpečiť na sledovaných pracoviskách jednoduchý spôsob dokumentácie patientských dávok v prípade že absentuje možnosť priameho stanovenia vstupnej povrchovej dávky.

Výsledky prezentované v našej práci sú prínosom nielen pre samotné pracoviská na ktorých boli stanovené dopadové dávky žiarenia a určené závislosti veľkosti ožiarenia od parametrov rádiodiagnostického vyšetrenia pre účely záznamu patientských dávok. Sú aj príspevkom k zjednoteniu postupu na ďalších do prieskumu doposiaľ nezahrnutých rádiodiagnostických pracovísk, ktoré zatiaľ neuskutočnili optimalizačnú analýzu pre skupinu najfrekvencovanejších rádiografických vyšetrení.

Riziká zvýšenia patientských dávok pri nepriamej digitalizácii mamografických vyšetrení.

Ľubomíra Gbelcová, Martina Horváthová

Katedra laboratórnych vyšetrovacích metód a teoretických disciplín, Trnavská univerzita,
Univerzitné námestie 1, Trnava, 91843, SR

ubikag@gmail.com

V oblasti mamografie u nás aj vo svete dochádza k dynamickým zmenám v trendoch technológií mamografických prístrojov. Mnohé pracoviská prechádzajú na digitálnu mamografiu a je možné očakávať, že v priebehu niekoľkých rokov nahradí v praxi bežne používanú analógovú mamografiu. Nevýhodou digitálnej mamografie je okrem vysokej nadobúdacej ceny vlastného zariadenia aj vyššia radiačná záťaž ako pri analógovej mamografii. Z týchto dôvodov sa odporúča využitie digitálnej mamografie najmä v diagnostickej mamografii. Pozitívom digitálnych mamografií sú odbúranie chemického procesu spracovanie filmov, jednoduchá archivácia obrazových informácií, možnosť telerádiológie, postprocesingu, zvýšenie kvality obrazovej informácie (napr: obmedzenie artefaktov) a potenciálna možnosť zníženia dávky na pacienta.

Vďaka tomu, že v nami skúmanom súbore (10 mamografických pracovísk) prešlo jedno z mamografických pracovísk nepriamou digitalizáciou, naskytla sa nám príležitosť konfrontácie. Chceli sme využiť túto možnosť a porovnať zmeny, ktoré prináša v rámci radiačnej záťaže pacientky.

Z každého sledovaného pracoviska sme zaznamenali najmenej 50 pacientov ženského pohlavia podstupujúcich v danom čase preventívne mamografické vyšetrenie. Tento počet bol zvolený na základe odporúčaní IAEA.

Predmetom štúdie bolo aj porovnanie rozdielov v priemerných absorbovaných dávkach mliečnej žľazy u pacientok podstupujúcich mamografické vyšetrenie na digitalizovanom mamografickom pracovisku vo vzťahu k analógovému pracovisku.

Z realizovaných predbežných meraní môžeme konštatovať, že po nepriamej digitalizácii nastala zmena a priemerné absorbované dávky v mliečnej žľaze sú dvakrát vyššie ako boli predtým. Toto zistenie potvrdilo i nezávislé meranie na tomto pracovisku Ústavom radiačnej ochrany, ktoré vychádzalo zo sledovania expozičných parametrov v súbore 268 kranio-kaudálnych expozícií. Zvýšila sa aj nepresnosť merania závislosti mAs od hrúbky prsníka. V našom príspevku budú diskutované možnosti zníženia dávok v mliečnej žľaze optimalizáciou prostredníctvom úprav programu zabezpečenia kvality.

Porovnání výpočtů dávkové zátěže z CT při SPECT/CT vyšetřeních

Dana Valachová¹, Daniela Kotalová², Jaroslav Zimák¹, Pavel Solný³

¹ Klinika nukleární medicíny a endokrinologie, FN Motol, V Úvalu 84, Praha 5, 150 06, ČR

² Oddělení radiační ochrany, VFN v Praze, U nemocnice 2, Praha 2, 128 08, ČR

³ ČVUT FJFI KDAIZ, Břehová 7, Praha 1, 115 19, ČR

dana.valachova@fnmotol.cz

Z vyhlášky č. 307/2002 ve znění pozdějších předpisů vychází požadavek zaznamenávat parametry vyšetření nutné pro výpočet efektivní dávky, kterou pacient při vyšetření na NM obdržel. Konkrétně § 67 odst. 4 stanoví, že „u každého lékařského ozáření se zaznamenávají veličiny a parametry umožňující stanovení dávky u každé vyšetřované nebo léčené osoby pro konkrétní zvolený radiologický postup“. Po splnění těchto požadavků je potřeba provádět samotný výpočet efektivní dávky. K výpočtu efektivní dávky při podání radiofarmak postačí znalost aplikované aktivity a koeficienty z ICRP 80, ale stanovit efektivní dávku — lépe řečeno odhad efektivní dávky — z „low dose“ CT vyšetření na hybridních gama kamerách je složitější. Využít lze např. komerční výpočetní programy.

Cíl: Cílem této studie je porovnání odhadu efektivní dávky z „low dose“ CT získaného 3 různými metodami a porovnání radiační zátěže SPECT/CT přístrojů — Symbia T a Infinia/Hawkeye.

Metoda: Výpočet odhadu efektivní dávky byl proveden pro oblast hlavy, hrudníku, břicha a pánve 3 metodami:

1. programem ImPACT CT (UK's CT scanner evaluation centre) a ImpactDose (Iba Dosimetry)
2. programem ExPACT vytvořeným Ing. Vítovcem (FN Plzeň)
3. výpočtem z DLP („Dose Length Product“).

Pacienti byli rozděleni do tří hmotnostních kategorií. K dispozici byla data ze dvou přístrojů „low dose“ CT — Symbia T (Siemens, 130 kV, 30-240 mAs) a Infinia/Hawkeye (GE, 120 kV, 2,5 mA).

Výsledky: Radiační zátěž pacienta z „low dose“ CT obou hybridních SPECT/CT kamer je srovnatelná, pohybuje se v rozmezí do 2 mSv. Hodnoty efektivní dávky vypočtené programy ImPACT CT a ImpactDose jsou v průměru o 40 % nižší než hodnoty efektivní dávky vypočtené z DLP a programem ExPACT. Výsledky pro oba typy „low dose“ CT jsou nadhodnocené, neboť není uvažováno nerovnoměrné ozáření pacienta, velikost vymezené oblasti na fantomu neodpovídá skutečným rozměrům pacienta, je k dispozici omezená databáze přístrojů atd.

Radiační zátěž personálu Kliniky nukleární medicíny FN Brno

Jiří Filip

Klinika nukleární medicíny, Fakultní nemocnice Brno, Jihlavská 20, Brno, 625 00, ČR

jiri.filip@fnbrno.cz

Cílem posteru je informovat o radiační zátěži personálu Kliniky nukleární medicíny FN Brno v období od roku 1999 do roku 2008. K hodnocení byly použity výsledky osobní dozimetrie CSOD Praha. V uvedeném období byli všichni pracovníci kliniky vybaveni osobními TLD dozimetry. Pracovníci Úseku přípravy radiofarmak a pracovníci aplikující radiofarmaka měli navíc prstové TLD dozimetry.

Hodnocení pracovníci byli rozděleni do tří skupin:

1. pracovníci Úseku přípravy radiofarmak

2. aplikující pracovníci

3. ostatní pracovníci

U všech tří skupin byla hodnocena roční efektivní dávka a kolektivní efektivní dávka. U 1. a 2. skupiny byla navíc hodnocena radiační zátěž rukou, tedy roční ekvivalentní dávka a kolektivní ekvivalentní dávka na ruce.

Byla sledována závislost radiační zátěže na celkové aplikované aktivitě, typech vyšetření, na počtech pracovníků, resp. na zavedení nových metod (SPECT/CT) aj.

Aplikace pencil beam algoritmu pro výpočet relativní dávkové distribuce kobaltového ozařovače

Ondřej Konček^{1, 2}, Jitka Šemnická¹, Milan Semmler²

¹ ČVUT FJFI KDAIZ, Břehová 7, Praha 1, 115 19, ČR

² UJP Praha a.s., Nad Kamínkou 1345, Praha, ČR

ondra.koncek@centrum.cz

Úvod: Nejpřesnějším algoritmem pro výpočet dávkové distribuce je modelování transportu záření metodou Monte Carlo. Z hlediska klinické aplikace je však stále využití této metody kvůli časové náročnosti nereálné. Z tohoto důvodu je nejrošířenějším tzv. pencil beam algoritmus, založený na metodě tzv. „pencil beam kernels“ (PBK). PBK udává relativní dávkovou distribuci ve vodním médiu vzhledem k místu prvních interakcí nekonečně tenkého svazku. Výsledná dávková distribuce od širokého svazku je pak dána superpozicí jednotlivých PBK. Pencil beam algoritmus obsahuje celou řadu zjednodušujících předpokladů. Ty zvyšují rychlost výpočtu, avšak současně musí zachovávat akceptovatelnou přesnost.

Pencil beam kernel: PBK pro danou hloubku byl odvozen na základě měřených profilů (resp. polostínů) pole (10x10, 20x20, 30x30) [1,2] v následujících pěti krocích:

- Nejprve byl spočten tzv. „scatter kernel“ $K_s(r, z)$ pomocí phantom scatter faktorů měřených v referenční hloubce a za předpokladu shody profilu P_e (radiální profil otevřeného pole) a profilu P_i (zohledňuje změnu primární fluence fotonů jako funkce vzdálenosti od centrální osy).
- Určení tzv. „intensity profile“ P_i numerickým řešením konvoluční rovnice: $P_e = \|K_s\|^{-1} \cdot K_s \cdot P_i$
- přepočít $K_s(r, z)$ se zohledněním „intensity profile“ P_i spočteným v kroku b)
- výpočet tzv. „boundary kernelu“ $K_b(r, z)$ ze změřených profilů hran pole
- výpočet výsledného kernelu K jako kombinace $K_s(r, z)$ a $K_b(r, z)$

Výpočet dávkové distribuce: Výsledný spočtený transverzální profil PBK (v dané hloubce z) byl proložen v programu Matlab (the Mathworks, USA) pomocí třech gaussových křivek [3]. Výhodou tohoto

prokladu je skutečnost, že výpočet dávky pomocí konvolučního integrálu PBK lze zjednodušit na analytické řešení následující rovnice:

$$D(x, y, z) = \frac{I(z) \cdot \Phi_0}{4(1 + z/SSD)^2} \cdot \sum_{i=1}^3 c_i \left[\operatorname{erf} \left(\frac{a+x}{\sigma_i(z)} \right) + \operatorname{erf} \left(\frac{a-x}{\sigma_i(z)} \right) \right] \cdot \left[\operatorname{erf} \left(\frac{b+y}{\sigma_i(z)} \right) + \operatorname{erf} \left(\frac{b-y}{\sigma_i(z)} \right) \right]$$

Kde $I(z)$ je plošný integrál absorbované dávky v rovině kolmé k ose tužkového svazku v hloubce z , normovaný na jednu dopadající částici (hodnoty $I(z)$ byly získány simulací metodou Monte Carlo v kódu EGSnrc). Φ_0 je fluence fotonů na povrchu fantomu, σ_i a c_i jsou výsledkem fitu pomocí gaussových křivek, a resp. b je velikost strany pole ve směru X resp. Y promítnutá do hloubky z , erf je Gaussův integrál chyb, který může být vyčíslen analyticky, například ve tvaru $\operatorname{erf}(x) = 1 - \exp(-1,0851 \cdot x - 0,7792 \cdot x^2)$

Závěr: Výše zmíněný algoritmus byl použit pro výpočet relativních dávkových profilů otevřeného pole s mechanickým klínem a také hloubkových dávkových křivek. Spočtené hodnoty v porovnání s hodnotami měření ve velkém vodním fantomu jsou v dobré shodě.

Literatura:

- [1.] Chui, Mohan: Extraction of pencil beam kernels by the deconvolution method, Medical Physics, pp: 138–144, 1988
- [2.] Storchi, Battum Woudstra: Calculation of a pencil beam kernel from measured photon beam data, Phys. Med. Biol., pp: 2917–2928, 1999
- [3.] Ulmer, Harder: A triple gaussian pencil beam model for photon beam treatment planning, Z. Med. Phys., pp: 25–30, 1995

Rekonstrukce energetického spektra elektronového svazku lineárního urychlovače ze změřené hloubkové dávkové křivky

Jitka Šemnická, Jaroslav Klusoň, Ondřej Konček

ČVUT FJFI KDAIZ, Břehová 7, Praha 1, 115 19, ČR

jitka.semnicka@homolka.cz

Úvod: V naší práci se zabýváme vytvořením jednoduchého Monte Carlo (MC) modelu elektronového svazku z medicínského lineárního urychlovače (LU), který nevyžaduje detailní znalost konstrukce hlavice LU. Hlavním vstupním parametrem našeho modelu je energetické spektrum elektronového svazku, které lze získat na základě změřené hloubkové dávkové křivky (PDD) ve vodním fantomu a MC simulovaných monoenergetických hloubkových dávkových křivek. Superpozicí monoenergetických křivek lze získat průběh změřené hloubkové dávkové křivky. Koeficienty superpozice představují relativní zastoupení jednotlivých energií ve spektru, tedy energetické spektrum.

Použité metody:

- *Geometrický model svazku a simulace monoenergetických PDD:* Zjednodušený model elektronového svazku, pole 10x10 cm byl tvořen izotropním bodovým zdrojem umístěným 1 m nad vodním fantomem. 5 cm nad vodním fantomem byla umístěna rovina, která vymezovala čtvercový tvar pole. Svazek dopadal na vodní fantom, kde byla skórována absorbovaná energie na centrální ose pro energie v intervalu 375 : 125 : 10750 keV. K simulaci MC byl použit kód MCNP 5 (Los Alamos National Laboratory, USA).
- *Měření hloubkové dávkové křivky:* Měření hloubkové dávkové křivky: PDD byla změřena ve velkém vodním fantomu pomocí polovodičového detektoru pro svazek s nominální energií 9 MeV a pole 10 × 10 cm na centrální ose svazku.
- *Metoda rekonstrukce spektra:* Rekonstrukce elektronového spektra je úloha špatně podmíněná a je obtížné najít správné fyzikální řešení. Jedná se o hledání řešení Fredholmovy integrální rovnice prvního druhu:

$$D(z) = \int_0^{E_{max}} f(E) d(z, E) dE \quad (1)$$

kde $D(z)$ představuje PDD změřenou ve fantomu, $f(E)$ je elektronové spektrum, $d(z, E)$ jsou individuální PDD, v ideálním případě získané simulací geometrie hlavice urychlovače.

Spektrum $f(E)$ má tvar píku okolo nominální energie elektronů, a proto je důležité správně zrekonstruovat pozici, šířku a výšku tohoto píku. Autoři článku [1] navrhli sestavit kvadratickou účelovou funkci doplněnou regularizačním členem, jejíž minimalizací lze nalézt fyzikálně věrohodné řešení rovnice (1). Regularizační člen zajišťuje, aby průběh spektra byl hladký a tedy i fyzikálně věrohodný. Výpočet spektra podle vzorce (2) jsme provedli v programovém prostředí Matlab 6.5 (The Mathworks, USA) za použití tzv. Optimization toolbox jehož součástí je i předprogramovaná funkce „fmincon“.

$$\begin{aligned} \Theta[f(E)] &= \int_0^{z_{max}} (\bar{D}(z) - D(z))^2 dz + \alpha \Omega[f(E)] \\ \Omega[f(E)] &= \int_0^{E_{max}} dE \left(\frac{d \ln[f(E)]}{dE} \right)^2 \end{aligned} \quad (2)$$

Zde $f(E) \geq 0$. $\bar{D}(z)$ je změřená PDD, $D(z)$ je PDD vypočítaná z aktuálního odhadu spektra, α je regularizační parametr, který vyvažuje hodnotu prvního kvadratického členu a regularizačního členu $\Omega[f(E)]$.

Výsledky a závěr: V práci bylo zrekonstruováno spektrum pro 9 MeV elektronový svazek, pole 10 × 10 cm LU Varian Clinac 2100C (Varian, USA). V aplikované metodě bylo provedeno několik zjednodušení - u změřené PDD nebyl odečten příspěvek brzděného záření z hlavice LU a nebyla uvažována úhlová distribuce elektronů. Celkovou přesnost zjednodušeného modelu elektronového svazku lze vyhodnotit až po simulaci se složitějšími fantomy, kdy se simulovaná dávková distribuce porovná s jinou metodou a eventuálně i s výpočtem plánovacího systému. Výsledky jsou též dostupné na [2].

Literatura:

- [1.] Wei. Reconstruction of electron spectra from depth doses with adaptive regularization, Med. Phys. 2/2006
- [2.] <http://www.geldosimetry.wz.cz/electrons.html>, 18.9.2009

Analýza stínění a radiační bezpečnosti pro centrum protonové terapie

Tomáš Urban, Jaroslav Klusoň

ČVUT FJFI KDAIZ, Břehová 7, Praha 1, 115 19, ČR

tomas.urban@fjfi.cvut.cz

Byla provedena analýza stínění a radiační ochrany pro projekt centra protonové terapie v České republice. Byly identifikovány hlavní zdroje se zaměřením na dominantní neutronovou složku a modelovány úhlově-energetické distribuce polí neutronů při interakci protonového svazku s vybranými materiály a pro uvažovaný rozsah energií primárního protonového svazku. Modelové výpočty byly provedeny metodou Monte Carlo s využitím kódů MCNPX a Geant a byly porovnány výsledky jak pro oba simulační kódy, tak pro různé

fyzikální modely interakcí vysokoenergetických částic.

Namodelovaná úhlově-energetických spektra neutronů byla použita pro odhad dávkového ekvivalentu z vybraných zdrojů sekundárních částic v protonovém centru. Hodnoty dávkových ekvivalentů byly dále použity k ověření dostatečnosti dimenzí stínících konstrukcí/bariér — betonová stěna a její zásyp zeminou — vně místnosti s cyklotronem, a k diskusi další optimalizace radiační ochrany v daných místech.

Vliv nehomogenit na transmisi stínících bloků

Karel Nechvíl¹, Jiří Mynařík¹, Pavel Máca², Kamil Kudelka¹

¹ Radioterapie, Multiscan s.r.o., RC Pardubice, Kyjevská 44, Pardubice, 530 01, ČR

² Oddělení lékařské fyziky, Nemocnice Na Homolce, Roentgenova 2, Praha 5, 150 30, ČR

nechvil@multiscan.cz

Šetření zdravých tkání a orgánů uvnitř radiačního pole patří mezi hlavní požadavky v radioterapii. Tvarování léčebného radiačního pole je primárně určeno umístěním cílového objemu nicméně zdravé orgány by neměly být pouze pod jejich toleranční dávkou, ale dávka ve zdravých tkáních by měla být minimalizována [1]. Díky těmto omezením vznikají pole složitých tvarů, které mohou vyžadovat použití individuálně tvarovaných bloků. Ačkoliv jsou v dnešní době běžně dostupné více lamelové kolimátory (multi-leaf collimator, MLC), při některých indikacích je nutné stínit centrálně umístěné orgány jako například ledviny nebo páteř. Bloky jsou umístěny v držáku na hlavici lineárního urychlovače, nad pacientem na plastické podložce, ve které jsou fixovány jedním nebo několika šrouby. Tyto šrouby představují nehomogenitu v materiálu bloku a mohou ovlivnit transmisi blokem, potažmo fluenci, resp. dávku pod ním. Cílem studie bylo detailněji zhodnotit tento vliv.

Měřenou veličinou byla absorbovaná dávka v referenčním bodě [2] a to jak pod otevřeným polem tak i pod plným blokem položeným na podložce, blokem fixovaným na podložku pomocí šroubu a blokem bez šroubu položeným na podložce. Pro měření byl použit blok ve tvaru válce o průměru 4 cm a výšce 8 cm odlitý z kovu B1, což je ekvivalent Woodova kovu. Tento blok byl ocelovým šroubem o výšce 4 cm přichycen na podložku na centrální ose svazku. Urychlovač byl v základní poloze, velikost pole 10 cm x 10 cm. Pro výpočet absorbované dávky ozařování bylo zvoleno 200 MU a tato dávka pak byla stanovena pro prázdné pole, pole stíněné plným blokem (homogenním), pole stíněné blokem fixovaným na podložku ocelovým šroubem (nehomogenita

ocel) a pole s blokem bez šroubu (nehomogenita vzduch). Pro tato pole byly taktéž stanoveny relativní dávkové profily v příčné i podélné ose pomocí ionizační komory s pojezdem a velmi jemným krokem měření 0,1 mm podél obou os.

K nezávislému ověření vlivu transmise upevňovacích šroubů stínících bloků bylo využito metody Monte Carlo a programu MCNP5 verze 1.50.

Z výsledků je patrné, že dávka na centrální ose svazku pro brzdné záření X o energii 6 MV, resp. 18 MV pod blokem fixovaným k podložce ocelovým šroubem je o 4,1 %, resp. 5,3 % vyšší než pod plným, homogenním blokem. Při absenci šroubu, tj. se vzduchovou nehomogenitou je dávka pro 6 MV, resp. 18 MV vyšší o 27,05 %, resp. 30 % než pod plným, homogenním blokem. Vezmeme-li například hraniční případ pro toleranční dávku na páteř, která je 40 Gy, pak by se dávka pod tímto blokem zvýšila vlivem šroubu nehomogenity v bloku o 0,1 Gy. Toto navýšení fakticky neovlivní plánovanou dávku a lze konstatovat, že vliv šroubů na dávku je zanedbatelný.

Literatura:

- [1.] F. M. Khan, The Physics of Radiation Therapy, Lippincott Williams & Wilkins, second edition (1994)
- [2.] International Atomic Energy Agency (IAEA), Absorbed dose determination in external beam radiotherapy: An international code of practice for dosimetry based on standards of absorbed dose to water, Technical Reports Series, TRS-398, IAEA, Vienna, Austria (2000)

Chování gelového polymérního dozimetru v oblasti velkých dávkových gradientů

Václav Spěváček¹, Jitka Šemnická^{1, 2}

¹ ČVUT FJFI KDAIZ, Břehová 7, Praha 1, 115 19, ČR

² Oddělení lékařské fyziky, Nemocnice Na Homolce, Roentgenova 2, 150 30 Praha 5, ČR

vaclav.spevacek@fjfi.cvut.cz

Gelové dozimetry jsou integrální chemické dozimetry s unikátní schopností trvale zaznamenat informaci o prostorovém rozložení dávky v ozařovaném objemu. To je využíváno hlavně v radioterapii k verifikaci ozařovacích plánů získaných pomocí plánovacích systémů, ale lze jich využít např. i ke stanovení rozložení dávkového příkonu v okolí uzavřených zářičů, ve svazku ionizujícího záření (IZ) a pod.

Princip gelového dozimetru spočívá ve fixaci vhodných sloučenin, citlivých k ionizujícímu záření, v gelové matrici (používá se želatina nebo agar), ozáření dozimetru polem záření a kvantitativním vyhodnocení změn ke kterým vlivem ionizujícího záření v dozimetru došlo. V případě tzv. polymérních gelových dozimetrů (PGD) jsou sloučeninami citlivými k IZ monomérní sloučeniny, které vlivem IZ polymerují a tím mění fyzikální vlastnosti v daném místě dozimetru které jsou potom různými metodami detekovány. K vyhodnocení PGD se nejčastěji využívá zobrazovací magnetická rezonance (IMR) nebo optická tomografie pomocí laserového paprsku.

Klasický PGD má složení (ve váh. %): 3 % akrylamid, 3 % BIS-akrylamid, 5 % želatina, 89 % voda. Tento dozimetr ve většině případů svými vlastnostmi (závislost odezvy na dávce, časová i prostorová stabilita odezvy apod.) v běžných situacích vyhovuje požadavkům praxe. Při aplikaci polí o velkém dáv-

kovém gradientu jaké se vyskytují např. u techniky ozařování svazky s modulovanou intenzitou (IMRT) nebo při ozařování Lekselovým gamanožem se ale v místě gradientu vyskytuje tzv. „překmit“ (overshot), který zkresluje obraz o prostorovém rozložení dávky v této oblasti. V práci je popsán model vzniku tohoto „překmitu“ a vytipovány vlastnosti gelu, které jej způsobují.

Klasický PGD má ještě jednu nepříjemnou vlastnost a to, že musí být během přípravy dokonale zbaven kyslíku a během skladování a ozařování musí být zamezen přístup kyslíku do gelu. Kyslík totiž působí jako vychytávač volných radikálů a zamezuje polymeraci monomerů v dozimetru čímž ovlivňuje odezvu dozimetru na IZ. Proto se někdy k dozimetru, z důvodu snížení jeho citlivosti ke kyslíku, přidává sloučenina tetrakis-(metoxy-) fosfonium chlorid (TMPC), která přednostně reaguje s kyslíkem a tím podporuje radiačně indukovanou polymeraci monomerů v gelu.

Bylo nalezeno, že TMPC v koncentraci 6 mmol/l nejen odstraňuje kyslík z gelu, ale výrazným způsobem snižuje i „překmit“ odezvy gelu na IZ v místech s velkým dávkovým gradientem. V práci je popsán mechanismus tohoto děje a navrženo optimální složení PGD s potlačeným „překmitem“.

Polymerní gelová dozimetrie — srovnání počítačové tomografie a magnetické rezonance

Darina Ornová¹, Jitka Šemnická^{1, 2}, Václav Spěváček¹

¹ ČVUT FJFI KDAIZ, Břehová 7, Praha 1, 115 19, ČR

² Oddělení lékařské fyziky, Nemocnice Na Homolce, Roentgenova 2, Praha 5, 150 30, ČR

darinka.lorinka@centrum.cz

Polymerní gelové dozimetry (PGD) jsou ve své podstatě integrální chemické dozimetry, které se dají ve spojení s vhodným fantomem využít k vizualizaci a hodnocení rozložení dávky (dávkové distribuce) deponované do polymerního gelu prostřednictvím nejrozličnějších ozařovacích modalit.

Společnou vlastností PGD je ekvivalence vodě a měkké lidské tkáni, což umožňuje jejich výhodné využití v klinické dozimetrii. Ozáření dojde ke strukturním změnám v gelu, které můžeme zobrazit a kvantitativně vyhodnotit. Zpočátku se k zobrazování a hodnocení používala hlavně magnetická

rezonance (MR), která si stále uchovává prvenství jako nejrozšířenější metoda, později se přidaly i alternativní zobrazovací metody: optická počítačová tomografie (OCT), Ramanova spektroskopie, ultrazvuk a rentgenové CT (CT).

O možnostech využití CT a vlivu parametrů (jako je složení gelu, počet opakování skenu v jedné vrstvě a volba rekonstrukčního kernelu CT přístroje) na dávkové (a relativní dávkové) rozlišení a porovnání dosažených výsledků s MR pojednává i náš příspěvek.

Stabilita odezvy polymerního gelového dozimetru PAGAT

Kateřina Vávru¹, Jitka Šemnická^{1, 2}

¹ ČVUT FJFI KDAIZ, Břehová 7, Praha 1, 115 19, ČR

² Oddělení lékařské fyziky, Nemocnice Na Homolce, Roentgenova 2, Praha 5, 150 30, ČR

katerina.vavru@fjfi.cvut.cz

Využití polymerních gelových dozimetrů (PGD) v klinické praxi je podmíněno zajištěním reprodukovatelnosti a stability odezvy na ozáření. Tato práce se zabývá ověřením spolehlivosti stanovení prostorového rozložení dávky pomocí PGD a stanovení vhodného složení PGD pro účely ověřování vysokých dávkových gradientů, které se s technickým pokrokem v oblasti radioterapie a radiochirurgie vyskytují stále častěji.

Polymerní gelový dozimetr PAGAT (PolyAcrylamid Gel And THPC) byl připraven ve dvou modifikacích: za normálních laboratorních podmínek a v dusíkové atmosféře. Baňky naplněné dozimetrem byly ozářeny na Leksellově gama noži v Nemocnici

Na Homolce a odezva dozimetru následně hodnocena pomocí zobrazování magnetickou rezonancí.

Baňky byly rozděleny do dvou sérií a ozářeny jedním shotem s velikostí kolimátoru 8 mm dávkou 20 Gy resp. 30 Gy do maxima. Následně bylo provedeno celkem 7 vyhodnocení dozimetrů na magnetické rezonanci v časovém rozmezí 1 hodina až 3 týdny od ozáření.

Gelový dozimetr PAGAT připravovaný za normálních laboratorních podmínek vykazoval lepší citlivost v oblasti vysokého dávkového gradientu, proto při dalších experimentech s tímto typem polymerního gelového dozimetru můžeme upustit od používání dusíkové atmosféry.

Magisterský studijní obor Radiologická fyzika a Doktorský studijní obor Radiologická fyzika na FJFI, ČVUT v Praze

Tomáš Čechák

KDAIZ, ČVUT FJFI KDAIZ, Břehová 7, Praha 1, 115 19, ČR

Tomas.Cechak@fjfi.cvut.cz

Příspěvek shrnuje zkušenosti s prvními dvěma roky výuky oboru radiologická fyzika na FJFI. V roce 2004 byl v ČR přijat zákon 96/2004 Sb. o nelékařských zdravotnických povoláních, který určuje podmínky k získání odborné způsobilosti k výkonu povolání Radiologický fyzik. Odborná způsobilost k výkonu povolání radiologického fyzika se získává absolvováním akreditovaného zdravotnického magisterského studijního oboru pro přípravu radiologických fyziků, nebo akreditovaného magisterského studijního oboru matematicko-fyzikálního zaměření a akreditovaného kvalifikačního kurzu radiologická fyzika. Zdravotnický magisterský obor radiologická fyzika, který byl na FJFI akreditován v prosinci 2004, navazuje na výuku zaměření Radiologická fyzika v medicíně, s níž měla KDAIZ FJFI zkušenosti již řadu let. Zaměření Radiologická fyzika v medicíně, které ještě v rámci souvislého pětiletého studia absolvovalo 40 posluchačů, s tím, že v letošním roce absolvovali poslední posluchači. Magisterský zdravotnický obor Radiologická fyzika absolvovalo zatím 9 posluchačů, první posluchači absolvovali v roce 2008. Absolventi zaměření Radiologická fyzika v medicíně se mohou stát zdravotnickými pracovníky absolvováním Akreditovaného kvalifikačního kurzu (AKK), pořádaného IPVZ (Institut postgraduálního vzdělávání ve zdravotnictví). První běh AKK proběhl loni, letošní zahájení AKK bylo odloženo dokud

nebude jasné jaký rozsah matematiky a fyziky má mít studijní obor matematicko-fyzikálního zaměření. Vzhledem k tomu, že „Absolvent AKK by měl získat znalosti a dovednosti ekvivalentní absolventovi akreditovaného zdravotnického magisterského studijního oboru pro přípravu radiologických fyziků (§ 25 písm. 1a) zákona č. 96/2004 Sb.)“ a délka AKK je stanovena na 5 týdnů není zcela, jasné jaké vzdělání by měli posluchači AKK mít. V současné době probíhá na toto téma jak v odborné veřejnosti, tak v rámci ČSFM diskuse.

V roce 2009 byl na FJFI ČVUT akreditován čtyřletý doktorský studijní obor Radiologická fyzika, který umožňuje získat v oboru radiologická fyzika postgraduální vzdělání. V rámci tohoto nového oboru byly připraveny mimo jiné přednášky: Nukleární medicína a molekulární zobrazování, Radiální patofyziologie, Optimalizační algoritmy pro rekonstrukci obrazů a inverzní plánování, Statistika a epidemiologické studie pro radiační ochranu, Moderní brachyterapeutické techniky, Aplikace mikrodozimetrie v radiobiologii, Použití metody Monte Carlo v radiologické fyzice a další. Na tento obor mohou přestoupit i studenti, kteří absolvovali příbuzný magisterský studijní program a v rámci doktorského studijního oboru Jaderné inženýrství studují zaměření Dozimetrie.

Služby školicího střediska

Petr Borek, Radim Grossmann, Renata Hofírková

VF, a.s., nám. Míru 50, Černá Hora, 679 21, ČR

petr.borek@vf.cz

Školicí středisko VF, a.s. je v provozu zhruba jeden rok. Jeho zaměření je především na pořádání odborných školicích akcí v oblasti radiační kontroly a fyziky ionizujícího záření.

Mezi stěžejní aktivity patří zejména:

1. Odborná příprava nelékařských zdravotnických pracovníků, která je zajišťována v rámci tzv. celoživotního vzdělávání. Na základě absolvování této přípravy získávají účastníci příslušný počet kreditních bodů
2. Školení odborné přípravy vybraných pracovníků k vykonávání činností zvláště důležitých z hlediska radiační ochrany (tuto činnost vykonává ŠS na základě povolení od SÚJB roz-

hodnutí č.j.: SÚJB/OEHO/3594/2009), a to pro pracoviště

- a) Radiodiagnostická
 - b) Pracoviště s otevřenými zářiči ve zdravotnictví
 - c) Radioterapeutická pracoviště
3. Pořádání vědecko-populárních přednášek jak pro odbornou tak i širší veřejnost s cílem popularizovat problematiku ionizujícího záření. V našem programu figurují přednášky jako jsou „Paprsky života i smrti“, „Radiace z podzemí do podzemí“, „Jaderná energetika, její vývoj a směry“, apod.
 4. V rámci činnosti ŠS jsou prováděny také odborné přípravy a tréninky našich zákazníků na obsluhu našich systémů a produktů.

Further achievements in space- and air-craft exposure studies and related topics

František Spurný

Oddělení dozimetrie záření, ÚJF AV ČR, Na Truhlářce 39/64, Praha 8, 180 86, ČR
spurny@ujf.cas.cz

Contribution presents new achievements and projects in the onboard aircraft and spacecraft dosimetry:

1. Items treated in the relation to aircraft dosimetry:

Overview of international activities in aircraft field topics

ISO documents

WG 21 of ISO TC/85/SC2 issued in April 2006 the 1st part of the norm ISO 20785: "Dosimetry for exposures to cosmic radiation in civilian aircraft. Part 1: Conceptual basis for measurements". The 2nd part of this norm has been submitted for ballot by the April 2008. The last meeting (April 2009, Vienna) decided to finish the norm with the final: "Part 3: Measurements at aviation altitudes". The lecturer was asked to coordinate the preparation of 3 parts of the text.

ICRU/ICRP recommendations

TG No. 50 prepared the recommendations on "Reference doses for cosmic radiation exposure of aircraft crew." They were submitted to general ICRU meeting the beginning September 2009. Small corrections should be made before final approval.

EURADOS activities

We have participated on the EC-RTD project CONRAD. This program was closed to the 28th February 2008. A new WG 11 on the topic is on the point to be constituted.

Selected results for long-haul flights onboard an aircraft of the Czech Airlines

The main task solved since the last our meeting has been related to the overview of DRD NPI AS CR activities and results since 1998. Some of results will be presented and discussed.

2. Items treated in the relation onboard spacecraft dosimetry:

- *Selected results of common experimental measurements* (partners IMBP Moscow, NIRS Japan, DLR Kiel and others) onboard International Space Station (ISS) since 2006 year are presented.
- Our detectors have been exposed
 - in SPD containers (Space Intercomparison Experiment 2, and 3);
 - during MATRJOSHKA experiments 2006–2007, and 2008–2009
 - in the frame of ICCHIBAN_CR comparison run, etc.
- *Analysis of the simultaneous space- and aircraft measurements* 2001–2008 are also presented. Our onboard aircraft data are compared with the results of measurements onboard ISS, Chandrayaan satellite to Moon (2008–2009), and FOTON M2 and M3 satellites.
- A brief overview of results obtained *in the frame of HIMAC 20P241 project* (Chiba, Japan, since 2008) are also presented (He, C, Ne, and Fe ions)

3. Plans for future

- a) *Dosimetry of aircraft crew* members will continue, as well as the analysis of the simultaneous space- and aircraft measurements.
- b) Several sets of our passive *detectors are flying onboard ISS* in the frame of programs: WALL, DOSIS, and other Matrjoshka. They would return to the Earth at the end of 2009 year.
- c) New *ICHHIBAN project for protons* below 1 MeV is prepared for the February 2010.
- d) *HIMAC 20P241 project* will continue with mainly SOBP form of beams

Měření expozice kosmickému záření na palubách kosmických lodí pomocí spektrometru deponovaných energií Liulin

Ondřej Ploc, František Spurný, Ján Kubančák

Oddělení dozimetrie záření, ÚJF AV ČR, Na Truhlářce 39/64, Praha 8, 180 86, ČR

ploc@ujf.cas.cz

Kosmická plavidla pohybující se na blízkých orbitách Země procházejí třemi kvalitativně rozdílnými radiačními oblastmi: i) oblast galaktického kosmického záření (GKZ), kde se nacházejí nejdéle, ii) oblast tzv. jihoatlantické anomálie (JAA), která je způsobena vnitřním radiačním pásem zasahujícím hlouběji do atmosféry v rozsáhlé oválné oblasti pokrývající celou jižní Ameriku a jižní Atlantik až po jižní cíp Afriky, a iii) oblast vnějšího radiačního pásu (VRP). Aby bylo možné stanovit charakteristiky radiačního pole na palubách kosmických lodí v těchto oblastech, je potřeba použít aktivní detektor.

Tento příspěvek se zabývá použitím polovodičového spektrometru deponovaných energií Liulin. Jsou zde navrženy nové metody stanovení prostorového dávkového ekvivalentu, $H^*(10)$, pro jednotlivé radiační oblasti. Při výpočtu $H^*(10)$ jsme předpokládali, že radiační pole na palubě kosmické lodi je tvořeno i) v oblasti GKZ částicemi s nízkým line-

árním přenosem energie (protony, elektrony miony a gama záření) a částicemi s vysokým lineárním přenosem energie (neutrony a těžkými nabitými částicemi), ii) v oblasti JAA protony a iii) v oblasti VRP elektrony.

Rozložení fluence částic v radiačních pásech podle energie jsme stanovili pomocí programu SPENVIS, který byl schválen Evropskou kosmickou agenturou.

V příspěvku jsou použity data z měření na palubě Mezinárodní kosmické stanice v červenci 2001 a v lednu 2009 a z měření na družici FOTON M3 ze září 2007. Výsledné hodnoty $H^*(10)$ jsou diskutovány z hlediska rozdílných orbit, tloušťky stínění a období sluneční aktivity. Byl pozorován nárůst v příkonech $H^*(10)$ z období slunečního maxima do minima o 15 až 30 % v závislosti na radiační oblasti. Výsledky vykazují dobrý souhlas s výsledky získanými jinými metodami na Mezinárodní kosmické stanici.

Measurements in He 150 MeV/n MONO beam at HIMAC by various detectors

Iva Jadrníčková¹, František Spurný¹, Kateřina Brabcová^{1, 2},
Ondřej Ploc¹, Zlata Mrázová^{1, 2}, Nakahiro Yasuda³,
Yukio Uchihori³, Hisashi Kitamura³, Satoshi Kodaira³

¹ Oddělení dozimetrie záření, ÚJF AV ČR, Na Truhlářce 39/64, Praha 8, 180 86, ČR

² ČVUT FJFI KDAIZ, Břehová 7, Praha 1, 115 19, ČR

³ National Institute of Radiological Sciences, Chiba, Japonsko

jadrnickova@ujf.cas.cz

The contribution describes the experiment and selected results obtained in the frame of research program 20P241 at heavy ion accelerator HIMAC (Chiba, Japan); the main goal of this project is to determine linear energy transfer (LET) spectra in various ion beams by means of sets of different detectors. There are several techniques to measure and estimate LET spectra; in our institute we used for this purpose plastic nuclear track detectors (PNTD), spectrometer of energy deposited in Si — Liulin, tissue equivalent proportional counter (type HAWK), and thermoluminescence detectors (TLD). Each of the methods used can provide information on different quantity and its range. Up to now, several experiments were performed. This contribution focuses on the measurements in monoenergetic (MONO) He ion beam with primary energy 150 MeV/n and LET about 2.2 keV/ μ m. Passive detectors — TLD and PNTD — were placed at 9 depths in the beam, from the entrance up to the depths behind Bragg peak region. Active detectors — Liulin and HAWK were placed at 7 and 4 selected depths, respectively. PNTD can measure particles with LET above about

5 keV/ μ m, which means that in the lower depths in the beam only secondary particles produced in nuclear reaction can be detected; in higher depths also primary He ions are registered. Liulin, on the other hand, can measure energy deposited in Si, for perpendicularly incident particles with corresponding LET (in water) up to about 34 keV/ μ m. By combining LET spectra from PNTD (higher LET) and Liulin (lower LET) we can get whole shape of LET spectra. These spectra are compared with spectra of lineal energy (y) measured with TEPC. From the measured spectra, absorbed doses can be calculated. To complete information, we used also TLD. Dosimetric characteristics measured with various detectors along the He beam are compared with reference values measured with ionization chamber. The spectra of linear energy transfer (or lineal energy) and dosimetric characteristics established in such way are also compared with simulation using program PHITS. Advantages and disadvantages of various detectors and methods of interpretation used will be discussed.

Srovnání vlastností variant PADC jako spektrometru lineárního přenosu energie

Kateřina Brabcová, Iva Jadrníčková, František Spurný

Oddělení dozimetrie záření, ÚJF AV ČR, Na Truhlářce 39/64, Praha 8, 180 86, ČR

brabcova@ujf.cas.cz

Polyalyldiglykolkarbonát (PADC) je jeden z materiálů používaných jako spektrometr lineárního přenosu energie, řadí se mezi detektory stop v pevné fázi. Jeho detekční vlastnosti jsou ovlivněny užitým výrobním postupem, případně povahou a koncentrací různých pomocných látek, samozřejmě také specifickými podmínkami vyhodnocování. Na našem ústavu používáme hned několik PADC variant od čtyř různých výrobců. Jedná se o Page od Mouldings (Per-shore) Ltd, Tastrak od Track Analysis Systems Ltd, oba výrobci jsou z Velké Británie, USF4 z American Technical Plastics a dva produkty japonské Fukuvi Chemical Industry, Co., Ltd — TD1 a Baryotrak.

Diskutována budou různá chemická složení materiálů, jejich rozdílná citlivost, tak jak vyplynulo z kalibračního experimentu, případně odolnost vůči ztrátě signálu. Zaměříme se také na porovnání detekční účinnosti primárních a sekundárních částic, k čemuž využijeme některé experimenty z minulých let.

Zjištěné rozdíly mohou být vztaženy ke spektrometrii LET v jednotlivých oblastech použití a ústit v doporučení ideálního konkrétního materiálu či jejich kombinace.

The Study of Medical Workers Radiation Dose in Chosen Workplaces of Kosice and Presov Regions

Andrea Čipáková

Odbor ochrany zdravia pred žiarením,
Regionálny úrad verejného zdravotníctva so sídlom v Košiciach,
Ipeľská 1, Košice, 040 11, SR

ke.cipakova@uvzsr.sk

In the case to evaluate collective effective dose of workers in individual workplaces where ionising radiation sources are used we can conclude that collective effective dose of medical workers during long period achieved the greatest values. This paper presents the results of a study dealing with radiation load of medical workers in chosen hospitals in the Košice and Prešov regions. Dosimetrical evaluation of monitored workers was done in Teaching hospitals of Košice and Prešov and in hospitals of Rožňava,

Levoča and Vyšné Hágy. Radiation dose of medical workers were studied during period from 2000 to 2008. During individual studied years values of medical workers dose burden were especially between 0.6–1 mSv and 1.01–1.5 mSv. On the base of monitored workers analysis in studied hospitals we can see that the highest values were determined in departments of internal medicine clinic and clinic of accidental injuries surgery. In some cases higher effective doses resulted in overdrawing of limit values.

Metody biologické dozimetrie a jejich aplikace v AČR

**Lenka Zárybnická¹, Zuzana Šinkorová¹,
Jaroslav Pejchal², Zdena Vilasová²**

¹ Katedra radiobiologie, Univerzita Obrany, Fakulta Vojenského Zdravotnictví,
Třebešská 1575, Hradec Králové, 550001, ČR

² Centrum pokročilých studií, Univerzita Obrany, Fakulta Vojenského Zdravotnictví,
Třebešská 1575, Hradec Králové, 550001, ČR

zarybnicka@pmfhk.cz

Při kontaktu zdravotnického personálu s ozářenými osobami je pro správnou volbu terapeutického přístupu nutné určit co nejpřesněji kvalitu i kvantitu ozáření. K tomuto účelu lze využít klasické dozimetrie, která je založena na fyzikálně-chemické detekci záření, nebo biodozimetrických přístupů, které vychází z monitorování změn indukovaných zářením přímo v organismu. Nespornou výhodou klasické dozimetrie je její vysoká specifita, senzitivita a také skutečnost, že jejím výstupním parametrem je přímo hodnota dávky proslého záření. Získané údaje však bývají závislé na pozici detektoru vůči zářiči i vůči ozářené osobě.

Oproti tomu cílem biodozimetrických metod je odhad absorbované dávky na základě individuální odpovědi ozářeného organismu, čímž zohledňují i rozdílnou radiosenzitivitu ozářených jedinců. Společnou snahou je pak dosáhnout metodiky, která by byla

natolik senzitivní, přesná a zejména rychlá, aby zajistila co nejpřesnější stanovení dávky absorbovaného záření. Všechny dosud známé a používané přístupy odhadu dávky: metody cytologické, cytogenetické a molekulární, mají své přednosti i limity, které je nutno při zpracování dat z nich získaných zohlednit.

Diagnostika akutní nemoci z ozáření a zdravotnická péče o ozářené a kontaminované probíhá v Armádě ČR dle pěti základních ukazatelů: dozimetrický údaj, radiační anamnéza, typ a intenzita prodromálních příznaků, výsledky laboratorních testů a rozvoj radiační dermatitidy. Dle těchto údajů jsou ozáření rozdělováni na místech zdravotnické péče (role 1–3) do skupin dle priority odsunu. Potřeba rychlého stanovení absorbované dávky je v polních podmínkách AČR spojena také se snahou o minimální náročnost, jak na laboratorní zázemí, tak na pracovní personál.

Sledování pracovníků s vnitřní kontaminací ^{241}Am — porovnání experimentálních dat s biokinetickými modely

Irena Malátová¹, Tomáš Vrba²,
Věra Bečková¹, Helena Pospíšilová¹

¹ SÚRO, Bartoškova 28, Praha 4, 140 00, ČR

² ČVUT FJFI KDAIZ, Břehová 7, Praha 1, 115 19, ČR

tomas.vrba@fjfi.cvut.cz

Skupina pracovníků s vnitřní kontaminací ^{241}Am je sledována již po více než 10 let. Původně sestávala ze sedmi osob, v současné době jsou sledovány již jen čtyři osoby. Zdroj kontaminace byl práškový americiu oxid, který sloužil k výrobě neutronových AmBe zdrojů a také k výrobě zdrojů americia pro různé jiné aplikace. Při výrobě zářičů byla používána nejvíce prášková metalurgie, kdy byl americiu oxid za vyšší teploty zaválcován do zlaté a stříbrné folie. Pro výrobu některých zdrojů bylo americiu chemicky převedeno do formy nitrátů. Znalost chemické formy kontaminujícího radionuklidu je důležitá z hlediska třídy rozpustnosti v plicích; ovšem po 20 až 35 letech od vstupu radionuklidu do těla je vliv této formy na distribuci v organismu zanedbatelný.

Kontaminované osoby jsou od r. 1998 (některé již od r. 1995) měřeny *in vivo* na celotělovém počítači s detektory pro nízkoenergetické záření, které se umísťují v blízkosti lebky. Kalibrace byla provedena se čtyřmi různými fyzikálními fantomy a s matematickým voxelovým fantomem. Vzorky moči a stolice se analyzují radiochemickou separací a alfa spektrometrií, při čemž se jako monitor výtěžku používá ^{243}Am . Doposud existující naměřená data (83 dat o aktivitě skeletu, 415 údajů o aktivitě v exkretech) byla porovnána s biokinetickým modelem ICRP a Leggetovým; bylo zjištěno, že ve většině případů, kdy uplynulo více než 15 let od příjmu, je exkreční rychlost nižší (nebo obsah ve skeletu vyšší), než předpokládají modely. Poměr mezi aktivitou vyloučenou močí a stolicí odpovídá modelu.

Stanovení nejistot pro data z dlouhodobého sledování osob s vnitřní kontaminací ^{241}Am

Tomáš Vrba^{1, 2}

¹ ČVUT FJFI KDAIZ, Břehová 7, Praha 1, 115 19, ČR

² SÚRO, Bartoškova 28, Praha 4, 140 00, ČR

tomas.vrba@fjfi.cvut.cz

Stanovování dávek z příjmů radionuklidou lidmi je problematickou oblastí radiační ochrany. Odhady nejistot, a to jak vstupních dat, tak i ostatních částí procesu stanovení efektivní či ekvivalentní dávky, jsou aktuálním předmětem zájmu. Znalost nejistot je důležitá pro správné posouzení dat v rámci jednoho druhu měření, jakož i pro zohlednění významností (váhy) různých druhů měření podílejících se na od-

hadu dávek. Pro potřeby dlouhodobého sledování osob s vnitřní kontaminací ^{241}Am ve Státním ústavu radiační ochrany byly stanoveny nejistoty exkreční analýzy moče a stolice a aktivity kostry. Pro vzorky exkret byla stanovena nejistota zpracování a sběru vzorku. Odhad celkové nejistoty stanovení aktivity skeletu byl porovněn podle metodiky IDEAS. Výsledné hodnoty byly porovnány se dostupnými daty.

Služba osobní dozimetrie VF po 1. roce provozu

Pavel Prášek, Petr Nováček, Jakub Dvořák, Jana Topinková

VF, a.s., nám. Míru 50, Černá Hora, 679 21, ČR

pavel.prasek@vf.cz

Firma VF,a.s. Černá Hora poskytuje od začátku roku 2009 v České republice službu osobní dozimetrie pro pracoviště využívající zdroje ionizujícího záření. Služba osobní dozimetrie je poskytována v souladu s požadavky §9 odst. (1) písm. r) zákona č. 18/1997 Sb. (atomového zákona) a §59 odst. (1) písm. a) vyhlášky č. 307/2002 Sb. ve znění vyhlášky č. 499/2005 Sb. (o radiační ochraně).

Služba osobní dozimetrie VF, a.s. poskytuje svým klientům dva druhy osobních dozimetrů. Pro celotělové monitorování je to osobní dozimetr LANDAUER typu InLight, obsahující detekční element se čtyřmi detektory z materiálu $\text{Al}_2\text{O}_3 : \text{C}$, využívající pro dozimetrii efektu opticky stimulované luminescence (OSL). K dozimetrii ozáření končetin je to prstový dozimetr obsahující termoluminiscenční detekční element LiF. Oba typy dozimetrů včetně vyhodnocovacích systémů jsou krátce popsány v úvodu prezentace.

Počet osob monitorovaných v České republice celotělovým OSL dozimetrem narostl během první poloviny roku 2009 již na více než 6000, počet osob monitorovaných prstovým dozimetrem přesáhl 350.

S ohledem na respektování požadavků zákona 101/2000 Sb. (o ochraně osobních údajů) nejsou v prezentaci uvedeny žádné konkrétní výsledky osobního monitorování, prezentace neobsahuje žádná fakta, přehledy ani údaje tohoto typu.

Kromě standardního provozu služby osobní dozimetrie, jehož kvalita je zabezpečována jak pravidelným metrologickým ověřováním všech používaných měřicích systémů (v souladu s požadavky legislativy), tak i interními kontrolními mechanismy, proběhlo a probíhá v roce 2009 několik dlouhodobých experimentů, jejichž cílem je v praxi ověřit deklarované parametry používaných osobních dozimetrů. Některé výsledky a dílčí výsledky těchto experimentů jsou v prezentaci uvedeny.

Jde zejména o dlouhodobý experiment zaměřený na zkoumání fadingu OSL dozimetrů (potvrzení výrobcem deklarovaného méně než 5% fadingu za rok), experiment zaměřený na zkoumání možností opakovaných vyhodnocení dozimetru (potvrzení skutečnosti, že OSL dozimetr je možno opakovaně vyhodnocovat), experiment testující možnosti určení typu ozáření osobního dozimetru InLight pomocí kontrolního prvku (tzv. Imaging elementu) a některé další.

Kazeta celotělového osobního dozimetru InLight je konstruována tak, že do ní kromě OSL dozimetru a Imaging elementu lze umístit i dozimetr Neutrak (stopový detektor neutronů na bázi CR-39), v prezentaci je tento dozimetr popsán a jsou uvedeny i výsledky dosažené při jeho testování v různých polích neutronového záření.

Posouzení ozáření obyvatel v zájmové oblasti v okolí JE Temelín z přírodních a umělých zdrojů ionizujícího záření

Lenka Thinová¹, Milan Matolín^{1, 2}, Ondřej Ploc¹, Tomáš Čechák¹

¹ ČVUT FJFI KDAIZ, Břehová 7, Praha 1, 115 19, ČR

² Přírodovědecká fakulta University Karlovy, Albertov 6, Praha 2, 12863, ČR

thinova@fjfi.cvut.cz

Příspěvek je uceleným shrnutím výsledků, zhodnocení, měření a stanovení, uskutečněných pro zpřesnění odhadu roční (efektivní) dávky pro obyvatele v okolí jaderné elektrárny Temelín, konkrétně ve vybrané oblasti zahrnující Týn nad Vltavou a následující obce: Pašovice, Všeteč, Újezd, Neznašov, Všemyslice, Kaliště, Temelín, Lhota pod Horami, Sedlec, Kočín, Litoradlice, Zvěrkovice, Bohunice. Pro zpřesnění odhadu byla uskutečněna měření potravin, polních a lesních plodin; příspěvku terestrického a kosmického záření; příspěvku z umělých zdrojů včetně přepravy vyhořelého paliva apod. a využity stávající databáze SÚRO. V závěru je podán odborný odhad zvýšení ozáření obyvatel v této oblasti instalací dalších zdrojů v prostoru JE Temelín.

Při provozu jaderných zařízení jsou do životního prostředí (vzduch, voda) uvolňovány radionuklidy, které přispívají k ozáření obyvatel žijících v blízkém okolí. Na příkladu jednoho z těchto zařízení — JE Temelín — je možné na základě fyzikálních měření a výpočtů zhodnotit skutečný podíl tohoto zařízení k celkové efektivní dávce obyvatel v blízkém okolí — na území o rozloze přibližně 100 km², položeném ve směru převládajících větrů od elektrárny. Chceme-li odhadnout roční dávky určité skupiny obyvatelstva z externího a interního ozáření, bereme v úvahu distribuci a specifikaci zdrojů ionizujícího záření v daném prostředí (odhad nebo měření), znalosti o chování reprezentativního vzorku obyvatele (odhad nebo zjištění) mající vliv na dobu expozice a dávkové konverzní faktory. Pro odhad externího ozáření potřebujeme znát koncentrace a chování (disperse, deposice, transportní cesty) zdrojů ionizujícího záření v daném prostředí: ve vzduchu, vodě, půdě, stavebním materiálu budov atd. anebo dávkové příkony

nezávisle na přítomnosti člověka. Na základě znalosti o chování jedince nebo skupiny je možné odhadnout expoziční časy, tj. časy strávené v prostředí s danou aktivitou. Pro odhad interního ozáření je nezbytné znát koncentrace jednotlivých radionuklidů v jídle, vodě a vzduchu a pravděpodobnost jejich příjmu. V tomto případě expoziční časy nahrazuje množství konzumovaných potravin, vody a charakteristika dýchání. Spolu s konverzními faktory (definují efektivní dávku způsobenou jednotkovou aktivitou) jsme pak schopni stanovit externí nebo interní dávku. Celková dávka je pak součtem těchto dvou komponent. Konverzní faktory pro interní ozáření jsou stanoveny modelováním chování a absorpce radionuklidů v těle. Dávku je možné stanovit individuálně pro daného jednotlivce anebo pro skupinu lidí — tzv. kolektivní dávku.

V úvahu byly brány tyto součásti efektivní dávky:

1. Přírodní zdroje (terestrické záření (vně a uvnitř); kosmické záření; radon (vně a uvnitř); ingesce a inhalace kromě radonu)
2. Umělé zdroje (jaderný spad (zkoušky jaderných zbraní v ovzduší a incident v Černobyli); vliv jaderných zařízení; lékařské aplikace; transport paliva).

Průměrná roční efektivní dávka (UNSCEAR2000) ve světě byla odhadnuta na 2,4 mSv, v České republice na 3,5 mSv (dáno hlavně geologickým podložím ČR). Na základě provedených měření, odhadů a výpočtů podle doporučených metodik v souladu s legislativou ČR byla odhadnuta roční efektivní dávka pro sledované území 4,5 mSv.

Kalibrace pro stanovení aktivity radionuklidů deponovaných v plicích *in-vivo*

Vendula Pfeiferová, Helena Pospíšilová, Irena Malátová

Vnitřní kontaminace, SÚRO, Bartoškova 28, Praha 4, 140 00, ČR

vendula.pfeiferova@suro.cz

Odhad dávkového úvazku z příjmu radionuklidů, emitující nízkoenergetické záření gama nebo X jako jsou transurany nebo některé přírodní radionuklidy jako izotopy uranu nebo thoria, je velmi obtížné a obvykle se k tomuto účelu využívá exkreční analýza. Měřením *in vivo* lze stanovit aktivitu těchto radionuklidů v některých orgánech nebo tkáních, např. v kostře nebo v plicích. Je však třeba použít speciálních detektorů s výhodnou účinností pro měření nízkých energií např. scintilační detektory tzv. phoswiche (opticky spojené scintilační krystaly NaI(Tl) a CsI(Tl) nebo HPGe polovodičové detektory s tenkým okénkem a malou tloušťkou (LEGe).

V laboratoři celotělového počítače SÚRO Praha byla pro stanovení aktivity radionuklidů v plicích kalibrována sestava čtyř a dvou LEGe detektorů, jejichž charakteristiky jsou uvedeny v tabulce 1. Kalibrace pro *in vivo* detekci aktivity radionuklidů v plicích byla provedena pomocí plicního fantomu zapůjčeného Mezinárodní agenturou pro atomovou energii ve Vídni, s nuklidy ^{241}Am a ^{239}Pu . Jednalo se o Livermore lung phantom, který představuje fantom lidského torza z tkáňové – ekvivalentního materiálu, do něhož se vkládají „plíce“ s homogenně distribuovaným radionuklidem. Plíce se překrývají různými vrstvami, které simulují rozdílnou stavbu

lidského těla. Různé složení této překryvné vrstvy simulují rozdílné poměry mezi tkání adiposní a svalovou.

Účinnost sestavy detektorů velmi závisí na jejich umístění vůči zdroji a v daných podmínkách, kdy byly detektory co nejbližší trupu, se z technických důvodů nepodařilo výhodně umístit všechny 4 detektory co nejbližší k plicím. Ukázalo se, že je výhodnější použít dva detektory s největší účinností a vyhnout se tak problémům s umísťováním detektorů s Dewarovými nádobami.

Hodnoty minimálních detekovatelných aktivit (MDA) za čas 1800 s, s fantomem pouze s jednou překryvnou vrstvou, byly u sestavy se čtyřmi detektory stanoveny pro ^{241}Am 9 Bq a pro ^{239}Pu 16 kBq. U sestavy se dvěma detektory (D36 a D35) byly hodnoty MDA za čas 1800 s pro ^{241}Am 7 Bq, pro ^{239}Pu 8 kBq. Pro přírodní radionuklidy se tyto hodnoty pohybují od 30 Bq pro ^{235}U , 70 Bq pro ^{238}U , nebo 70 Bq pro ^{232}Th pro sestavu dvou detektorů, u sestavy čtyř detektorů jsou hodnoty MDA kolem 50 Bq pro ^{235}U , 90 Bq pro ^{238}U nebo 150 Bq pro ^{232}Th . Použití překryvných vrstev vede ke snížení detekční účinnosti na energii 60 keV až 2,5× pro nejsilnější vrstvu.

Tabulka 1: Charakteristiky detektorů

Detektor	Typ	Materiál okénka / tloušťka [mm]	Průměr krystalu [mm]	Délka krystalu [mm]	Aktivní plocha [mm ²]	Relativní rozlišení [^{57}Co – 122keV]
D36	HPGe	Be / 0,50	70,5	32,5	3902	0,798
D35	HPGe	Be / 0,16	69,8	30,5	3825	0,798
D20	HPGe	Be / 0,50	50,5	20,0	2000	0,675
D13	HPGe	Be / 0,50	50,5	15,0	2000	0,680

Minimum detectable activities for natural radionuclides for IRIS-XP airborne gamma-spectrometer

Marcel Ohera¹, Petr Sládek²

¹ EnviMO Brno, Vlčnovská 16, Brno, 628 00, ČR

² Ústav OPZHN, Universita obrany, Víta Nejedlého, Vyškov, 682 03, ČR

envimo@seznam.cz

This work deals with counting statistics and the estimate of the minimum detectable activities (MDA) for natural radionuclides for the IRIS-XP airborne gamma-ray spectrometer (4×4 litre NaI(Tl)) produced by PICO Envirotec, Inc. in Toronto, Canada. The detection sensitivities (MDA) for 4×4 NaI(Tl) crystals at the altitude of 90 m presented by Pico Envirotec, Inc. are too high compared with the detection sensitivities presented by other airborne gamma-ray spectrometer producers. This was the reason why to calculate and verify the MDA for IRIS-XP.

Firstly, the minimum detectable activities for IRIS-XP for 4×4 litre NaI(Tl) crystals were determined based on the data acquired on the calibration pads at the Holland Landing Airport in Toronto, Canada to test the method of calculation used. This method on calibration pads provides all available window sensitivities, stripping factors and counts in the natural radionuclide windows to verify the computing method.

Secondly, the MDAs under the real flight conditions were also estimated for the IRIS-XP (4×4 litre NaI(Tl) crystals) which was delivered for the Czech Armed Forces. The MDAs were calculated based on the data acquired during the tests at the Military Training Area in Vyškov, Czech Republic. The data was collected at three different altitudes (50 m, 100 m and 150 m) when the Mi-17 helicopter with IRIS-XP installed on board was “suspended” during the test flight above one geographical point for more than three minute for every altitude. Then, the data was applied for the MDA calculation under real flight conditions.

The method developed by Currie was used as a basis for calculation of the minimum detectable activities in both cases.

To subtract the ^{90}Sr background in the helicopter (the ^{90}Sr source is used as a freezing deposit indicator in Mi-17 helicopters), a spectrum at the altitude of more than 500 metre altitude above the ground for 10 minutes was acquired.

The spectra at 50, 100 and 150 m altitude were corrected for the aircraft and the cosmics, stripping and height attenuation in K, U and Th peak windows.

For IRIS-XP, better results have been obtained than presented so far. The new calculated MDA are 114 Bq/kg for ^{40}K , 16 Bq/kg for ^{238}U and 8 Bq/kg for ^{232}Th at 95% confidence interval for 1 second spectra at 100 m altitude.

References:

- [1.] Bourgeois Christian: Gamma Monitoring from the Air; Principles, Performance and Examples. CTBTO — On-Site Inspection Experimental Advanced Course 12–20 November 2001 CEF-FIAC. CEA — DAM. France
- [2.] UNSCEAR. United Nations Scientific Committee on the Effects of Atomic Radiation. Report to the General Assembly, United Nations, New York, 1993
- [3.] Airborne Gamma-ray Spectrometer Surveying. Technical Reports Series No. 323. IAEA Vienna 1991
- [4.] Guidelines for Radioelement Mapping Using Gamma-ray Spectrometry Data. IAEA-TECDOC-1363 Vienna 2003
- [5.] Currie L.A.: Limits for Quantitative Detection and Quantitative Determination. Analytical Chemistry, vol. 40, No. 3, March 1968

Měření osobních dávek při práci na nukleární medicíně

Jan Singer, Jana Rusinová

Katedra laboratorních metod a zdravotní techniky, Zdravotně sociální fakulta,
Jihočeská univerzita v Českých Budějovicích,
Boreckého 27, České Budějovice, 370 01, ČR
singerj@seznam.cz

Tato práce je pokračováním porovnávání výsledků měření osobních dávek mezi standardním osobním dozimetrem (filmový — FD nebo termoluminescenční — TLD) a elektronickým osobním dozimetrem (EPD) tentokrát při práci na nukleární medicíně v nemocnici v Českých Budějovicích. Při šesti měsíčním monitorování se dávky pohybovaly mezi záznamovou (případně minimálně detekovatelnou dávkou) a vyšetřovací úrovní měsíčních efektivních dávek. Hodnoty naměřených (a u EPD

i korigovaných) efektivních dávek jednotlivých pracovníků i hodnoty kolektivních dávek pro TLD (E, S) a EPD (E^* , S^*) jsou si blízké v rámci chyb (v rámci grafu trubkových křivek mezí podle IAEA — RS-G-1.3-1999). Hodnoty nad Minimálně detekovatelnou dávkou v průměru za celé období jsou téměř totožné (0,178 mSv u EPD proti 0,174 u TLD) a ukazují, že použití EPD jako standardního dozimetru je na tomto pracovišti možné.

Systém termoluminiscenční dozimetrie pro monitorování osobních dávek

Daniela Ekendahl, Michaela Fáberová, Zdeněk Prouza

SÚRO, Bartoškova 28, Praha 4, 140 00, ČR

daniela.ekendahl@suro.cz

V příspěvku je popsán systém termoluminiscenční dozimetrie (TLD) používaný pro monitorování osobních dávek pracovníků Státního ústavu radiační ochrany (SÚRO). Tento systém je založen na využití čtyřsložkového termoluminiscenčního dozimetru ve formě karty obsahující detektory LiF : Mg,Cu,P (typ TLD-700H a TLD-600H) překryté různými filtry. Dozimetr umožňuje stanovení osobních dávkových ekvivalentů $H_p(10)$, $H_p(3)$ a $H_p(0.07)$. Výpo-

čet osobních dávkových ekvivalentů na podkladě naměřených odezev jednotlivých složek dozimetru je založen na nelineárním algoritmu. Systém lze používat nejen pro směsná radiační pole fotonů a beta záření, ale i pro směsná pole fotonů a neutronů. Uvedení systému do praxe předcházelo jeho testování pro různá radiační pole. Kromě popisu jednotlivých složek dozimetru a použitých metod jsou prezentovány i výsledky testování.

Měřicí systémy v sítích TLD

Daniela Ekendahl, Zdeněk Prouza, Michaela Fáberová

SÚRO, Bartoškova 28, Praha 4, 140 00, ČR

daniela.ekendahl@suro.cz

Práce pojednává o sítích termoluminiscenčních dozimetrů (TLD) provozovaných resortem Státního úřadu pro jadernou bezpečnost v rámci realizace Radiační monitorovací sítě České Republiky. Podává základní informace o provozu TLD sítí a popisuje používané systémy termoluminiscenční dozimetrie. Dále popisuje systém pasivních elektronických do-

zimetrů jako doplněk v rámci provozu sítě TLD v případě mimořádné radiační situace, kdy mohou být vyšší nároky na časnost poskytování výsledků měření. Uvádí porovnání výsledků jednotlivých měřících systémů. Shrnuje a hodnotí dosavadní zkušenosti a výsledky.

Vývoj nového postupu vyhodnocování osobního dávkového ekvivalentu $H_p(10)$ měřeného neutronovým dozimetrem CSOD

Zdeněk Zelenka

Celostátní služba osobní dozimetrie, s.r.o., Na Truhlářce 39/64, Praha 8, 180 84, ČR
info@csod.cz

K měření veličiny osobního dávkového ekvivalentu $H_p(10)$ od neutronového záření používá Celostátní služba osobní dozimetrie, s.r.o. osobní neutronový dozimetr CSOD (OND CSOD). OND CSOD je stopový dozimetr tvořený detektorem stop ($8\ \mu\text{m}$ Mylar) v kontaktu s dvojicemi radiátorů štěpných trosek UAl a Th.

Měření veličiny $H_p(10)$ je založeno na měření počtu stop za jednotlivými radiátory ρ_{UAl} (UAl–radiátor) a ρ_{Th} (Th–radiátor). Poměr počtu stop za radiátory $P = \rho_{\text{UAl}}/\rho_{\text{Th}}$ dovoluje při použití kalibračního grafu odhad spektra neutronů.

V současné době používaný způsob řešení výpočtu ročního osobního dávkového ekvivalentu $H_p(10)$ od ozáření neutrony nedovoluje vyhodnocení měsíčních hodnot dávkového ekvivalentu $H_p(10)$ menších než 1,25 mSv. Toto omezení bylo dáno nejistotami stanovení veličiny $H_p(10)$ vzhledem k neznalosti primárních zdrojů neutronů a moderací neutronových spekter na jednotlivých pracovištích. Měření měsíčních osobních dávkových ekvivalentů $H_p(10)$ od ozáření neutrony menších než 1,25 mSv lze nyní řešit s ohledem na znalost zdrojů na jednotlivých pracovištích a statistického zhodnocení stanovení nejistoty měření veličiny $H_p(10)$ pro jednotlivé zdroje neutronů na jednotlivých pracovištích.

Na základě provedeného hodnocení nejistoty měření veličiny $H_p(10)$ OND CSOD, které vychází jednak z aktualizace datové základny sledovaných pracovišť, jednak z analýzy několikaletých výsledků měření dávek od neutronů ve sledovaných podnicích a výsledků ozařování dozimetrů CSOD v zahraničí (Neuherberg, Cadarache, IAEA), bylo vypracováno upravené schéma výpočtu neutronových dávek dozimetru CSOD.

Výsledkem je snížení záznamové úrovně měření veličiny $H_p(10)$ na hodnotu 0,5 mSv při měsíčním vyhodnocení dávek. Dále vyřešení nové metodiky vyhodnocování veličiny $H_p(10)$ dovoluje nejen snížit nejistotu měření v oblasti záznamové úrovně, ale zároveň zpřesnit stanovení ročních hodnot veličiny $H_p(10)$. Toto bylo potvrzeno následným experimentem, kdy OND CSOD byly ozářeny v ČMI IIZ 3 různými zdroji neutronového záření ($^{241}\text{Am} - \text{Be}$, ^{252}Cf a ^{252}Cf moderované D_2O) na 3 hodnoty $H_p(10)$: 0,3; 0,6 a 1,2 mSv.

Výsledky experimentu ukázaly, že při znalosti primárního zdroje neutronového záření a jeho moderace je možné vyhodnocovat veličinu $H_p(10)$ i v oblasti kolem hodnoty 0,3 mSv s nejistotou menší než $\pm 25\%$.

Studium fragmentací iontů Ne s primární energií 400 MeV/n za různým stíněním pomocí detektorů stop v pevné fázi

Zlata Mrázová^{1, 2}, Iva Jadrníčková¹,
Kateřina Brabcová^{1, 2}, František Spurný¹

¹ Oddělení dozimetrie záření, ÚJF AV ČR, Na Truhlářce 39/64, Praha 8, 180 86, ČR

² ČVUT FJFI KDAIZ, Břehová 7, Praha 1, 115 19, ČR

zlata.mrazova@gmail.com

Při průchodu záření stíněním dochází v důsledku fragmentací a produkce sekundárních částic v jaderných reakcích ke změně charakteristik pole záření. Informace o produkci sekundárního záření je možné využít k doplnění znalostí o účinných průřezích interakcí těžkých nabitých iontů a také k upřesnění změn dozimetrických charakteristik. To je důležité například pro hadronovou terapii, návrhy stínících materiálů nebo pro odhady radiační zátěže posádek vesmírných lodí. Jednou z možností, jak studovat fragmentace a produkci sekundárních částic, je použití detektorů stop v pevné fázi.

Práce se zabývá studiem průchodu záření iontů neonu různými stínícími materiály právě pomocí detektorů stop v pevné fázi. Detektory byly ozářeny na urychlovači těžkých nabitých částic HIMAC v Japonsku kolmo dopadajícím svazkem iontů Ne

s primární energií 400 MeV/n. Jako stínění bylo použito několik materiálů (PMMA, polyetylen, grafit, železo, měď, teflon), detektory byly umístěny za různými tloušťkami stínícího materiálu až do oblasti před Braggovým píkem.

V práci je prezentováno zeslabení primárních iontů neonu v závislosti na materiálu a tloušťce stínění. Vyhodnocením detektorů stop byla získána spektra lineárního přenosu energie svazku Ne pro různé tloušťky použitých materiálů. Ve spektrech lze rozeznat píky odpovídající jednotlivým fragmentům neonu od fluoru až po beryllium. Ze spekter lineárního přenosu energie byla dále upřesněna celková absorbovaná dávka ve vodě a byl určen příspěvek primárních iontů neonu k celkové naměřené dávce. Výsledky měření byly porovnány se simulacemi pomocí programu PHITS.

Models of aerial radioactive discharges — in a half-way to reality

Petr Pecha¹, Radek Hofman¹, Petr Kuča², Kateřina Zemánková³

¹ Adaptivní systémy, Ústav teorie informace a automatizace, v.v.i., AV ČR,
Pod Vodárenskou věží 4, Praha 8, 182 00, ČR

² Informační systémy, SÚRO, Bartoškova 28, Praha 4, 140 00, ČR

³ Meteorologie a ochrana životního prostředí, Matematicko-fyzikální fakulta, KU,
V Holešovičkách 2, Praha 8, 180 00, ČR

pecha@utia.cas.cz

Extensive progress in research and significant improvement of input data quality and its accessibility together with rapid advancement of computing resources reflect increasing demands of practice on model development. Reliable and up to date information represents basic inevitable conditions for effective management of intervention operations targeted on consequence mitigation during emergency situations. This appeared to be a basic lesson for further progress of emergency preparedness procedures, which has arisen from former accidents where lack of reliable information has shown to be the main reason of poor effectiveness of countermeasures. Crisis management should come out from reliable picture of space and time of accident evolution, which should take into account all available information including physical knowledge of problem, expert judgment of input data, online measurements from terrain and others.

Various models of pollution transport in atmosphere are able to incorporate fundamental features of the problem under different approaches. It relates to dimensionality, calculation domain and grid resolution, parametrization of respective physical phenomena, initial and boundary conditions, computational feasibility. Modifications of the classical *Gaussian* dispersion models have to accept more precise inputs. Transition to *Lagrangian* and *Eulerian* dispersion models represents common tendency in modelling and appears to be inevitable for analysis in microscale region in built-up areas. Lagrangian particle dispersion models together with

proper assimilation techniques should be capable to analyse strongly inhomogeneous and non-Gaussian processes, thus providing a proper tool for emergency management support during local accidents leading to radioactivity dispersal into the living environment (crashes during transportation, terroristic abuse of radiological dispersal devices etc.).

In our contribution we illustrate an adoption of segmented Gaussian plume model (SGPM) when more detailed 3-D meteorological forecast data are used. The purpose of SGPM development is its application in extensive computations as a pivot algorithm of multiple procedure of online Bayesian tracking of the plume trajectory progression. Some comparative particular tests with Lagrangian model HYSPLIT show problems still remaining opened between application of the gridded meteorological forecast and local point meteorological measurements. The presented results of Bayesian tracking of radioactive plume in the early phase of its propagation show that this recursive data assimilation procedure seems to be robust and suitable to manage a certain discrepancies and scenario incompleteness occurring from the same beginning of an accident. The presented SGPM approach brings advantage of fast computation even for large number of realizations and promises to support the decision making process in a real time. According to our opinion, the assimilation of model predictions with observations from terrain is a right way to the realistic predictions.

Práce byly podpořeny Grantovou agenturou ČR, č. projektu 102/07/1596.

Assimilation of spatio-temporal distribution of radionuclides in early phase of radiation accident

Radek Hofman, Václav Šmíd

Oddelení adaptivních systémů, Ústav teorie informace a automatizace AV ČR, v.v.i.,
Pod Vodarenskou vezí 4, Praha 8, 18208, ČR

hofman@utia.cas.cz

Exploitation of the data assimilation methodology in the field of radiation protection is studied. When radioactive pollutants are released into the atmosphere, a radioactive plume is passing over the terrain. The released radioactive material causes pathway-specific irradiation which has detrimental effects on population health. In order to ensure efficiency of introduced countermeasures, it is necessary to predict spatial and temporal distribution of the aerial pollution and material already deposited on the ground. The predictions are made by the means of a numerical dispersion model with many inputs. Output of such a model is a prediction of radiation situation given in terms of radiological quantities. Exact values of the inputs are uncertain due to the stochastic nature of the dispersion, lack of accurate information, etc. Typically, the choice of values of these inputs is subject to an expert opinion. Their subjective choice can introduce significant errors into the predictions and thus decrease the positive impact of the countermeasures. To avoid this, we apply Bayesian approach and treat the parameters as random quantities. We employ data assimilation to improve reliability of model predictions on basis of available radiological measurements.

Data assimilation is the optimal way how to exploit information from both the measured data and expert-selected prior knowledge to obtain reliable estimates of the input parameters. Early identification of the parameters is essential for reduction of uncertainty of the radiation situation predictions. In this paper, sampling-importance-resampling algorithm (particle filter) is used to evaluate posterior

distribution of estimated parameters and improve their estimates on-line as the plume is passing over the stationary measuring sites.

In our experiments we assume that the radiological quantity of interest is the activity concentration in air. The concentration itself is a difficult quantity to measure, therefore the measuring devices are assumed to measure the gamma dose rate. Nonlinear observation operator converting the activity concentration in air in Bq/m^3 to the gamma dose rate in Gy is constructed. It is evaluated by the means of Gaussian quadrature method of numerical integration.

A group of the most significant input parameters affecting the dispersion process was selected using available sensitivity and uncertainty studies performed on dispersion models. The algorithm is tested on a simulated scenario with an instantaneous release of ^{41}Ar . For propagation of the radioactive plume is used basic statistical approximation of the advection-diffusion equation, the Gaussian puff model. Experiment is conducted as a twin experiment when the measurements are simulated via model and perturbed.

The method gives us a joint estimation of spatio-temporal distribution of activity and parameters of the dispersion model. Thus, we obtain improved estimate of the radiation situation on the terrain and a way how to easily extend this estimates to predictions on an arbitrary horizon.

This work is part of the grant project GAČR No. 102/07/1596. This work is also supported by projects MŠMT 1M0572 and GAČR 102/08/P250.

Modelovanie dávkovej záťaže z vypustí trícia počas normálnej prevádzky JE

Juraj Ďúran¹, Irena Malátová²

¹ VUJE, a.s., Okružná 5, Trnava, 918 64, SR

² SÚRO, Bartoškova 28, Praha 4, 140 00, ČR

duran@vuje.sk

V kódach Radiačné Dávky (RD) pre odhad následkov vypustí počas normálnej prevádzky Slovenských a Českých JE sa predpokladá, že trícium je emitované do atmosféry len cez ventilačné komíny a iba vo forme tríciových vodných pár HTO. Okrem toho, tieto kódy modelujú transport kvapalného trícia len procesom difúzie v povrchových tokoch. V skutočnosti, v prípade JE Dukovany sú chladiace veže chladené vodou z nádrží, z ktorých sa vypúšťajú kvapalné odpady do hydrosféry a preto chladiace veže emitujú okrem iných radionuklidov aj trícium. Až doteraz nebola venovaná žiadna špeciálna pozornosť týmto emisiám trícia z chladiacich veží, pretože sa predpokladalo, že takto emitované trícium sa už bralo do úvahy pri výpočte dávkovej záťaže na hydrosféru; odhad dávok pre JE Dukovany bol preto konzervatívny.

Cieľom súčasného výskumu prebiehajúceho na SÚRO je určiť, do akej miery je súčasný odhad dávkovej záťaže okolitého obyvateľstva z trícia konzervatívny a nájsť oveľa vhodnejšiu realističejšiu metódu odhadu. Pre odhad dávok z trícia na okolité obyvateľstvo bol vyvinutý výpočtový kód PTM_HTO. Kód umožňuje modelovať transport trícia v životnom prostredí pri vypustiach do atmosféry a hydrosféry počas normálnej prevádzky JE. Kód umožňuje výpočet dávok pre 4 odlišné fyzikálno-chemické formy trícia: tríciový plyn (HT), tríciová vodná para

(HTO), vodné kvapky s obsahom trícia a organicky viazané trícium (OBT). Výpočtový kód obsahuje model transportu trícia v atmosfére vrátane procesov oxidácie HT na HTO, reemisie HTO z pôdy do atmosféry, vzniku OBT v rastlinách a model na výpočet dávok. Model atmosférickej difúzie trícia ako plynu a vodnej pary bol validovaný na dostupných údajoch z polných experimentov.

Výpočtový kód umožňuje modelovať difúziu emisií trícia z chladiacich veží mokrého typu a z ventilačných komínov. Chladiace veže emitujú kvapky vody s obsahom HTO a tríciovú vodnú paru. Ventilačné komíny emitujú tríciovú vodnú paru a plyn. Reemisie HTO z pôdy je simulovaná s použitím modelu plošného zdroja.

Porovnanie výsledkov výpočtov vykonaných kódmi RD and PTM_HTO poukazuje na to, že keď berieme do úvahy aj emisie trícia z chladiacich veží, kód RD poskytuje maximálnu hodnotu individuálnej efektívnej dávky od hydrosféry približne o 30% menšiu ako v prípade bez emisií z chladiacich veží a dávka od atmosféry je približne o 20% väčšia. Pri tom kolektívna dávka je približne o 30% menšia ako v prípade bez emisií trícia z chladiacich veží.

Práce na tomto projekte boli podporované Štátnym Úradom pre Jadrovú Bezpečnosť Českej Republiky (projekt SUJB-52008).

ESTE EU — new version with Lagrangian Particle Model

Peter Čarný, Miroslav Chylý, Eva Smejkalová, Dušan Suchoň

ABmerit, Nám.J.Herdu 1, Trnava, 91701, SR

smejkalova@abmerit.sk

ESTE EU (Europe) is specific information system for radiological impacts assessment to the territory of selected country (e.g. Czech Republic or Bulgarian Republic) in case of any radiation accident outside or inside the country. The system is modeling the dispersion of radioactive clouds and it also enables to estimate prediction of the source term (release to the atmosphere) for any point of radiation or nuclear accident in Europe. The results of real radiological monitoring are utilized in the process of the source term estimation. For this purpose especially early warning system data (measurements of dose rates) from the territory of the selected country and from the territory of the whole Europe (EURDEP-European Radiological Data Exchange Platform) are used.

It is possible to define various source terms (releases of radionuclides in the form of puffs), with various nuclide composition, various height of release, various point of release and various time of release. Information about threat of impacts (especially information about possible threat of urgent protective measures) to the territory of the selected country is automatically generated by the system. Also the map of modeled real radiological situation (the map of the “real impacts”), once calculated, is in regular time intervals compared with real monitoring data and corrected. The aim of this correction, performed on the base of monitored dose rates, is to make modeled situation as realistic as possible. System is online connected to the sources of data: meteorological data - numerical weather prediction for large part of Europe; measured dose rates across the Europe (from EURDEP).

New features of the system in the newest version of ESTE EU:

- Database of European research reactors is included into the system:

- Information about each research reactor is available and is easy to use by the user
- Geodata (as GIS shape format) with locations of European research reactors was created and can be displayed on the map
- Release or prediction of release can now be placed to the location of any research reactor
- Prediction of radiological impacts of the release from any place in Europe is now calculated (movement of puffs is modeled) up to seven days from the beginning of release.
- Lagrangian Particle Model is implemented into ESTE:
 - Model is based on FLEXPART model – a Lagrangian Particle Dispersion Model developed at the Norwegian Institute for Air Research in the Department of Atmospheric and Climate Research
 - Model enables to cope with real terrain – real terrain height, standard deviation of terrain height and terrain roughness is deliberated. This parameters are taken from numerical weather forecast or could be imported from other sources (height raster, GIS shape files)
 - Model enables to calculate dispersion of radioactive gasses or aerosols below atmospheric boundary layer (ABL) and above boundary layer in the troposphere and the stratosphere
 - Complex implementation of particle model into real time running system ESTE is based on the use of methods of parallel computing. Calculations are performed on the graphical card of the computer with general purpose parallel computing architecture support

Bayesian modeling and prediction of solar particles flux

Kamil Dedecius^{1, 2}, Jana Kalová²

¹ Ústav teorie informace a automatizace, Akademie věd České republiky,
Pod Vodárenskou věží 4, Praha 8, 182 08, ČR

² Katedra aplikovaných věd, Vysoká škola technická a ekonomická v Českých Budějovicích,
Okružní 10, České Budějovice, 370 01, ČR

kamil.dedecius@gmail.com

The impact of subatomic particles ejected from the upper atmosphere of the sun on the electronic devices and humans is the subject of many studies. Besides the spacecraft systems, manned space-flights and launchers, the exposition to space weather has effects on high-altitude air flights, where the penetrating particles must be taken into account as well. The solar particles may pose problems both on human beings and the electronic devices installed in modern airplanes, where the potential malfunctions might be very dangerous, e.g. in the positioning and navigation systems, the communication systems, autopilots etc. These effects comprise the SEE (Single event effects), arising from ionising interactions of the solar particles and leading to both soft errors involving single or multiple bits and hard errors like burn-outs. However, there has been increasing evidence of SEE on equipment even in the sea-level systems.

During the last two decades or so, the researches of the effects of ionisation on aircrew and frequent flyers were undertaken. The increasing awareness of the health risks lead in Europe to Directive 96/29/EU-RATOM, which specifies the demands posed on the

aircraft operators in connection with the exposure to the ionising energy.

In face to this facts, the mathematical modeling of the particles flux becomes still more and more significant, because it would allow to issue early warnings on its increase and therefore the increase in the health and SSE risks.

The prediction of solar particle events can be made upon several physical facts, related to the solar activity, e.g. the hardening of the X-ray flare spectrum etc. Our paper deals with a Gaussian autoregression model, developed in the Bayesian framework and describing the dependency among the measurements of the particle flux. To suppress the impact of old and potentially outdated values, the modeling is based on finite data window combined with the partial forgetting method, allowing to track the possibly slowly varying parameters of the flux. For demonstration purposes, the data are gathered on regular basis directly from the National Oceanic and Atmospheric Administration (NOAA) server, where the satellite measurements from the *Geostationary Operational Environmental Satellite (GOES)* system are available online and updated every 5 minutes.

Odběry a úpravy radioaktivních vzorků v polních podmínkách

Petr Borek, Miroslav Koch, Petr Halas

VF, a.s., nám. Míru 50, Černá Hora, 679 21, ČR

miroslav.koch@vf.cz

Společnost VF, a.s. řeší pro Armádu ČR v rámci programu „SCHOPNOSTI — Dosažení deklarovaných aliančních schopností” projekt „Výzkum metod odběru a úprav radioaktivních vzorků vhodných pro polní analytické metody — RADAL“. Cílem projektu je navrhnout a vytvořit a ověřit metodiky odběrů a úprav potenciálně radioaktivních vzorků všech relevantních forem, odebraných v souladu se standardem NATO AEP-49 tak, aby bylo možné efektivně provést jejich analýzu s ohledem na prostředky pro přípravu vzorků a analytické metody dostupné v polní kontejnerové laboratoři AL-2/r.

Metodiky, jež byly vytvořené na míru prostředkům polní laboratoře, umožňují plně využít potenciál polní laboratoře AL-2/r pro kvalitní analýzy všech možných typů vzorků a použití polní laboratoře při operacích vojenského i nevojenského charakteru v rámci AČR i mnohonárodních sil na území státu i mimo něj.

Předpokládá se, že polní laboratoř AL-2/r bude poskytovat kvalitní analýzy všech typů vzorků. Efektivnost procesu analýzy závisí z velké části právě na kvalitní přípravě vzorků. Na druhou stranu je základním cílem metodik dosáhnout co možná nejnížší časové náročnosti. Přesný výsledek dodaný

laboratoři pozdě ztrácí pro velitele při vedení rozhodovacího procesu a plánování bojové činnosti vojsk význam. Řešitelé, zejména v oblasti mineralizací vzorků, přizpůsobili metodiky tak, aby jejich pracnost nepřesahovala několik málo hodin.

Řešiteli byly navrženy a v současné době jsou ověřovány metodiky odběrů vzorků životního prostředí — půdy, vzduchu (aerosoly), vegetace, trávy a píce, vody, dále urbanistických vzorků, vzorků potravin, vzorků biologických materiálů a vzorků z kontaminovaných povrchů. Byly vytvořeny a experimentovány některé inovativní postupy jako je např. výběr vhodného otěrového materiálu pro provádění stěrů z kontaminovaných povrchů a jejich úprava pro měření pomocí elučních postupů.

Byly navrženy a v současné době jsou ověřovány metodiky úprav vzorků počínaje přijetím vzorků laboratoři až po úpravy vzorků např. pro stanovení sumární alfa/beta aktivity vzorku, extrakční postupy pro stanovení vybraných zájmových radionuklidů atp.

V konečné fázi řešení projektu budou navrženy detailní postupy a technické prostředky, které po jejich doplnění do laboratoře AL-2/r výrazně zefektivní a rozšíří její možnosti.

Studium chování radonu a jeho přeměnových produktů ve spodních vrstvách troposféry

Ivo Burian, Petr Otáhal, Jan Merta

Jaderný odbor, SÚJCHBO, v.v.i., Kamenná 71, Milín, 262 31, ČR

otahal@sujchbo.cz

Radon a jeho dceřiné produkty se často používají jako dobré stopovače v atmosféře při studiu klimatických jevů a při tvorbě klimatických modelů.

Primárním zdrojem radonu v atmosféře je horninové podloží, z něž je možné odhadnout emanaci radonu z plošné jednotky podloží za jednotku času — radonový tok. UNSCEAR (2000) uvádí jako průměrný odhad radonového toku $0.016 \text{ Bq m}^{-2}\text{s}^{-1}$. Hodnota radonového toku není v čase konstantní, ale odvisí od tří základních parametrů: koncentrace radonu v podloží, půdní vlhkosti, permeability prostředí. Metody stanovení radonového toku vyžadují pečlivou interpretaci získaných výsledků v závislosti na sledování atmosférických podmínek při jednotlivých měřeních.

Koncentrace radonu a jeho dceřiných produktů kolísá v závislosti na dynamice atmosféry. Hlavními činiteli ovlivňujícími koncentrace daných radionuklidů jsou suchá a mokrá depozice. Obecně lze pozorovat podobné koncentrační trendy v rámci rozdílu koncentrací mezi dnem a nocí a mezi jednotlivými ročními obdobími. Průměrné koncentrace radonu ve vnějším ovzduší se pohybují kolem 10 Bq m^{-3} UNSCEAR (2000).

V rámci projektu VaV SÚJB 200402 byly sledovány prostorové závislosti koncentrací radonu jak v horizontálním tak ve vertikálním směru.

Retrospektivní průzkum obsahu ^{137}Cs ve smrkové kůře v České republice

Jarmila Pilátová¹, Petr Rulík¹, Jiří Hůlka¹, Ivan Suchara²

¹ SÚRO, Bartoškova 28, Praha 4, 140 00, ČR

² Výzkumny ústav Silva Taroucy pro krajinu a okrasné zahradnictví, Průhonice, ČR
jiri.hulka@suro.cz

V práci jsou presentovány výsledky retrospektivního průzkumu obsahu ^{137}Cs v archivních vzorcích smrkové kůry, odebrané VÚKOZ v rámci mezinárodního projektu monitoringu OSH EHK ICP v roce 1995 v území České republiky, celkem 192 monitorovacích míst. Cílem studie je jednak doplnění dat Černobylské databáze na území České republiky vedené v SÚRO o výsledky z lesních ekosystémů, které jsou v databázi dosud málo zastoupeny, jednak získání pilotních údajů pro studium a modelování transferu

^{137}Cs v lesních ekosystémech. Je stručně shrnuta i problematika modelování šíření ^{137}Cs v části lesního ekosystému. Kromě ^{137}Cs toho jsou presentovány i výsledky měření koncentrace ^{210}Pb ve smrkové kůře.

Výzkum je prováděn na základě projektu SÚJB 1/2008 „Metody hodnocení kontaminovaného území po radiační havárii — význam struktury a funkce krajinného krytu”.

Validácia metódy stanovenia ^{14}C a ^{63}Ni vo vzorke betónu

Ol'ga Rosскопfová¹, Michal Galamboš¹, Matúš Pupák²

¹ Univerzita Komenského v Bratislave, Prírodovedecká fakulta, Katedra jadrovej chémie, Mlynská dolina CH-1, Bratislava, 842 15, SR

² Univerzita Komenského v Bratislave, Farmaceutická fakulta, Katedra chemickej teórie liečiv, Kalinčiakova 8, Bratislava, 832 32, SR

rosskopfova@fns.uniba.sk

Po ukončení prevádzky jadrových zariadení je nevyhnutné určiť údaje o rádioaktivite rôznych materiálov pre klasifikáciu a uloženie rádioaktívneho odpadu. Radionuklidy ^{14}C a ^{63}Ni sú obvyklé kontaminanty odpadových materiálov z prevádzky jadrového reaktora. Vznikajú ožarovaním konštrukčných materiálov. Pri deklarovaní aktivity limitovaných radionuklidov v rádioaktívnom odpade určeného na úložisko a pri hodnotení nízko aktívneho odpadu, ktorý možno uvoľniť do životného prostredia sa stanovujú tzv. ľahko merateľné radionuklidy a tzv. ťažko merateľné radionuklidy, medzi ktoré patrí ^{14}C a ^{63}Ni . ^{14}C vzniká v betóne aktiváciou neutrónmi jadrovou reakciou $^{13}\text{C}(n, \gamma)^{14}\text{C}$ a ^{63}Ni aktiváciou $^{62}\text{Ni}(n, \gamma)^{63}\text{Ni}$.

Skúšobné laboratórium rádiochemickej analýzy na katedre jadrovej chémie PriF UK v Bratislave, akreditované podľa STN EN ISO/IEC 17025:2005 sa v roku 2008 zúčastnilo medzilaboratórneho porovnávania za účelom validácie metódy stanovenia ^{14}C a ^{63}Ni v betóne. Medzilaboratórne porovnanie „Environmental Radioactivity Proficiency Test Exercise 2008“ organizovala inštitúcia National Physical Laboratory. Skúšobné laboratórium dostalo vzorku neutrónmi aktivovaného rozdrveného betónu, ktorý obsahoval rozmanité nuklidy, vrátane ^3H , ^{14}C , ^{40}K , ^{41}Ca , ^{55}Fe , ^{60}Co , ^{63}Ni , ^{133}Ba , ^{152}Eu a ^{154}Eu . Vzorka bola odobratá z betónu, ktorý slúžil ako tienenie jadrového reaktora, ktorého 25-ročná prevádzka bola ukončená pred dvadsiatimi rokmi.

Použitá metóda stanovenia ^{14}C zahŕňa destiláciu vzorky betónu v inertnej atmosfére a následne uvoľnený $^{14}\text{CO}_2$ sa zachytával do scintilačnej flaš-

tičky s Carbo-Sorbom E. Po pridaní Permafluoru E^+ sa vzorka dôkladne premiešala a uchovala v tme. Po 24 hodinách sa preparát meral na kvapalinovom scintilačnom spektrometri TriCarb 2900 TR. Pri stanovení ^{63}Ni sa vzorka pred separáciou spalovala pri 550°C cez noc. Na prevedenie tuhej vzorky do roztoku sa použilo kyslé lúhovanie. Nikel sa izoloval z roztoku vzorky separačným postupom, ktorý zahŕňal oddelenie niklu od železa zrážaním pomocou NH_4OH , vyzrážanie niklu s dimetylglyoxímom a dočistenie niklu extrakčnou chromatografiou na Ni Resin od firmy Eichrom. ^{63}Ni sa stanovil meraním žiarenia beta technikou kvapalinovej scintilačnej spektrometrie.

Kritériom vyhodnotenia výsledkov medzilaboratórneho porovnávania je výpočet odchýlky E_n normalizovanej s ohľadom na stanovenú neistotu, z-skóre a regulačná medza pre odľahlé výsledky. Výsledok je vyhovujúci, ak $|E_n| < 1$, $|z| \leq 2$ a odhad odchýlky laboratória je menší ako $3s$. Stanovenia ^{14}C v betóne sa zúčastnilo 12 laboratórií, z toho vyhovujúcich výsledkov bolo desať. Stanovenia ^{63}Ni sa zúčastnilo 6 laboratórií, z toho vyhovujúce výsledky boli štyri.

Skúšobné laboratórium rádiochemickej analýzy na katedre jadrovej chémie PriF UK v Bratislave dosiahlo v uvedenom porovnaní vyhovujúce výsledky ako pri stanovení ^{14}C tak i ^{63}Ni vo vzorke betónu. Účasť laboratória na medzilaboratórnych porovnávaní poskytuje objektívny dôkaz o úrovni spoľahlivosti a kvalite uvádzaných výsledkov. Overuje sa nimi spôsobilosť akreditovaného laboratória, vrátane overenia udávanej neistoty merania.

Metodika rozkladu živočišných tkání ke stanovení těkavých radionuklidů

Reza Mirchi, Eva Schlesingerová

Radiochemie, SÚRO, Bartoškova 28, Praha 4, 140 00, ČR

reza.mirchi@suro.cz

Popsaná metodika především umožňuje provedení mineralizace biologického materiálu na mokré cestě při teplotě nepřesahující 90°C a tím zamezuje významným ztrátám některých radionuklidů. Předúprava vzorku pomocí lyofilizace a působení ultrazvuku také umožňuje snížení spotřeby minerálních kyselin při následné mineralizaci.

Vzorek tkáně je mineralizován působením kyseliny dusičné a peroxidu vodíku za tepla a normálního tlaku. Do klasického postupu mineralizace na mokré cestě je vložena předúprava vzorku pomocí lyofilizace a působení ultrazvuku.

Metodika byla odzkoušena na těžko rozložitelné biologické matrici (hovězí játra).

ESTE EDU — large update of decision support system for the Crisis Staff of the SÚJB ČR

Peter Čarný, Miroslav Chylý, Eva Smejkalová, Dušan Suchoň

ABmerit, Nám.J.Herdu 1, Trnava, 91701, SR

smejkalova@abmerit.sk

ESTE EDU (Emergency Source Term Evaluation code for Dukovany nuclear power plant) is the emergency response system that helps the crisis staff in assessing the source term, the urgent protective measures and sectors under threat, in assessing real release in calculating radiological impacts of the real release, averted or avertable doses, potential doses and doses during transporting or evacuation on specified routes. System is implemented at the Emergency Response Center at State Office for Nuclear Safety of Czech Republic and also at the National Radiation Protection Institute of Czech Republic in Prague and the crisis staff of the Federal Ministry of Agriculture, Forestry, Environment and Water Management in Vienna is using this system as well. ESTE EDU in its version used at the SÚJB is connected online to the sources of technological and radiological data from the plant, from the area of NPP, from the emergency planning zone and from the early warning system of the Czech Republic and Austria and also to the sources of meteorological data.

The task of the system is to determine automatically actual threat of release to the environment (by detection of symptoms of the event — symptoms of release pathway, state of the core, state of the confinement), to calculate prognosis of radiological impacts and to prepare information for the crisis staff about suggested urgent protective measures in emergency planning zone. Another task is to assess automatically symptoms of the event, according to INES. Further task is to detect automatically symptoms of real release to the atmosphere of the environment and to calculate real radiological impacts (of really observed — not predicted — source term). ESTE EDU can be used for training and emergency exercises (can be used in off-line mode from scenario data set prepared in advance or can be operated fully manually by the user from keyboard).

System is running at the SÚJB since year 2000. In 2009 the large update was prepared for the SÚJB — it contains:

- code re-coding, upgraded system is programmed in C# language, GIS is based on SharpMap, GUI is based on Windows Presentation Foundation, the system is built as client/server system (can be used at standalone PC, too)
- new database of predicted source terms for Dukovany was calculated and is implemented:
 - new core inventory was calculated and implemented (for Gd2M fuel and reactor power 1444 MWt)
 - inventory of reactor spent fuel storage was calculated
 - typical source terms for events during reactor shut down were calculated and added into database of pre-calculated (predicted) source terms
 - typical source terms for events with the loss of confinement tightness were calculated and added into database
- data assimilation process was improved:
 - “real source term” (release to the atmosphere of the environment which was really detected, realized) is now calculated on new dataset of conversion factors calculated for tele-dosimetry system detectors (TDS) in the area of NPP
 - real source term is now corrected (assimilated) not only relative to measured response of TDS in NPP area, but correction is based on early warning system detectors or measurements (EWS) in larger vicinity of Dukovany NPP
 - calculated radiological impacts of “real release” in emergency planning zone and in larger vicinity of the NPP are now corrected (assimilated) on the base of real data from EWS system
- new graphical user interface:
 - much more user friendly, robust and safe
 - using WPF approach
 - more Geo-data implemented- ready to use

Tritium v ČR — výpusti a úrovně v životním prostředí

**Irena Malátová, Miluše Bartusková, Věra Bečková,
Michal Fejgl, Josef Tecl**

SÚRO, Bartoškova 28, Praha 4, 140 00, ČR

irena.malatova@suro.cz

V rámci projektu SÚJB 52008 „Monitorování a hodnocení výpustí z jaderných elektráren obsahujících tritium” byla sesbírána dosud naměřená data o aktivitách tritia v životním prostředí, byla provedena kritická revize těchto dat a sestavena databáze. Bylo zjištěno, že zatímco dat o objemové aktivitě ve vodě je velký počet (pro některé typy vod řádově 10 000), údajů o objemové aktivitě tritia ve vzduchu či vzdušné vlhkosti je poskrovnu; počet těchto odběrů a měření by bylo vhodné rozšířit. Pro odběry vzdušné vlhkosti byla vyvinuta a odzkoušena jednoduchá metodika. Aktivity tritia v životním prostředí v České republice jsou velmi nízké, zvýšené objemové aktivity jsou nalézány pouze ve vodotečích,

do nichž jsou vypouštěny kapalně výpusti z jaderných elektráren. Výpustě do atmosféry i hydrosféry z jaderných elektráren v ČR za celou dobu jejich provozu byly porovnány s odpovídajícími výpustmi z jiných, zejména evropských jaderných elektráren. Při sledování výpustí z JE Dukovany a Temelín byla věnována pozornost zejména jejich variacím v čase a režimu JE.

Dávky obyvatelstvu i pracovníkům jaderných elektráren v ČR jsou velmi nízké, nicméně jim byla věnována velká pozornost zejména vzhledem k dlouhodobým diskusím o radiobiologické účinnosti (RBE) tritia.

Monitorování aktivit tritia v atmosféře, optimalizace metody odběru

Michal Fejgl¹, Věra Bečková¹, Václav Michálek¹,
Ivo Světlík², Lenka Tomášková²

¹ Radiochemie, SÚRO, Bartoškova 28, Praha 4, 140 00, ČR

² Oddělení dozimetrie záření, ÚJF AV ČR, Na Truhlářce 39/64, Praha 8, 180 86, ČR

michal.fejgl@suro.cz

Součástí projektu SUJB 5/2008 „Monitorování a hodnocení výpustí z jaderných elektráren obsahujících tritium“ bylo stanovení aktivit tritia ve vzorcích vzdušné vlhkosti odebraných v okolí jaderných elektráren České Republiky. K odběrům byla použita metoda sorpce vzdušné vlhkosti vysušeným silikagelem. Ke stanovení aktivit tritia byla použita metoda kapalinově scintilační spektrometrie. Během roku 2008 a 2009 byly uskutečněny 4 terénní výjezdy během nichž bylo odebráno celkem 112 vzorků vzdušné vlhkosti v okolí jaderných elektráren Dukovany a Temelín. Naměřené aktivity tritia vykazují výkyvy v rozsahu přibližně od 0,5 do 10 Bq/l, většinu zvýšených hodnot lze vysvětlit blízkostí vodních ploch obsahujících tritiované odpadní vody. Zvýšení aktivity tritia ve vzdušné vlhkosti vlivem odpařování chladicí vody přes chladicí věže nebylo prokázáno. Dále bylo zavedeno pravidelné odebrání vzorků vzdušné vlhkosti ze tří lokalit odlehlých od potenciálních zdrojů tritia. Naměřené hodnoty nevykazují výrazné výkyvy, nicméně rozsah objemových aktivit tritia se

pohybuje v rozsahu přibližně 2 až 3 Bq/l, což je aktivita vyšší, než jsme očekávali. Vzhledem k principu odběrové metody a k používanému postupu zpracování vzorků vyvstalo podezření na cross kontaminaci. Silikagel může sorbovat tritiovanou vodní páru z pracovního prostředí obsahujícího řádově vyšší aktivity tritia. Experimentálním odběrem bylo prokázáno, že cross kontaminace silikagelu tritiem je v podmínkách chemických laboratoří SÚRO reálná. Zároveň bylo kontrolním odběrem vody s minimálním obsahem tritia provedeným mimo laboratoř a následným stanovením tritia prokázáno, že prodloužením doby sušení silikagelu a minimalizací kontaktu vysušeného silikagelu se vzduchem v laboratoři lze vliv cross kontaminace eliminovat. Od června 2009 byl při odběrech v okolí elektráren i v pozadových lokalitách kladen důraz na minimalizaci vlivu cross kontaminace a naměřené hodnoty se od té doby pohybují přibližně v rozsahu 1 až 2,5 Bq/l.

Práce je zaměřena na optimalizaci metody odběru a shrnuje výsledky měření aktivit tritia

Modernizace systému SEJVAL na JE EBO a EMO

Petr Okruhlica, Jozef Virdzek

VF, a.s., nám. Míru 50, Černá Hora, 679 21, ČR

petr.okruhlica@vf.cz

Jedním z hlavních cílů firmy VF, a.s., Černá Hora, je stát se dodavatelem schopným dodat systém radiační kontroly celého bloku jaderné elektrárny. Cesta k tomuto cíli vede od vlastního vývoje detektorů přes lokální autonomní koncentrátoři dat až po nadřazené systémy sběru, zpracování, zobrazení a archivace získaných dat.

Všechny stávající elektrárny typu VVER-440-213 v Čechách a na Slovensku plánují a provádějí postupnou rekonstrukci a modernizaci systému radiační kontroly. Systém radiační kontroly bloku má výsadní postavení mezi všemi systémy JE v tom, že musí být provozuschopný za všech režimů bloku. Z tohoto důvodu nelze odstavit naráz celý systém. Rovněž nezanedbatelné hledisko je finanční náročnost takovéto celkové modernizace. Z výše uvedených důvodů modernizace celého systému SEJVAL na našich elektrárnách probíhá etapovitě.

Historicky nultou etapou byl vývoj a instalace Terminálového Systému Radiační Kontroly „TSRK“, který rozšiřuje systém SEJVAL o možnosti počítačového zobrazení a archivace dat.

První významnou modernizační akcí byla rekonstrukce Centrálního Informačního Systému „CISRK“ na jaderné elektrárně Dukovany.

V pořadí druhá byla výměna 45 kusů koncentrátorů „UVA-09“ systému SEJVAL na elektrárně Jaslovské Bohunice V2. Původní ruské koncentrátoři zajišťovali pouze napájení, ovládání blenkerů detektorů a přenos informace o naměřených hodnotách radiační situace ve formě impulsů s proměnnou frekvencí.

Nové koncentrátoři VF LZJ-10 kompletně zajišťují tyto funkce a proto mohou být průběžně měněny v systému bez nutnosti jeho odstávky — z hlediska stávajícího systému SEJVAL se chovají zcela transparentně.

Do těchto koncentrátorů byla navíc doplněna mikroprocesorem řízená jednotka s 19” průmyslovými rackovými moduly, které zajišťují kompletní zpracování signálů z detektorů na fyzikálně měřenou veličinu.

Tento koncentrátor je schopen autonomního provozu bez spojení s nadřazeným systémem, což odpovídá naší koncepci decentralizace systému RK pro zvýšení jeho spolehlivosti.

Jako třetí v pořadí byla výměna 48 kusů koncentrátorů UVA-09, 15 kusů koncentrátorů UVA-02R a instalace části centrálního informačního systému — Koncentrátoru radiační kontroly „KuRK“ na jaderné elektrárně Mochovce. Informační systém vychází z osvědčené koncepce CISRK, ovšem zde pouze části týkající se přímo systému radiační kontroly bloku SEJVAL.

Zatím poslední v pořadí naše firma pokračovala v modernizaci systému SEJVAL na jaderné elektrárně Jaslovské Bohunice V2. V této etapě byly koncentrátoři doplněny o digitální přenos informací a na dozorně DRK se přistoupilo k úplné náhradě stávajících koncentrátorů UNO-100 a UI-28 a zařízení BUM-32 a BUM-34 „nejvyšší úrovně“ systému SEJVAL. Centrální Informační Systém Radiační Kontroly „CISRK“ opět vychází z naší osvědčené koncepce.

Protože v této etapě zůstávají původní prostředky signalizace stavu radiační situace v bloku zařízení UVA-10 a BVI-12, bylo nutné vyvinout Emulátor Magistrály SEJVAL EMS-01. Tento emulátor plní „inverzní“ funkci k původnímu systému TSRK. Z digitální informace o stavu všech 400 kanálů uložených v databázi centrálního serveru emuluje signály původní magistrály systému SEJVAL tak, aby byla zachována funkčnost signalizace v bloku a dokonce i funkčnost původního systému TSRK.

Dekontaminace kovů vyřazených z důlního dobývání uranu

**Josef Ondřej¹, Tomáš Marek², Jozef Povrazník²,
Jiří Dostál³, Ivan Tichý³, Martin Hejda³**

¹ Ekopron–Metal s.r.o., ČR

² Decomkov Praha s.r.o., ČR

³ AMEC Nuclear Czech Republic, a.s., ČR

marek@decomkov.cz

Spolupracující společnosti Ekopron–Metal s.r.o, Aldeco.CZ (nyní AMEC Nuclear Czech Republic, a.s.) a Decomkov Praha s.r.o v rámci hledání obchodních příležitostí v oblasti dekontaminace kovů s cílem jejich dalšího použití vešli do spolupráce se státním podnikem DIAMO, o.z. Geam Dolní Rožínka. V tomto závodě bylo identifikováno dostatečné množství železného šrotu kontaminovaného přírodními radionuklidy mírně nad uvolňovací úrovně. Tento šrot, představující zajímavý materiál pro naši činnost, nebyl doposud nijak využíván.

Uvedený materiál byl tvořen převážně důlními vozíky, dále pak v malém množství traverzami, kolejnicemi, výhybkami a podobně. Stav materiálu odpovídal míře opotřebení a skladování pod širým nebem. Míra znečištění a koroze neumožňovaly bezprostřední použití dekontaminačních metod, které naše společnost již dříve vyvinuly a používaly. Proto byl úkol řešen jako projekt výzkumu a vývoje s finanční podporou Ministerstva průmyslu a obchodu ČR pod ev.č. 2A-2TP1/112.

Výzkumně-vývojové práce sestávaly jednak z dílčích laboratorních testů, jednak z rozsáhlejších praktických zkoušek a jednak z velkých experimentů, které simulovaly postupy v reálném dekontaminačním provozu (tzv. „čtvrt-provozní nebo poloprovozní zkoušky“). Praktické zkoušky byly prováděny nejprve v KP společnosti Aldeco, posléze byly přesunuty do prostoru o.z. GEAM, kde přešly v poloprovozní zkoušky. Dílčí laboratorní testy, prováděné

u Aldeco.CZ a v Decomkov Praha s.r.o., představovaly zdroj vstupní informace při hledání optimální technologie a při zavádění souvisejících analytických metod.

Praktické zkoušky byly prováděny jednak na fragmentech důlních vozíků z o.z. GEAM a jednak na nerezu materiálu ze záchyty v Kovošrotu Praha, pracoviště České Budějovice. Čtvrt-provozní a poloprovozní zkoušky byly prováděny výhradně na vyřazených důlních vozících v o.z. GEAM.

Vyvíjené a testované metody patří do skupiny mechanických metod (škrabání, broušení, vysokotlaký ostřík, otryskání párou, mokré a suché pískování), dále do skupiny metod chemických (působení kyselin dusičné, fosforečné, sírové, dále pak oxidačních a redukčních činidel). Dále byly testovány metody kombinované (různé formy abraze následované chemickým dočištěním, ohřev, elektrolýza). Metody byly posuzovány z hlediska celkových nákladů na dekontaminaci kovů. Ty byly porovnávány s možnými příjmy z prodeje dekontaminovaného železa jako šrotu. Nejvýhodnější metodou se nakonec ukázalo loužení ve zředěné kyselině sírové kombinované s vysokotlakým ostříkem vodou před a po loužení. Metoda byla (a v modifikované podobě stále je) zkoušena v poloprovozním měřítku.

Autoři by rádi touto cestou poděkovali Ministerstvu průmyslu a obchodu ČR a podniku DIAMO s.p., o.z. GEAM Dolní Rožínka.

Sanace ekologických zátěží v ÚJV Řež a.s. — stav projektu v roce 2009

Petr Kovařík, Josef Podlaha

Centrum nakládání s RAO, ÚJV Řež, a.s., Husinec-Řež č.130, Řež, 250 68, ČR

kvr@ujv.cz

Ústav jaderného výzkumu Řež (dále ÚJV) byl založen v r. 1955. ÚJV je vedoucí výzkumná organizace v jaderné oblasti v ČR. Zajišťuje výzkumnou a vývojovou činnost a uplatnění jejích výsledků v oblasti jaderných technologií a nakládání s odpady. ÚJV provozuje 2 výzkumné jaderné reaktory, horké komory, výzkumné laboratoře, zařízení pro nakládání s radioaktivními odpady (dále RAO), ozařovače, a další technologická zařízení.

V důsledku výzkumných prací, provozu experimentálních i produkčních zařízení a laboratoří, a i jejich postupného vyřazování z provozu vzniklo v ÚJV značné množství RAO, radioaktivně kontaminovaných i ozářených materiálů, technologií a stavebních konstrukcí, včetně vyhořelého jaderného paliva (dále VJP) z výzkumných reaktorů. Všechny tyto zátěže lze podle usnesení Vlády ČR č. 123/93 charakterizovat jako ekologické závazky vzniklé před privatizací ÚJV.

Ekologické zátěže ÚJV jsou v porovnání s ostatními ekologickými zátěžemi v ČR výjimečné tím, že jejich podstatou je kontaminace radioaktivními látkami. Proto pro jejich likvidaci je nutné používat unikátních metod a postupů včetně využití speciálních technologických zařízení.

Likvidace starých ekologických zátěží byla zahájena v roce 2003 a bude ukončena v roce 2014. Sanační práce jsou prováděny samotným ÚJV, který má dlouholeté zkušenosti v oblasti nakládání s RAO a VJP a dekontaminací, má k dispozici pracovníky s odpovídající odborností a potřebné technologické vybavení.

Příspěvek se bude zabývat stavem projektu v roce 2009. Budou v něm rozebrány jednotlivé položky projektu, ukázána jejich rozpracovanost a shrnuty důležité závěry a zkušenosti, které byly v dosavadním průběhu prací získány.

Distribuce plošných a objemových aktivit při terénních testech

**Věra Bečková, Irena Češpírová,
Aleš Froňka, Jiří Hůlka, Petr Kuča, Irena Malátová,
Václav Michálek, Petr Rulík, Jan Škrkal**

SÚRO, Bartoškova 28, Praha 4, 140 00, ČR

jan.helebrant@suro.cz

Jsou presentovány výsledky 4 terénních testů provedených na volném prostranství, při nichž byla rozptýlena radioaktivní látka (RaL) s cílem získat věrohodné soubory dat charakterizujících šíření této látky. Presentace je zaměřena na porovnání distribuci plošných a objemových aktivit na RaL zasažené ploše za reálných meteo-podmínek. Měření vybraných meteorologických veličin bylo prováděno pomocí mobilních automatických meteorologických stanic. Plošné aktivity byly stanovovány pomocí sběrných papírových filtrů rozmístěných jednak horizontálně na ploše polygonu, jednak ve vybraných místech na vertikálně umístěných sloupech o výšce 4, 7 m a na jednom sloupu o výšce 12 m. Aktivity filtrů byly měřeny polovodičovou spektrometrií záření gama (HPGe detektory umístěné ve stínících boxech) na 9 měřících trasách RaL. Ve vybraných místech (až 10 míst) byly odebírány aerosoly ke stanovení objemové aktivity rozptýlené RaL, a to jak běžnými odběrovými zařízeními (SENYA – JL-150, JL-40, JL-100, Sierra Misco) tak i kaskádními im-paktory (Sierra Andersen).

Hodnota plošných a objemových aktivit rozptýlené RaL se lišila v závislosti na uspořádání testu a reálných meteo-podmínkách. V prvním testu byla

celková plošná aktivita deponovaná na detektory pokryté ploše 16% rozptýlené aktivity, ve druhém testu 28%, ve třetím 1% a ve čtvrtém 3% rozptýlené RaL. Rozdíly v hodnotách plošných aktivit jsou dány jednak rozdílným prouděním vzduchu, kterým je aerosol unášen, jednak velikostí nosiče RaL. Podobná zjištění se týkala i objemových aktivit. V presentaci jsou uvedeny a diskutovány distribuce plošných aktivit na polygonu ve směru osy rozptylu RaL a kolmo na osu rozptylu v závislosti na vzdálenosti od místa rozptylu, distribuce plošných aktivit na vertikálně umístěných filtrech a distribuce průměrných objemových aktivit. Jsou uvedeny i výsledky měření velikostní distribuce aerosolů. Pozornost je věnována nejen prostorovým, nýbrž i časovým distribucím plošných a objemových aktivit.

Data získaná v dosud provedených terénních testech poskytují již relevantní zdroj informací dovolující analýzy distribucí plošných a objemových aktivit.

Všechny testy byly realizovány v rámci Projektu VaV č. 2/2008 SÚJB na teritoriu SÚJCHBO Příbram – Kamenná na základě povolení SÚJB a příslušného báňského úřadu.

Metody monitorování radiační situace v černobylské zakázané zóně

Hana Chaloupková¹, Petr Sládek², Marcel Ohera³

¹ ENVINET a.s., Modřínová 1094, Třebíč, 674 01, ČR

² Ústav ochrany proti zbraním hromadného ničení, Univerzita obrany,
Víta Nejedlého, Vyškov, 682 01, ČR

³ EnviMO, Vlčnovská 16, Brno, 628 00, ČR

hana.chaloupkova@envinet.cz

Každoročně probíhá ve spolupráci firem Thermo Fisher Scientific, AKP a Evropského centra technologické bezpečnosti (TESEC) letní škola zaměřená na metody monitorování radiační situace v případě jaderné nebo jiné radiační havárie. Součástí týdenního školení je i měření přímo v tzv. zakázané zóně jaderné elektrárny Černobyl (Chernobyl Exclusion Zone). Informace, postupy a výsledky měření z kurzu, který proběhl v červnu 2009 jsou prezentovány v tomto příspěvku.

Po havárii na 4. bloku jaderné elektrárny Černobyl 26. dubna 1986 se uvolnily do ovzduší radionuklidy o aktivitě přibližně 11 EBq a následkem je asi na 30 000 km² území Běloruska, Ukrajiny a Ruska plošná kontaminace půdy převyšující 185kBq/m² [1]. Následně po havárii, evakuaci obyvatel a zastavení veškeré ekonomické činnosti na území ležícího přibližně v okruhu 30 km od elektrárny zde byla zřízena uzavřená zóna se zákazem vstupu o rozloze cca 2 044 km², kde dnes na některých místech dosahuje plošná aktivita ¹³⁷Cs hodnot až 740 000 kBq/m² [1]. Oblast označovaná jako „Exclusion Zone“ tak poskytuje jedinečnou příležitost pro studium vlivu zvýšené radiace na životní prostředí, jeho jednotlivé systémy a zároveň je prostorem, který umožňuje monitorování radiační situace po havárii v reálných podmínkách.

V rámci kurzu jsou účastníci teoreticky seznamováni s postupy získávání dat, odběru a zpracování vzorků z kontaminované oblasti a všemi souvisejícími činnostmi. V praxi pak probíhá nácvik důležitých aktivit mimo zakázanou zónu, v místě průběhu kurzu, a konečně samotné měření v zakázané zóně zahrnuje zmapování vybrané plochy v zóně s použitím dostupné techniky. V rámci letošního kurzu byly k dispozici pro měření dávkového příkonu monitory FH40 G-10, pro kontrolu kontaminace se sondou FHZ 732 a z řady přenosných měřidel RadEye B20 (Thermo Fisher Scientific). Každý účastník exkurze byl vybaven elektronickým dozimetrem EPD Mk2 (Thermo Fisher Scientific) pro odečítání obdržené dávky. Hodnoty dávkového příkonu byly měřeny také pomocí přístroje P-DOSE (Pico Envirotec) vybaveného GPS navigačním systémem. Pro spektrometrická měření byl použit terénní spektrometr P-GIS 128 (Pico Envirotec) a polovodičový detektor HPGe s přenosným analyzátozem (ORTEC).

Podrobné výsledky a výsledky z dalších měření budou uvedeny v prezentaci.

Literatura:

- [1.] Bar'yakhtar V. et al.; Comprehensive risk assessment of the consequences of the Chornobyl accident, TESEC (Project No. 369), Kiyv 1998

Problém nehomogenní radioaktivní kontaminace při leteckých měřeních

Irena Češírová, Jiří Hůlka

SÚRO, Bartoškova 28, Praha 4, 140 00, ČR

jiri.hulka@suro.cz

Při vypracování nových postupů sběru dat a metod hodnocení kontaminovaného území po rozsáhlé radiační havárii, lokální kontaminaci nebo při hledání ztracených zářičů je nutné analyzovat otázku správné interpretace nehomogenní kontaminace. Článek se zabývá otázkou možnosti leteckých měření při záchytu jedné nebo několika blízkých nehomogenních ploch či bodových zářičů, jejich rozlišitelnosti,

otázkou odezvy systému na plochy/disky různého poloměru a schopností systému správně reálnou kontaminaci interpretovat. Je analyzován problém odezvy leteckých spektrometrických měření i odezvy jednoduchých leteckých měření dávkového příkonu.

Výzkum je prováděn na základě projektu SUJB 1/2008 „Metody hodnocení kontaminovaného území po radiační havárii — význam struktury a funkce krajinného krytu“.

Letecká měření (IRIS, polovodičový detektor, PDOSE)

**Irena Češpírová, Aleš Froňka, Jan Helebrant,
Lubomír Gryc**

SÚRO, Bartoškova 28, Praha 4, 140 00, ČR

irena.cespirova@suro.cz

Pro letecká měření v rámci Radační monitorovací sítě je Státní ústav radiační ochrany vybaven systémem IRIS, který obsahuje scintilační krystal (16 litrů). Účinnost takového systému je dostatečná pro většinu i nehavarijních měření, problémy ovšem mohou nastat při měření složitější směsi radionuklidů např. po radiační nehodě na JE spojené s únikem radioaktivních látek do životního prostředí. Scintilační spektrometrie má bohužel poměrně špatné rozlišení jednotlivých energetických linií ve spektru — např. 609 keV (^{214}Bi) a 662 keV (^{137}Cs) nebo 604 keV (^{134}Cs) a 662 keV (^{137}Cs), složitější spektra nezvládá vůbec.

Proto byl při posledním leteckém monitorování přibrán na palubu vrtulníku i polovodičový detektor, aby byla vyzkoušena možnost použití takového přístroje (jeho odolnost vůči vibracím, posouzení účinnosti...). Mimo to byl testován další systém měřící pouze dávkové příkony a zeměpisné souřadnice (PDOSE a Mobile Data Acquisition System — MoDAS) pro eventuální jednoduché využití tam, kde není nutné — nebo nepřichází z nějakých důvodů v úvahu — použít systém IRIS.

Poster je věnován výsledkům měření s těmito třemi přístroji v oblasti Příbrami.

Měření příkonu fluence a spektra neutronů v okolí výzkumného reaktoru LVR-15

**Zdena Lahodová^{1, 2}, Ladislav Viererbl^{1, 2},
Vít Klupák¹, Milan Marek^{1, 2}**

¹ Divize reaktorových služeb, ÚJV Řež, a.s., Husinec-Řež č.130, Řež, 250 68, ČR

² Centrum výzkumu Řež s.r.o., Husinec-Řež č. 130, Řež, 250 68, ČR

laz@ujv.cz

Reaktor LVR-15 je lehkovodní výzkumný jaderný reaktor umístěný v areálu Ústavu jaderného výzkumu v Řeži u Prahy s nominálním tepelným výkonem 10 MW. Jedná se o víceúčelové zařízení zaměřené hlavně na materiálový výzkum, dalšími činnostmi jsou např. výroba radioizotopů, neutronová aktivační analýza a neutronová záchyťová terapie.

Při provozu jaderného reaktoru je v aktivní zóně reaktoru generováno intenzivní záření, z hlediska radiace ochrany se jedná především o záření gama a neutronů. Toto záření je postupně zeslabováno vrstvou vody primárního okruhu, ocelovou reaktoro-

vou nádobou a betonovým stíněním. Přesto záření v okolí reaktoru není z radičního hlediska zcela zanedbatelné.

Pomocí Bonnerova spektrometru byly změřeny příkony fluence a spektra neutronů v několika bodech v okolí jaderného reaktoru. K měření byl použit scintilační detektor s krystalem LiI(Eu) a sadou osmi polyetylenových koulí v rozsahu průměrů 0 až 300 mm. Změřené příkony fluence neutronů se většinou pohybovaly v řádech jednotek až tisíců neutronů za sekundu na cm².

Výsledky radiační ochrany v provozu JE Dukovany a JE Temelín v roce 2008

Vladimír Kulich¹, kolektiv autorů^{1, 2}

¹ řízení radiační ochrany, ČEZ, a.s., JE Dukovany, Dukovany, 675 50, ČR

² řízení radiační ochrany, ČEZ, a.s., JE Temelín, Temelín, 373 05, ČR

vladimir.kulich@cez.cz

Ve společné prezentaci pracovníků ČEZ, a. s. JE Dukovany a JE Temelín jsou formou plakátového sdělení představeny hlavní výsledky oblasti radiační ochrany v provozu obou elektráren v uplynulém roce 2008. Pozornost je soustředěna na radiační zátěž personálu obou českých jaderných elektráren a dále na velikost plyných a kapalných výpustí. V grafech jsou uvedeny hodnoty celkové efektivní dávky personálu vztažené na jeden reaktorový blok

a dále sledované hodnoty aktivity radioaktivních vzácných plynů, aerosolů, jódů, uhlíku ^{14}C , aktivity výpustí plyného a kapalného tritia, aktivity aktivních a štěpných produktů. Z grafického srovnání jsou patrné dlouhodobé trendy u každého z prezentovaných parametrů. Cílem prezentace je mj. doložení velmi nízkých hodnot výpustí z obou jaderných elektráren do životního prostředí a jejich zanedbatelný vliv na radiační zátěž obyvatelstva.

Rekonstrukce měření plyných výpustí v JE Kozloduy

Stanislav Kočvara, Libor Bačovský, Martin Večeřák

VF, a.s., nám. Míru 50, Černá Hora, 679 21, ČR

stanislav.kocvara@vf.cz

Poster informuje o účasti společnosti VF, a.s. na projektech JE Kozloduy v Bulharsku, financovaných EBRD. Společnost VF, a.s. se aktivně podílela na projektech modernizace monitoringu plyných výpustí ve ventilačních komínkách JE Kozloduy, a to jak dodávkou nových zařízení, tak úpravou původních technologií.

Akce probíhala v letech 2008–2009 a byla rozdělena do dvou projektů:

Projekt č.1 — Modernizace systému monitorování plyných výpustí na bloku 1–4.

Projekt zahrnoval dodávku Systému pro vzorkování aerosolů, ^3H a ^{14}C ve ventilačních komínkách 1.–4. bloku včetně dodávky laboratorních přístrojů potřebných pro vlastní měření a vyhodnocení aktivity v pořízených vzorcích. Druhou částí projektu pak byl návrh a dodávka komplexního systému pro vzorkování kapalných výpustí na staniče

odpadních vod opět včetně dodávky laboratorních přístrojů k vyhodnocování vzorků.

Projekt č.2 — Dodávka a instalace automatizovaného systému pro stanovení radionuklidového složení a koncentrace radioaktivních vzácných plynů ve ventilačních komínkách na 5. a 6. bloku a v budově aktivních pomocných provozů 3.

Dodávka obsahovala 5 monitorů vzácných plynů NGM-2000, vzorkovací potrubí, elektroinstalace a počítačovou síť.

V rámci obou projektů zajišťovala společnost VF, a.s. komplexní projektové řešení, výrobu, dodávku včetně instalace a uvedení do provozu a na závěr rovněž komplexní zaškolení obsluhy. Součástí předkládaného posteru jsou fotografie, které zachycují pracoviště JE Kozloduy v období provádění prací i fotografie jednotlivých zařízení.

^{241}Pu — význam a způsoby stanovení

Milan Buňata

SÚRO, Bartoškova 28, Praha 4, 140 00, ČR

milan.bunata2@suro.cz

^{241}Pu je jediným beta zářičem z rodiny běžných izotopů plutonia, které vznikají při provozu jaderných reaktorů. Oproti ostatním má relativně krátký poločas rozpadu, cca 14 let. Radioaktivní přeměnou beta minus z něj vzniká další neméně významný radionuklid, ^{241}Am . Tato skutečnost je příčinou, proč např. v oblasti Černobylu na Ukrajině narůstá aktivity ^{241}Am .

Při jaderném štěpení vznikají poměrně vysoké aktivity ^{241}Pu , až o řády vyšší, než ostatních izotopů plutonia. Na druhou stranu, energie beta záření tohoto radionuklidu je pouhých 20 keV, což v kombinaci s absencí gama záření radikálně (a neoprávněně) snižuje jeho význam. Například stanovením poměrů aktivit ^{241}Pu a ostatních izotopů může vést k určení typu zdroje, který tuto izotopovou směs vyprodukoval.

Bentonitové bariéry v multibariérovom systéme hlbinných geologických úložísk – štúdium adsorpčných procesov

Michal Galamboš, Olġa Rosskopfová, Veronika Paučová, Martin Daňo, Pavol Rajec

Univerzita Komenského v Bratislave, Prírodovedecká fakulta, Katedra jadrovej chémie,
Mlynská dolina CH-1, Bratislava, 842 15, SR

galambos@fns.uniba.sk

Ílovité horniny — bentonity, ktoré sú charakterizované dobrou reologickou, mineralogickou, chemickou a nemenej významnou radiačnou stabilitou je zvažované použiť ako tesniace bariéry v multibariérovom systéme hlbinného geologického úložiska pre vysokoradioaktívne odpady a vyhoreté jadrové palivo. Predurčuje ich k tomu predovšetkým priaznivé sorpčné správanie sa ku kationovým formám ekologicky významných rádionuklidov, ďalej nízka priepustnosť, vysoká napučiavaca schopnosť, vysoký merný povrch, plasticita, pufrovacia schopnosť, tepelná vodivosť, vysoká pevnosť pri tlaku a šmyku, nízka stlačiteľnosť a vysoký modul deformácie.

Na území Slovenskej republiky sa nachádza niekoľko významných ložísk bentonitových hornín. Najznámejšie a dlhodobovo ťažené ložisko bentonitu tvorené Al-Mg montmorillonitom je v oblasti Slovenského stredohoria v lokalite Stará Kremnička: Jelšovský potok. V tejto oblasti je ešte jedno čiastočne ťažené ložisko andezitového bentonitu tvorené Fe-montmorillonitom: Lieskovec. V oblasti východoslovenských neovulkanitov sú dve v súčasnosti ťažené ložiská ryolitových bentonitov: Kuzmice a Lastovce (Al-Mg montmorillonit). Okrem toho sa v tejto oblasti nachádzajú momentálne neťažené ložiská Nižný Hrabovec, Fintice, Nižný Žipov a Velaty. Ložisko Dolná Ves (illit/smektit) je súčasťou Jastrabskej formácie.

Adsorpcia na bentonitoch zohráva kľúčovú úlohu v zastavení migrácie uložených rádionuklidov z prostredia úložiska. Ide o dlhožijúce aktivačné produkty a produkty štiepe-

nia uránu, vyznačujúce sa vysokou migračnou schopnosťou (napr. ^{137}Cs ($T_{1/2}=11019$ d), ^{60}Co ($T_{1/2}=1925,4$ d), ^{90}Sr ($T_{1/2}=10281$ d), ^{99}Tc ($T_{1/2}=2,111\cdot 10^5$ r), ^{147}Pm ($T_{1/2}=958,0$ d), ^{155}Eu ($T_{1/2}=4,7611$ r), ^{129}I ($T_{1/2}=5,734\cdot 10^9$ d), ^{239}Pu ($T_{1/2}=8,806\cdot 10^6$ d), ^{240}Pu ($T_{1/2}=8,811\cdot 10^6$ d), ^{241}Am ($T_{1/2}=1,578\cdot 10^5$ d)). Predikcia migračného stupňa aktivačných produktov a produktov štiepenia uránu je závislá od sorpčných charakteristík bentonitových bariér. Po úniku do životného prostredia sa sorbujú na prírodné matrice a dochádza k ich začleneniu sa do potravinového reťazca. Prítomnosť takýchto rádiotoxických kovov vyvoláva v živých organizmoch rôzne somatické a genetické zmeny, a preto sledovaniu adsorpcie týchto rádionuklidov je venovaná značná pozornosť.

Základná príčina sorpčného správania sa bentonitov je daná prítomnosťou záporného náboja na povrchu častíc smektitov, s ktorým bezprostredne súvisí schopnosť prijímať a vymieňať v medzivrstvom priestore vymeniteľné kationy. Sorpčné vlastnosti bentonitov sú dané chemickým a mineralogickým zložením bentonitov, hodnotou kationovej výmennej kapacity a merným povrchom.

Štúdium sorpčných vlastností bentonitu je neodmysliteľným krokom pre vypracovanie modelu migrácie pre rádionuklidy. Pozornosť sa sústreďuje na rýchlosť adsorpcie a na vplyv rôznych činiteľov pôsobiacich na sorpčné procesy bentonitových bariér, ktoré sa uplatňujú v okolí uloženého radioaktívneho odpadu v hlbinných geologických podmienkach.

Role leteckých měření při stanovení kontaminace krajinného krytu po havárii JEZ

Jiří Hůlka, Irena Češpírová, Jan Helebrant

SÚRO, Bartoškova 28, Praha 4, 140 00, ČR

jiri.hulka@suro.cz

Předložená analýza je součástí rozsáhlejšího výzkumného projektu, jehož cílem je vypracování nových postupů sběru dat a metod hodnocení kontaminovaného území po radiační havárii se zaměřením na hodnocení funkčních aspektů krajinného krytu. Článek se zabývá možností využití leteckých měření pole záření gama k zjištění reálné kontaminace krajinného krytu. Letecká měření s využitím citlivých detektorů jsou efektivní metodou pro měření plošné kontaminace terénu s rychlostí mapování kontaminovaných ploch řádu ($10\text{--}100\text{ km}^2/\text{h}$). To je umožněno díky rychlé odezvě detekčních systémů, rychlosti letu $100\text{--}200\text{ km/h}$ i poměrně velkému „zornému poli“ ($> 100\text{ m}$ při výšce letu 100 m). Na podkladě provedených výpočtů odezvy a citlivosti leteckých detekčních systémů (gama-spektrometrických i zjednodu-

šených měření dávkového příkonu) byla analyzována použitelnost těchto měření pro potřeby krizového managementu v zemědělství tj. zejména použitelnost pro rychlé třídění kontaminovaných ploch a rozhodování o opatřeních. Jsou rozebrány technické otázky optimální výšky a rychlosti letu z hlediska potřebných minimálně detekovatelných plošných aktivit i potřebné rychlosti sběru dat. Jsou řešeny i otázky kvalifikovaného odhadu kontaminace na základě jednoduchých leteckých měření dávkového příkonu při očekávaném radionuklidovém složení spadu po velké havárii JEZ.

Výzkum je prováděn na základě projektu SUJB 1/2008 „Metody hodnocení kontaminovaného území po radiační havárii — význam struktury a funkce krajinného krytu“.

Developing GIS based decision-support tools for agricultural counter-measurements after radiation accident

**Pavel Kepka¹, Jan Procházka¹,
Jakub Brom¹, Emilie Pecharová²**

¹ Katedra krajinného managementu, Jihočeská univerzita v Českých Budějovicích,
Zemědělská fakulta, Studentská 13, České Budějovice, 37005, ČR

² Katedra rostlinné výroby a agroekologie, Jihočeská univerzita v Českých Budějovicích,
Zemědělská fakulta, Studentská 13, České Budějovice, 37005, ČR

jbrom@zf.jcu.cz

There is a whole variety of possibilities proposed by EURANOS datasheets for agriculture, for mid- and long-term counter-measurements after contamination of crops by radiation. We have developed a set of supportive tools for decision-makers within the project “Methods of evaluation of contaminated territory after radiation accident — the meaning of structure and functioning of a land cover”. Our tools are based on ArcGIS® platform and Python™ programming language.

We have developed a simple model for estimating the current biomass of the polluted crops. Inputs for this model are: a shapefile of land cover data, database table with customizable plant growth characteristics and shapefile of polluted areas. The model provides a shapefile data set of estimated amounts of biomass of selected crops per hectare for a given day. The results are helpful for better performing of the countermeasure “Early removal of crops”. A total amount of polluted waste, logistic costs (transport

of people and material; required time; other costs) could be estimated only with basic GIS tools. Number of days expected for the harvest can be also calculated and compared with dose and half-lives of contaminating radionuclides. This analysis could also lead to “Do nothing” decision, especially in case of radionuclides with short time of half-life.

Future projects: we will develop a model for a set of countermeasures based on ploughing as the mayor tool. In this case we will incorporate soil type and crop slope to the model. It is important to adjust both the models according to the radioactive dose. This part of the project will be fulfilled in cooperation with National Radiation Protection Institute of the Czech Republic.

This work was supported by grant of State Office of Nuclear Safety of the Czech Republic No. SÚJB 1/2008 VZ 60009700 — “Methods of evaluation of contaminated territory after radiation accident — the meaning of structure and functioning of a land cover”.

Use of remote sensing methods in searching for agricultural measures following possible radiation accident

**Hana Vinciková¹, Martin Hais³, Jan Procházka¹,
Jakub Brom¹, Pavel Kepka¹, Emilie Pecharová²**

¹ Katedra krajinného managementu, Jihočeská univerzita v Českých Budějovicích,
Zemědělská fakulta, Studentská 13, České Budějovice, 370 05, ČR

² Katedra rostlinné výroby a agroekologie, Jihočeská univerzita v Českých Budějovicích,
Zemědělská fakulta, Studentská 13, České Budějovice, 370 05, ČR

³ Katedra biologie ekosystémů, Jihočeská univerzita v Českých Budějovicích,
Přírodovědecká fakulta, Branišovská 31, České Budějovice, 370 05, ČR

hanavincikova@seznam.cz

Land cover data have been lately included into many environmental studies. They are often used in agricultural studies for crop classification, yield estimates or monitoring of meteorological conditions. Remote sensing methods are considered very important for studies of vegetation cover. The remote sensing data can be used for radiation safety security, in particular for monitoring of polluted agricultural production and its distribution. The quality of remote sensing data and consequently its use are dependent on many factors, in particular on technical parameters of the used sensors and on optical characteristics of the studied surface. Data from multispectral optical systems with high spatial resolution, such as LANDSAT 5 TM (30 m), SPOT 4 (10 m) RapidEye (6,5 m) etc., are suitable for land cover classification because they cover large areas and their spectral resolution is suitable for studying vegetation. Using these data, however, has also some disadvantages. First, the scanning of these data is impaired by unsuitable atmospheric conditions. Second, there is often a rather long time lag (days to weeks) before the data are accessible to the user. The radar data may serve as another remote sensing data source. The scanning of radar data is not negatively influenced by weather conditions and the access to the data is quick (time lag of no more than 3 to 4 days). Data classification based on the radar data is less accurate if compared to that based on

the optical data. To increase the accuracy of classification it is good to combine optical multispectral data with the radar data.

For vegetation monitoring in radiation safety use two factors are crucial, speed and reasonable reliability. In the studied area JETE (nuclear power plant Temelín, Czech Republic) the automatic classification methods (LANDSAT — supervised, SPOT — unsupervised) were used for the tested classification of remote sensing data. When using supervised classification the accuracy of the classification depends on the quality of the tested data. To improve the classification accuracy we used information on grown crops as supportive data. The information was provided by farmers and by the Land Parcel Identification System (LPIS), which is a register of land used for farming and its use. The supportive data from LPIS are planned to be one of the input data sources for an upcoming model for determining the biomass production.

This work was supported by project of State Office of Nuclear Safety of the Czech Republic No. SÚJB 1/2008 VZ 60009700 — “Methods of evaluation of contaminated territory after radiation accident — the meaning of structure and functioning of a land cover” and project of Ministry of Education, Youth and Sports of the Czech Republic MSM 6007665806. We also thank to Ministry of Agriculture for providing of the LPIS database.

Softwerová podpora pre evidenciu a vyhodnocovanie rádioaktívnych odpadov a vyhoretého jadrového paliva

Beáta Gažová, Daniel Belokostolský

Divízia informačných technológií, VUJE, a.s., Okružná 5, Trnava, 918 64, SR

gazova@vuje.sk

Informačný systém evidencie a vyhodnocovania rádioaktívnych odpadov bol vyvíjaný od roku 1998. Systém bol prvotne nasadený v spoločnosti Slovenské elektrárne ako súčasť integrovaného informačného systému ARSOZ, pre základnú evidenciu RAO od jeho vzniku po jeho spracovanie a uloženie. V priebehu rokov bol tento systém zdokonaľovaný a v súčasnosti predstavuje komplexný informačný systém pre evidenciu RAO a vyhodnotenie spracovania s priamym prepojením na technologické spracovateľské linky.

V roku 2008 bol pre potreby Republikového úložiska Mochovce realizovaný informačný systém RAP, ktorého prioritným cieľom je evidencia všetkých uložených rádioaktívnych odpadov na úložisku s celou históriou vzniku (tzv. tracking), kontrola prijateľnosti a uložitelnosti RAO vo forme VBK, grafická prezentácia úložiska, ako i sumárne údaje o množstvách RAO u jednotlivých pôvodcov (A1,V1.V2,EMO) a spracovateľa RAO (VYZ). Zároveň systém RAP uchováva údaje o vyhoretom jadrovom palive dočasne uskladnenom v MSVP, s možnosťou evidencie VJP aj z iných MBA. V súčasnosti je systém RAP v produkčnej prevádzke RÚ, ktorého prevádzkovateľom je spoločnosť JAVYS a.s..

Informačný systém pre podporu nakladania s RAO je efektívnou a spoľahlivou podporou pre procesy súvisiace so sledovaním RAO vo všetkých etapách nakladania s nimi od vzniku, spracovania až po uloženie v úložisku v zmysle platnej legislatívy SR a medzinárodných doporučení pre nakladanie s RAO. Úlohou informačného systému je efektívne podporovať procesy nakladania s RAO pri splnení definovaných požiadaviek a poskytovať všetky relevantné informácie vrátane agregovaných výstupov - štatistiky, prehľady a pod. pre potreby vyhodnotenia a menežmentu procesov.

Modul pre nakladanie s RAO v rámci systému ARSOZ zabezpečuje:

- Evidencia RAO, Evidencia hodnôt parametrov pre RAO, import hodnôt parametrov
 - Preprava RAO, import resp. export údajov o preprave a prepravovaných RAO
 - Obalové súbory RAO, Evidencia hodnôt parametrov pre obalové súbory
 - Spracovanie RAO a úprava RAO (optimalizácia naplnenia VBK), tracking
 - Evidencia Skladov, Skladovanie RAO
 - Prezeranie a export údajov, Tlačové výstupy, „tracking“ vo forme stromu
 - Ekonomické hodnotenie procesov spojených so skladovaním, spracovaním, prepravou a uložením RAO, plánovanie a hodnotenie skutočností (porovnanie plánu so skutočnosťou), prognózy
 - On-line prepojenie na technologické spracovateľské linky a meracie zariadenia, čítačky čiarového kódu, grafická prezentácia liniek s možnosťou indikácie určených parametrov a chodu linky (nie je v systéme RAP)
- Systém RAP okrem funkčnosti identických so systémom ARSOZ obsahuje navyše tieto oblasti:
- kontrola prijateľnosti a uložitelnosti RAO vo forme VBK
 - evidencia úložných priestorov a uloženie RAO, integrálny sklad a skladovanie neuložiteľného RAO
 - grafická prezentácia uložených RAO a neuložiteľného RAO v integrálnom sklade s možnosťou zobrazenia detailu RAO, jednotlivých vrstiev úložiska a možnosť vykonať preskladnenie
 - grafická prezentácia VJP až do úrovne prútikov s možnosťou zobrazenia detailnej informácie o danom objekte (zásobník, kazeta, prútik)

Štúdium korelačných a škálujúcich faktorov rádionuklidov v rádioaktívnych odpadoch

Silvia Dulanská, Ľubomír Mátel, Dušan Galanda

Prirodovedecká fakulta UK, Mlynská dolina, Bratislava, 84215, SR

dulanska@fns.uniba.sk

Medzinárodné štandardy dávajú nariadenia a odporúčania pre základnú metodológiu vyhodnocovania rádioaktivity ťažko merateľných rádionuklidov v nízko a stredne aktívnych rádioaktívnych odpadoch. Na určenie koncentrácií ťažko merateľných rádionuklidov (prevažne alfa emitujúce rádionuklidy) sa využívajú korelácie s ľahko merateľnými tzv. kľúčovými rádionuklidmi. Metóda aplikujúca korelácie, sa nazýva škálovacia faktorová (scaling factor) metóda. Norma ISO 21238:2007 odporúča na vyčíslenie škálujúcich parametrov rovnicu geometrického priemeru, alebo zjednodušenú lineárnu regresiu logaritmu aktivity kľúčových a ťažko detegovateľných rádionuklidov. Pretože logaritmickou transformáciou dochádza k porušeniu pôvodného rozdelenia náhodných chýb, bol navrhnutý nový, rigorózný spôsob predikovania aktivity ťažko merateľných rádionuklidov počítačovou výstavbou regresného modelu zohľadňujúci softvérové a štatistické poznatky posledných rokov. Výstavba regresného modelu počítačovou metódou regresného tripletu zachováva pôvodné rozdelenie chýb a stavia model z originálnych dát. Metóda najmenších štvorcov poskytuje optimálne výsledky

len pri súčasnom splnení predpokladov o experimentálnych dátach a regresnom modeli. Regresná diagnostika obsahuje postupy na identifikáciu zložiek tzv. regresného tripletu ako je kvalita dát a kvalita navrhnutého modelu, pričom musia byť splnené základné predpoklady metódy najmenších štvorcov. Pokiaľ tieto predpoklady nie sú splnené, je metóda najmenších štvorcov a navrhnutý model nevhodný nielen z fyzikálneho, ale hlavne štatistického hľadiska. Tieto základné predpoklady sa stali kľúčovými pri výbere regresného modelu ako vhodného na štatistické vyhodnotenie získaných experimentálnych výsledkov. Pre overenie akýchkoľvek teoretických prognóz ohľadne výskytu ľahko, resp. ťažko merateľných rádionuklidov je nevyhnutný určitý súbor experimentálnych výsledkov. Pri ich prezentovaní musia byť získané hodnoty nielen správne vypočítané, ale aj štatisticky správne vyhodnotené a interpretované. Následne vytvorený a regresnou diagnostikou overený model je potom možné použiť na predikovanie aktivity ekologicky významných rádionuklidov, akými sú aj rádionuklidy ^{241}Am , $^{239,240}\text{Pu}$, ^{238}Pu , ^{90}Sr .

Deklarovanie obsahu rádionuklidov v rádioaktívnych odpadoch z jadrových elektrární

**Ľubomír Mátel, Oľga Roskopfová,
Silvia Dulanská, Dušan Galanda**

Univerzita Komenského v Bratislave, Prírodovedecká fakulta, Katedra jadrovej chémie,
Mlynská dolina CH-1, Bratislava, 842 15, SR

matel@fns.uniba.sk

Počas prevádzky jadrovej elektrárne vznikajú rádioaktívne odpady, ktoré majú chemické a rádionuklidové zloženie závislé na rôznych parametroch. Deklarovanie obsahu rádionuklidov v rádioaktívnych odpadoch je úzko späté s prognózou, praktickou významnosťou, experimentálnou a finančnou dostupnosťou, resp. nedostupnosťou. Skutočný obsah rádionuklidov v rádioaktívnych odpadoch (spájaný s určitou neurčitostou) možno rozdeliť na experimentálne stanovenie (rádiomentrické a metrologické metódy), pričom je potrebné uvažovať s možnosťou ťažkostaviteľnosti, ktorá je na jednej strane obmedzená množstvom (koncentráciou, hmotnostnou aktivitou) na druhej strane s detekciou (detekčný limit; interferencie) a deklarovanie pomocou výpočtu, pričom základ tvorí model a vstupné údaje. Dôležitú úlohu zohráva tiež

reaktorová nukleogéza. Čiastočné metrologické zabezpečenie obsahuje systémy na detekciu gama rádionuklidov (napr. ^{137}Cs , ^{134}Cs , ^{60}Co , $^{110\text{m}}\text{Ag}$, ^{54}Mn), alfa rádionuklidov ($^{239,240}\text{Pu}$, ^{238}Pu , ^{241}Pu , ^{237}Np , ^{241}Am , ^{238}U , ^{235}U), beta rádionuklidov (^{90}Sr , ^{14}C , ^{99}Tc , ^{129}I , ^{79}Se , ^{63}Ni). Úplné metrologické zabezpečenie obsahuje hmotnostnú spektrometriu s indukčne viazanou plazmou (ICP-MS — inductively coupled plasma mass spectrometry) TIMS (thermal ionization mass spectrometry), RIMS (resonance ionization mass spectrometry), AMS (accelerator mass spectrometry). V príspevku sú uvedené reálne súvislosti a teoretické možnosti pri deklarovaní požadovaných rádionuklidov v odpadoch z JE Jaslovské Bohunice a Mochovce.

Aplikácia metód extrakčnej chromatografie pri stanovení alfa rádionuklidov v rádioaktívnych odpadoch

Dušan Galanda, Ľubomír Mátel, Silvia Dulanská

Univerzita Komenského v Bratislave, Prírodovedecká fakulta, Katedra jadrovej chémie,
Mlynská dolina CH-1, Bratislava, 842 15, SR

galanda.dusan@centrum.sk

Extrakčná chromatografia je technika, ktorá kombinuje selektivitu rozpúšťadlovej extrakcie s ľahkými procesmi na chromatografickej kolóne. Správanie extrakčného chromatografického materiálu vyplýva z niekoľkých parametrov: retencia, selektivita, účinnosť, stabilita (fyzikálna, chemická a rádičná), možnosť regenerácie a opätovného použitia.

Pri stanovení alfa rádionuklidov vo vzorkách či už životného prostredia alebo z jadrovoenergetických zariadení sa primárna pozornosť zameriava na stanovenie obsahu vybraných izotopov plutónia a amerícia ako ekologicky významných kontaminantov životného prostredia. Zároveň si treba uvedomiť, že stanovenie rádionuklidov emitujúcich alfa žiarenie vyžaduje dôkladné zakoncentrovanie a separáciu rádionuklidov od interferujúcich prímiesí a to ako rádioaktívnych, ktoré v konečnom dôsledku negatívne ovplyvňujú presnosť spektrometrického stanovenia, tak aj ostatných kationov kovov, ktoré negatívne ovplyvňujú výťažok rádiochemickej separácie.

V predkladanom príspevku prezentujeme postupy a výsledky rádiochemickej separácie izotopov plutónia a amerícia z kvapalných odpadov z JE Jaslovské Bohunice a Mochovce. Analyzované rádionuklidy boli separované extrakčnými sorbentami dodávanými pod komerčným názvom TRU[®], TEVA[®] a DGA[®]. Aplikácia týchto materiálov viedla k výraznému zníženiu množstva použitých chemikálií na cca 20 % oproti kvapalinovej extrakcii a zároveň k úspore času na 50 %, pod podmienkou, že extrakcia prebiehala za zníženého tlaku prácou na podtlakovom systéme Vacuum box systém.

Negatívom prezentovaných postupov stanovenia alfa rádionuklidov je hlavne cena jednotlivých separácií, ktorá je vzhľadom na vysokú cenu extrakčných sorbentov neporovnateľne vyššia, ako pri kvapalinovej extrakcii. Problematickým sa taktiež javia obmedzené možnosti opakovaného použitia extrakčných materiálov a ich regenerácie. Napriek tomu predstavuje použitie sorbentov posun dopredu oproti klasickým rádiochemickým separačným metódam.

Experience with the Modernization of Equipment Used at Radioactive Waste Repositories in Czech Republic and Bulgaria

**Andrea Vaculínová, Stanislav Kočvara,
Libor Bačovský, Jitka Kadlecová**

VF, a.s., nám. Míru 50, Černá Hora, 679 21, ČR

andrea.vaculinova@vf.cz

In the presentation the overview of several modernization and new investment projects realized in radioactive waste repository Richard Czech Republic and Novi Han Bulgaria will be given.

Amongst other:

- Design and construction of hot cells for works with high activities up to 2 000 TBq.
- Supply of solid waste segmented gamma scanner used for characterization of low and/or intermediate level waste to be stored in the repository or aimed to be free released.
- Supply of radiation monitoring systems used to monitor working environment and releases
- Supply of various health physics equipment.
- Supply of technology for decontamination and liquid waste processing.
- Technology for testing of containers for radioactive waste (tip A, B(U), B(M)).

The above mentioned projects were realized from 2004 to 2009.

Vplyv nehomogénnej distribúcie produktov premeny radónu na dozimetrické a mikrodozimetrické kvantifikátory rizika

Radoslav Böhm¹, Antonín Sedlák²,
Karol Holý¹

¹ KJFB, Fakulta matematiky, fyziky a informatiky UK, Mlynská dolina, Bratislava, 842 48, SR

² Státní ústav radiační ochrany, Šrobárova 48, Praha 10, 100 00, ČR

bohbm@fmph.uniba.sk

Podľa posledných výskumov viac ako 80% radiačnej záťaže obyvateľstva spôsobujú prírodné zdroje žiarenia a z nich najvýznamnejším je ^{222}Rn [1]. Krátkožijúce produkty ^{222}Rn sa pri vdychovaní koncentrujú na pomerne malú plochu dýchacích ciest, ožarujú bazálne bunky pľúcneho epitelu a tým zvyšujú pravdepodobnosť poškodenia DNA s následným vznikom zhubného nádoru.

Odhad radónového rizika je v súčasnosti založený na predpoklade, že aerosoly sú deponované v dýchacom trakte homogénne. Podľa teoretických štúdií a experimentálnych údajov [2] sú však aerosoly pri dýchaní vplyvom zotrvačnosti intenzívne zachytávané v bifurkálnej oblasti pľúc, čo spôsobuje silnú nehomogenitu v ich distribúcii. Nehomogénna depozícia produktov premeny radónu môže významne meniť radiačné riziko.

Cielom príspevku bolo analyzovať vplyv tejto nehomogenity na kvantifikátory rizika. Na určenie mikrodozimetrických charakteristík sme vytvorili geometrický model [3]. Priedušky a priedušnice sme nahradili valcovými trubkami, ktorých vnútorný povrch bol pokrytý vrstvou mucusu a riasiniek. Jadrá terčových buniek sme aproximovali sférami s priemerom $10\text{ }\mu\text{m}$. Nehomogenita bola modelovaná škvrnami tvaru štvorca rôznych rozmerov, ktoré sa umiestňovali na začiatku valcovej trubky. Stupeň nehomogenity bol charakterizovaný parametrom f , ktorý určoval pravdepodobnosť, že alfa častica je emitovaná zo škvrny. Pri analýze sme uvažovali o rôznom zastúpení ^{214}Po a ^{218}Po v radiačnej zmesi. Za kvantifikátor rizika sme zvolili faktor kvality a prírastok relatívneho rizika ERR. Na výpočet ERR sme použili mikrodozimetrický model prahovej ener-

gie [4], ktorý bol nakalibrovaný epidemiologických údajmi o výskyte rakovinu pľúc zozbieranými Lubinom [5].

V práci sme podrobne analyzovali vplyv niektorých parametrov (dĺžka dýchacej cesty, stupňa nehomogenity, zloženie radiačnej zmesi, veľkosť škvrny a pod) na radiačné riziko. Dospeli sme k záveru, že nehomogenity môžu významne ovplyvniť faktory kvality o viac ako 20 percent, významne vplýva na zastúpenie glancing buniek v pľúcnom tkanive, ale nemá významný vplyv na predikciu ERR.

Literatura:

- [1.] UNSCEAR — Report 2000 Sources and effects of Ionizing Radiation, Vol 1, United Nations, New York 2000
- [2.] Szoke I, Balashazy, Farkas A, Hofmann W.: Effect of inhomogeneous activity distributions and airway geometry on cellular doses in radon lung dosimetry. Radiat. Prot. Dosim., 2007
- [3.] Böhm R., Nikodémová D., Holý k.: Use of Various Microdosimetric Models for the Prediction of Radon Induced Damage in Human Lungs. Radiat. Prot. Dosim. Vol. 104, No.2, 2003. s.127-137.
- [4.] Sedlák, A.: Microdosimetric approach to the problem of lung cancer induced by radon progeny. In: Health Physics, Vol. 70, 1996. s. 680-688
- [5.] Lubin, J., H. and et al: Lung Cancer in Radon-Exposed Miners and Estimation of Risk From Indoor Exposure. In: Journal Of The National Cancer Institute 87 (11), 1995, s. 817-827

Porovnání kalibračních měření volné a vázané frakce produktů přeměny radonu ve vzduchu pomocí inverze Jacobi–Porstendörferova modelu

Josef Thomas, Karel Jílek

SÚRO, Bartoškova 28, Praha 4, 140 00, ČR

josef.thomas@suro.cz

Metoda měření volné a vázané frakce objemových aktivit produktů přeměny radonu ve vzduchu je zatím ve stadiu vývoje. Jsou prezentovány některé nesrovnalosti ve výsledcích měření čtyř metrologických laboratoří (SMS, Příbram, PTB Braunschweig, HPA Chilton, SÚRO Praha). Metoda inverze vý-

sledků měření dle Jacobi–Porstendörferova modelu, která poskytuje odhady parametrů tohoto modelu, t.j. rychlosti usazování p.p.Rn na aerosol (X), na povrchy (q_f a q_a) a odražené frakce R , poskytuje možnost analyzovat příčiny nesrovnalostí, např. vliv nehomogenní distribuce RaA ve vzduchu místnosti.

Ověření dávek měřených sondou BICRON metodou Monte Carlo

Jiří Martinčík, Lenka Thinová

ČVUT FJFI KDAIZ, Břehová 7, Praha 1, 115 19, ČR

jiri.martincik@fjfi.cvut.cz

Pro gama spektrometrická měření *in situ* a stanovení dávkových příkonů je možno použít systém měření, který spočívá v detekci pole záření v 1 metru nad zemí anebo přímo na zemském povrchu. V prvním případě jsou dávkové příkony stanovovány na základě modelového výpočtu odezvy detektoru, v druhém případě jsou dávkové příkony v 1 metru nad zemí počítány z obsahů K, U a Th podle doporučení IAEA 2003 a takovéto gama spektrometrické sondy je možné kalibrovat na umělých standardech. V ČR se kalibrační základna pro pozemní gama spektrometry nachází v Bratkovicích u Příbrami a je tvořena 4-mi válcovými standardy o průměru 2 m a tloušťce 0,62 m — standard K (16,57% ^{40}K), standard U (29,3 ppm ^{238}U), standard Th (3,6 ppm ^{232}Th) a pozadovým standardem, tvořeným pískem. Pro srovnání obou typů přístupů ke stanovení dáv-

kových příkonů byla použita měření a modelové výpočty pro sondu Gama Surveyor firmy GS Instruments se scintilačním detektorem NaI(Tl) velikosti $3'' \times 3''$ a výškou středu detektoru 79 mm nad měřeným povrchem. Spektra naměřená na jednotlivých standardech kalibrační základny v Bratkovicích byla porovnávána s teoretickými spektry, modelovanými metodou Monte Carlo.

Spektra byla modelována pomocí výpočetního kódu MCNPX. Pro výpočet byl vytvořen geometrický model sondy BICRON s detektorem NaI(Tl) 3M3/3. Jedná se o válcovou sondu o průměru 10 cm a délce cca 60 cm umístěné na kalibračním válci o průměru 2 m a tloušťce 0,62 m. Tento model byl následně použit pro simulování odezvy ve stejné geometrii jako při kalibračních měřeních.

Odhad nejistot stanovení objemové aktivity radonu z krátkodobých integrálních měření

Renáta Dubčáková¹, Pavel Praks²

¹ Katedra bezpečnostního inženýrství, VŠB-Technická univerzita Ostrava, Fakulta bezpečnostního inženýrství, Lumírova 13, Ostrava-Výškovice, 700 30, ČR

² Katedra aplikované matematiky, VŠB-Technická univerzita Ostrava, Fakulta elektrotechniky a informatiky, 17. listopadu 15, Ostrava-Poruba, 708 33, ČR

renata.dubcakova@vsb.cz

Objemová aktivita radonu ve vnitřním ovzduší budov je výrazně variabilní, proto správné měření a hodnocení úrovně radonu v budově může být obtížné. Podle Doporučení Státního úřadu pro jadernou bezpečnost [1] je základní metodou měření časového integrálu objemové aktivity radonu. Příspěvek je zaměřen na nejistoty typu A [4,5], způsobených kolísáním naměřených hodnot krátkodobých integrálních měření. Analýza je aplikována na reálných datech naměřených systémem pro integrální elektretovou dozimetrii radonu RM-1 [3]. Stanovení nejistot naměřených dat bylo vyhodnoceno statistickými metodami. Závěrem jsou výsledky analýz integrálních měření porovnány s daty naměřenými kontinuálním monitorem radonu [2].

Tento příspěvek vznikl za podpory interního grantu Fakulty bezpečnostního inženýrství, VŠB — Technické univerzity Ostrava č. 040/2101/BIO409031 a také za podpory MŠMT ČR, projekt č. 1M0647 (CQR.CZ).

Literatura:

- [1.] Metodický návod pro měření na pracovištích, kde může dojít k významnému zvýšení ozáření z přírodních zdrojů, a určení efektivní dávky. Doporučení. Státní úřad pro jadernou bezpečnost, 2007
- [2.] Návod k přístroji monitor radonu Radim3A. Ing. Jiří Plch – SMM
- [3.] Návod k použití Systému pro integrální dozimetrii RM-1. Dr. Froňka NUKLEÁRNÍ TECHNIKA. Duben 2003
- [4.] Nejistoty v měření I: vyjadřování nejistot, Automa č. 7-8. 2001
- [5.] Nejistoty v měření II: nejistoty přímých měření, Automa č. 10. 2001

Sledování transportu radonu ve stavební konstrukci

Kateřina Rovenská^{1, 2}

¹ ČVUT FJFI KDAIZ, Břehová 7, Praha 1, 115 19, ČR

² SÚRO, Bartoškova 28, Praha 4, 140 00, ČR

katka.rovenska@gmail.com

V případě, že stěna není od podloží odizolovaná, mohou vysoké koncentrace radonu v podloží díky difuzi radonu zdivem, způsobit vysoké koncentrace radonu v interiéru. Cílem experimentů bylo nejdříve simulovat v laboratorních podmínkách šíření radonu zdivem. V další etapě pak sledování koncentrací radonu ve zdi reálné stavby. Pomocí programu Radon2D byly provedeny simulace laboratorní zdi s cílem objasnit chování koncentrací radonu v jednotlivých odběrných bodech.

V první fázi byl postaven sloupek se základnou 40×30 cm (3 cihly) a výškou 110 cm. Sloupek byl umístěn v laboratorních podmínkách. Cihly pro výstavbu byly cca 50 let staré, ke zdění bylo použito směsi kopaného písku a vody. Zdroj radonu, kvádr z ocelového plechu rozměrů cihly, naplněný materiálem se zvýšeným obsahem radia a opatřený difusní spárkou, byl umístěn v základně sloupku. V sloupku bylo s odstupem dvou pater vytvořeno celkem šest

odběrových míst pro jednorázové odběry. Pomocí jednorázových odběrů byla po dobu 4 měsíců sledována koncentrace radonu. V následujícím období bylo ze sloupku postupně odebíráno vždy po dvou či více patrech a pomocí monitoru Radim3 byla sledována exhalace z povrchu sloupku (stropu). Monitor Radim3 byl pro sledování přísunu z materiálu uzavřen v plastové krabici připevněné na sloupek pomocí akrylového tmelu.

Další experiment byl realizován v podmínkách reálné stavby. Jako experimentální zeď byla zvolena metr široká kamenná zeď. Do zdi bylo ve vertikále umístěno 5 odběrových sond umožňujících jednorázové odběry vzorků vzduchu pro stanovení koncentrace radonu. V odebraných vzorcích se stanovovala koncentrace radonu. Koncentrace radonu v podloží se pohybovala okolo 300 kBq/m^3 .

Experimenty byly provedeny v rámci VaV 10/2006.

Pilotní studie velikostní distribuce aerosolových částic v ovzduší uranového dolu Rožínka

Helena Malá, Petr Rulík, Jiří Hůlka

SÚRO, Bartoškova 28, Praha 4, 140 00, ČR

helenamala@suro.cz

Radiologická závažnost radionuklidů při inhalaci závisí jak na druhu, aktivitě a chemické formě radionuklidu, tak na aerodynamických vlastnostech aerosolových částic, se kterými je radionuklid spojen. Naším záměrem bylo stanovit velikostní rozdělení aerosolových částic svázaných s uranem a jeho dceřinými produkty v prostředí uranového dolu Rožínka, který je posledním místem, kde se dnes uran v České republice těží.

Ke stanovení rozdělení byly použity kaskádní impaktory (KI), které byly umístěny opakovaně ve třech vytipovaných místech, kde by pracovníci dolů mohli být vystaveni nejvyššímu příjmu inhalací. Odběry byly provedeny ve spolupráci se Státním ústavem jaderné, chemické a biologické ochrany, v.v.i.. K určení objemových aktivit na sběrných vložkách umístěných na každém stupni KI a na podložném filtru byla použita polovodičová spektrometrie gama.

Experimentální data (závislost aktivity radionuklidů na aerodynamickém průměru částic) byla hodnocena za předpokladu jejich log-normálního rozdělení hlavně pomocí dvou parametrů: aktivitního mediánu aerodynamického průměru (AMAD) a geometrické směrodatné odchylky (GSD).

Z prvních výsledků vyplývá, že většina rozdělení je mírně bimodálních s předělem mezi módy okolo $0,4 \mu\text{m}$. AMAD aerosolu většího než $0,4 \mu\text{m}$ se pohybuje okolo $6\text{--}7 \mu\text{m}$ a GSD okolo $3 \mu\text{m}$. Celkové aktivity (bez rozlišení velikosti aerosolu) jsou v řádu 10^{-3} až 10^{-2} Bq/m^3 . Poměr aktivit dceřiných produktů radonu (^{214}Bi , ^{214}Pb) a ^{226}Ra je blízký hodnotě 0,5.

Práce byla provedena za podpory projektu Výzkum profesionálního ozáření z dlouhodobých přírodních radionuklidů při těžbě a úpravě uranové rudy - VZ60022490.

„RADON” bulletin — 10 let informací pro veřejnost o Radonovém programu 1999–2009

Alena Drábková, Ivana Fojtíková, Josef Thomas

SÚRO, Bartoškova 28, Praha 4, 140 00, ČR

alena.drabkova@suro.cz

Informovanost občanů a specifických cílových skupin musí být nezbytnou součástí radonového programu, pokud má být úspěšný. Periodikum *Radon bulletin* bylo vydáváno po dobu deseti let (1999–2009) během trvání Radonového programu ČR. Jeho posláním bylo seznamovat obyvatelstvo

v obcích postižených radonem, stavební úřady, místní samosprávy i krajské úřady s problematikou radonu ve všech jejích aspektech.

Za dobu 10 let bylo vydáno celkem 19 bulletinů v počtu 3000 výtisků. Náklady na přípravu, tisk a distribuci činily u každého čísla 41.000,- Kč.

Správanie sa objemovej aktivity radónu v ovzduší rodinného domu

Monika Müllerová, Karol Holý

Katedra jadrovej fyziky a biofyziky, Fakulta matematiky, fyziky a informatiky UK,
Mlynská dolina F1, Bratislava, 84104, SR

mullerova@fmph.uniba.sk

Podrobne sme monitorovali rodinný dom na strednom Slovensku, v ktorom objemová aktivita radónu prekračuje legislatívne stanovenú smernú hodnotu na vykonanie opatrení na obmedzenie ožiarovania v existujúcich stavbách s pobytovými priestormi. Táto hodnota je podľa vyhlášky MZ SR č. 528/2007 pre existujúce stavby $400 \text{ Bq}\cdot\text{m}^{-3}$ [1]. Na účely monitorovania objemovej aktivity radónu sme používali dva kontinuálne monitory. Jedným bol radónový monitor AlphaGUARD firmy Genitron [2] a druhým bol nami zostavený kontinuálny monitor na báze litrovej scintilačnej komory [3]. Objemová aktivita ^{222}Rn bola v rodinnom dome kontinuálne monitorovaná v období od apríla 2007 do júla 2008. Cieľom práce bolo zmapovať objemové aktivity radónu v jednotlivých miestnostiach rodinného domu pre lepšie pochopenie správania sa radónu v rámci budovy.

Monitorovaný dom je čiastočne podpivničený a okrem prízemí má aj jedno poschodie. Ako referenčnú miestnosť sme uvažovali miestnosť s najvyššou objemovou aktivitou radónu v celom dome. Objemová aktivita v nej bola sústavne kontinuálne monitorovaná pomocou AlphaGUARDu. Táto miestnosť je umiestnená na prízemí, nie je podpivničená, s oknami orientovanými na východ a proti priamemu vplyvu vetra z východnej strany nie je chránená ďalšími budovami. Veľkú pozornosť sme venovali aj susednej miestnosti, ktorá je taktiež nepodpivničená, ale do ktorej je prísun radónu riadený iným mechanizmom ako do referenčnej miestnosti. Ukazuje sa, že medzi priebehom objemovej aktivity radónu v referenčnej miestnosti a priebehom objemovej aktivity

radónu v susednej miestnosti je v lete skôr antikorelácia a v zime korelácia. Objemová aktivita radónu v referenčnej miestnosti dosahuje približne dvakrát vyššie hodnoty (1022 ± 75) $\text{Bq}\cdot\text{m}^{-3}$ ako objemová aktivita radónu v susednej miestnosti (457 ± 15) $\text{Bq}\cdot\text{m}^{-3}$. Objemová aktivita radónu bola tiež monitorovaná v miestnosti na poschodí, ktorá bola priamo nad referenčnou miestnosťou. Priebehy objemovej aktivity radónu v oboch miestnostiach (na prízemí aj na poschodí) majú podobný tvar. Maximá a minimá objemovej aktivity radónu sa ukazujú v rovnakom období. Objemová aktivita radónu v miestnosti na poschodí však dosahuje približne desaťkrát nižšie hodnoty (140 ± 13) $\text{Bq}\cdot\text{m}^{-3}$ ako objemová aktivita radónu na prízemí v referenčnej miestnosti.

Literatura:

- [1.] Vyhláška Ministerstva zdravotníctva Slovenskej republiky 528/07 zo 16. augusta 2007, ktorou sa ustanovujú podrobnosti o požiadavkách na obmedzenie ožiarovania z prírodného žiarenia
- [2.] V. Genrich: AlphaGUARD PQ2000 / MC50, Multiparameter Radon Monitor, Genitron Instruments GmbH, Frankfurt, Germany
- [3.] M. Müllerová, K. Holý, A. Bujnová, A. Polášková, O. Holá: Continuous Monitoring Systems for Indoor Radon Measurement: Construction and Results of Their Testing, Acta Facultatis Ecologiae, Vol. 16, Suppl. 1 (2007), pp. 141-146

Testing the commercially available air cleaner Ionic-CARE® Triton X6 from the standpoint of radon remedy

Karel Jílek, Josef Thomas

SÚRO, Bartoškova 28, Praha 4, 140 00, ČR

karel.jilek@suro.cz

The air cleaners are often used as a radon remedy especially in houses with high content of contaminated building material with ^{226}Ra . Their application primarily cause reduction of aerosol concentration with deposited activity of radon progeny so called attached fraction of radon progeny and in consequence contribute to decreasing of PAEC and implicitly to reduction of dose from inhalation.

On the other side the cleaners frequently produce also light ions with deposited activity of radon progeny, so called unattached fraction of radon progeny, with AMAD in order of nanometers having high radiobiological efficiency. This fact reversely contributes to increasing the dose.

From those reasons the advisability to use air cleaner as a radon remedy must be tested in context of

relative changes of unattached and attached fraction of radon progeny.

In this contribution will be presented and discussed in more detail the results of testing a commercially available air-cleaner the Ionic-CARE® Triton X6 conducted in atmospheric conditions similar to houses from standpoint of the aerosol concentration and its spectra at the NRPI Radon chamber.

Achieved only approximately 20% relative decreasing the effective dose rate at running the air cleaner compared to state at its outage led to recommendation not to use this type of air cleaners as a radon remedy in houses with higher level of radon concentration.

Radón vo vonkajšej atmosfére rôznych lokalít Slovenska

Martin Bulko¹, Karol Holý¹, Monika Müllerová¹,
Olga Holá², Anna Polášková¹

¹ Katedra jadrovej fyziky a biofyziky, Fakulta matematiky, fyziky a informatiky,
Univerzita Komenského, Mlynská dolina F1, Bratislava, 84248, SR

² Ústav fyzikálnej chémie a chemickej fyziky, Fakulta chemickej a potravinárskej technológie
Slovenskej technickej univerzity, Radlinského 9, Bratislava, 81237, SR

holy@fmph.uniba.sk

Objemová aktivita radónu v prízemnej vrstve atmosféry nie je stabilná. Závisí najmä od exhalačnej rýchlosti radónu z pôdy a meteorologických parametrov. Radón na zmenu meteorologických prvkov citlivo reaguje a je preto považovaný za vhodný indikátor vertikálnych výmenných procesov v atmosfére [1]. Pravidelnosť v časových zmenách niektorých meteorologických prvkov sa prejavuje na priebehu koncentrácie radónu v atmosfére. Jeho objemové aktivity tak vykazujú denné a sezónne variácie [2,3]. Meranie radónu vo vonkajšej atmosfére prináša nielen poznatky o stave atmosféry, ale umožňuje tiež presnejšie ohodnotiť pozadovú radiačnú záťaž obyvateľstva a to ako na lokálnej, tak aj na regionálnej úrovni.

Radón bol kontinuálne monitorovaný v štyroch lokalitách Slovenska. Meracie zariadenia boli umiestnené na pôde Fakulty matematiky, fyziky a informatiky Univerzity Komenského v Bratislave (FMFI UK), v areáli Slovenského metrologického ústavu v Bratislave (SMÚ), v Jaslovských Bohuniciach a v Novákoch. V sledovaných lokalitách boli zistené periodické denné variácie objemovej aktivity radónu, ktoré sa ale vyznačovali určitými rozdielmi.

Denné vlny namerané na FMFI a v SMÚ sa líšili hlavne polohou miním, čo je spôsobené rozdielnou orografiou meracích miest. Porovnanie denných radónových vln na FMFI a v Jaslovských Bohuniciach ukázalo, že pokles koncentrácií radónu začínajúci v skorých ranných a končiaci v popoludňajších hodinách nastáva v Jaslovských Bohuniciach o čosi skôr, čo je zrejme spôsobené skorším dopadom slnečných lúčov na meraciu oblasť v Bohuniciach. Porovnanie denných priebehov na FMFI a v Novákoch poukazuje na časový posun denných priebehov, maximá aj minimá objemovej aktivity radónu sa v Novákoch vyskytujú približne o 2 hodiny skôr. Významný rozdiel bol zaznamenaný v priemernej objemovej aktivite radónu v týchto lokalitách — aktivity na FMFI

sa pohybovali na úrovni $5 \text{ Bq}\cdot\text{m}^{-3}$, zatiaľ čo v Novákoch na úrovni $12 \text{ Bq}\cdot\text{m}^{-3}$. Ako ukázala analýza denných priebehov, zvýšená koncentrácia radónu v atmosfére Novák je zrejme spôsobená zvýšenou exhalačiou radónu z pôdy. Exhalačná rýchlosť v Novákoch bola odhadnutá približne na $40 \text{ mBq}\cdot\text{m}^{-3}\cdot\text{s}^{-1}$, čo je zhruba 2,5-násobná hodnota oproti referenčnej hodnote nameranej na FMFI UK v Bratislave [5]. Vyššia exhalačná rýchlosť v Novákoch zrejme súvisí s odlišným horninovým podložím Novák, ktoré sú známe svojimi podzemnými ložiskami hnedého uhlia. Vypočítaná priemerná ročná efektívna dávka na základe nameraných dát je v Bratislave a Bohuniciach na úrovni $0,06 \text{ mSv}$ a v Novákoch na úrovni $0,13 \text{ mSv}$.

Literatura:

- [1.] Garzon, L. et al.: The Universal Rn Wave. An Approach, Health Physic, Vol. 51, No. 2, (1986) 185-195
- [2.] Gessel, T. F.: Background Atmospheric ^{222}Rn Concentrations Outdoors and Indoors: a Review, Health Physics, Vol. 45, No. 2 (1983) 289-302
- [3.] Holý, K. et al. ^{222}Rn and $^{14}\text{CO}_2$ concentrations in the surface layer of the atmosphere, IAEA-TECDOC-1269, (2002) 59-68
- [4.] Minato, S.: Seasonal Variations in Radon Concentrations in the Lower Atmosphere at Nagoya, Rep. of the Government Industrial Research Institute, Nagoya, 37 (9/10), (1988) 233-240
- [5.] Holý, K., Ridziková, A. et al. 2001. Temporal variability of some radon characteristics of the soil. In: Conference proceedings of XXIV. Days of radiation protection, Demänovská dolina (Slovakia), p. 68-73. ISBN 80-88806-26-27

Rádionuklidy ^7Be a ^{210}Pb ako stopovače vertikálnej výmeny vzdušných mäs v atmosfére

Miroslav Ješkovský¹, Ivan Sýkora¹, Jana Merešová²,
Ján Šimon³, Monika Müllerová¹, Karol Holý¹

¹ Fakulta matematiky, fyziky a informatiky, Univerzita Komenského,
Mlynská dolina F1, Bratislava, 842 48, SR

² Výskumný ústav vodného hospodárstva, Nábřežie arm. gen. L. Svobodu 5,
Bratislava, 812 49, SR

³ Strojnícka Fakulta, Žilinská Univerzita, J.M. Hurbana 15, Žilina, 010 26, SR

jeskovsky@fmph.uniba.sk

Pri skúmaní pohybu vzdušných mäs, ktoré môžu obsahovať rádionuklidy uvoľnené napr. pri prevádzke jadrových zariadení, sú okrem horizontálnych transportov dôležité aj vertikálne výmeny, ktoré v prevažnej miere ovplyvňujú depozíciu rádionuklidov. Na štúdium takýchto vertikálnych výmenných procesov bol v práci použitý kozmogénny rádionuklid ^7Be . Vzniká reakciami trieštenia atmosférických atómov ľahkých prvkov, akými sú napr. dusík, kyslík a uhlík, kozmickým žiarením, prevažne v stratosfére (okolo 70%). Tu sa zachytí na atmosférický aerosól a je transportovaný rôznymi procesmi do nižších vrstiev. Koncentrácie ^7Be vykazujú v prízemnej vrstve atmosféry sezónne variácie, ktoré sú výsledkom niekoľkých procesov, no v prevažnej miere sú spôsobené zmenou výšky tropopauzy, kedy dochádza k výraznejšiemu premiešavaniu vzdušných mäs medzi stratosférou a troposférou. Od januára 2004 do augusta 2009 boli v pravidelných týždenných odberoch v oblasti Bratislavy sledované koncentrácie ^7Be , ktoré sa pohybovali od 0,23 do 5,52 mBq/m³. Okrem koncentrácií ^7Be na aerosóloch boli sledované aj koncentrácie ^7Be v dažďovej vode. Tieto údaje poslúžili ako vstupné hodnoty pre model vertikálneho rozloženia koncentrácie ^7Be v atmosfére. Model vychádza z rovnice kontinuity a predpokladá niektoré základné fyzikálne procesy, ako napríklad vertikálne premiešavanie medzi troposférou a stratosférou, mokrý spad, gravitačnú sedimentáciu aerosólových častíc a rádioaktívnu premenu. Popri hodnotách koeficientov turbulentnej difúzie a koefi-

cientu vymývania bol získaný aj profil rozloženia koncentrácie ^7Be v atmosfére do výšky 30 km.

Na rozdiel od ^7Be , ktoré sa do atmosféry dostáva z väčších výšok, ^{210}Pb sa do atmosféry dostáva z povrchu. Je to produkt premeny ^{238}U a do spodných vrstiev atmosféry sa dostáva po exhalácii ^{222}Rn z pôdy a následných rádioaktívnych premenách. Podobne ako ^7Be vykazujú jeho koncentrácie v prízemnej vrstve sezónne variácie, ktoré sú spôsobené prevažne častými inverznými podmienkami hlavne v zimnom období. Okrem koncentrácií ^{210}Pb , ktoré je zachytené na aerosóloch bola v oblasti Bratislavy sledovaná aj objemová koncentrácia ^{222}Rn vo vonkajšom vzduchu. Porovnanie koncentrácií týchto dvoch rádionuklidov, kedy ^{210}Pb je dcérskym produktom premeny ^{222}Rn , môže poskytnúť zaujímavé informácie o atmosférických procesoch v prízemnej vrstve atmosféry. Pomer koncentrácií $^7\text{Be}/^{210}\text{Pb}$, môže v súvislosti s rozdielnym pôvodom rádionuklidov závisieť od nadmorskej výšky odkiaľ bol transportovaný atmosférický vzduch, od kontinentálnych vplyvov a od vymývacích procesov. Tento parameter môže slúžiť aj ako ukazovateľ transportu vzdušných mäs. Sezónne periódy v priebehu pomerov koncentrácií $^7\text{Be}/^{210}\text{Pb}$ s maximami v jarných a letných mesiacoch a s minimami v jesenných a zimných mesiacoch sú spôsobené vyššou intenzitou vertikálneho premiešavania v letnom období, ktoré prináša kozmogénne rádionuklidy z vyšších vrstiev atmosféry a zároveň potláča rádionuklidy pochádzajúce z povrchu.

Charakteristika dlouhodobých radionuklidů v důlní atmosféře uranového dolu Dolní Rožínka

Ivo Burian, Petr Otáhal, Josef Vošahlík

Jaderný odbor, SÚJCHBO, v.v.i., Kamenná 71, Milín, 262 31, ČR

otahal@sujchbo.cz

Horníci uranových dolů jsou vystaveni třem druhům dávkové zátěže: zevnímu záření gama, ozáření způsobené inhalací krátkodobých přeměnových produktů uranu a inhalací směsi dlouhodobých radionuklidů zejména uran-radiové řady. Vzhledem k absenci thoria se thoriová řada neuvažuje.

Podle vyhlášky Státního úřadu pro jadernou bezpečnost o radiační ochraně 307/2002 Sb. v platném znění je odvozený limit pro směs dlouhodobých radionuklidů emitujících záření alfa uran-radiové řady vdechnutím 1850 Bq za kalendářní rok. V rámci projektu VaV SUJ200402 byla provedena rozsáhlá měření zabývající se stanovením a chováním směsi dlouhodobých radionuklidů v atmosféře uranového dolu Dolní Rožínka. Tento důl je situován v moravském rudním rajonu pole Rožná-Olší. Horninovou náplň tvoří pestrá série moldanubika, reprezento-

vaná hlavně biotitickými až amfibolovými pararuly různě postiženými migmatitizací.

Měření probíhala na třech nejexponovanějších pracovištích v dole a na povrchu: na čelbě, u sypu a na drtírně. Kromě stanovení koncentrací směsi těchto radionuklidů byly sledovány koncentrace radonu a jeho přeměnových produktů, koncentrace a fyzikální vlastnosti aerosolů při jednotlivých činnostech, klimatické parametry a měření prašnosti.

Na čelbě se průměrné koncentrace směsi dlouhodobých radionuklidů pohybovaly kolem $0,34 \text{ Bq}\cdot\text{m}^{-3}$, koncentrace radonu kolem $5700 \text{ Bq}\cdot\text{m}^{-3}$ a koncentrace přeměnových produktů radonu kolem $320 \text{ Bq}\cdot\text{m}^{-3}$. Vysoké F je způsobeno přímou ventilací čelby.

Primárním zdrojem radioaktivního aerosolu v důlní atmosféře je horninová náplň. Z té byly odebrány vzorky pro gamaspektrometrická měření.

Nová rizika záchytů — NORM, TENORM?

Josef Mudra, Karel Svoboda

Centrum nakládání s RAO 1, ÚJV Řež, a.s., Husinec-Řež č.130, Řež, 250 68, ČR

muj@ujv.cz

Ústav jaderného výzkumu Řež a.s. (ÚJV) je vedoucí organizací v oblasti jaderného výzkumu a vývoje v ČR, který mimo jiné poskytuje servis při nálezích zdrojů ionizujícího záření (ZIZ) mimo pracoviště se ZIZ, tzv. záchytech ZIZ. Tato služba je zajišťována mobilní výjezdovou skupinou, která je pro řešení těchto situací adekvátně vybavena (přístrojově, personálně, technicky). Od roku 2003 jsou ÚJV ročně řešeny řádově desítky případů záchytů ZIZ.

Od roku 1997 jsou informace o počtech a druzích záchytů na území ČR dostupné ve Výročních zprávách SÚJB. Ze začátku byly registrovány záchyty ZIZ zejména u společností, které nakládají s kovovým materiálem (např. hutě, kovošrot, šrotiště). V těchto případech šlo především o záchyt umělých radionuklidů (např. vypadlé zářiče z detektoru hluchiny). Tento zdroj byl lehce detekovatelný, jednoduše odstranitelný a tudíž představoval pouze minimální riziko kontaminace dalšího odpadu. S postupem času se, na základě zkušeností s detekcí ZIZ z pracovišť nakládajících s kovovým materiálem, začaly instalovat stacionární monitorovací systémy pro detekci ionizujícího záření i na další pracoviště, kde byl předpoklad, že by se ZIZ mohl objevit (např. spalovny, nebo skládky komunálního odpadu). V tomto období začaly převažovat záchyty ZIZ obsahujících přírodní radionuklidy, a to u obou typů výše uvedených druhů pracovišť. V těchto případech se jednalo o ZIZ, které byly součástí zařízení, např. letecké přístroje, vojenské buzoly s obsahem ^{226}Ra a stavební materiály, u nichž se většinou nejedná o záchyt. Tyto ZIZ byly v záchytu lehce detekovatelné a jednoduše odstranitelné. Riziko kontaminace z těchto ZIZ do okolí je minimální. Od doby, kdy ÚJV poskytuje servis při nálezích ZIZ, nebyl zjištěn žádný případ šíření kontaminace z těchto zdrojů do ostatního odpadu.

V posledních dvou letech byly ÚJV zaznamenány dva případy kontaminace materiálu ve větším objemu a rozsahu než jsou dřívější lokalizované nálezy

ZIZ. Jedná se o případy, kdy bylo zachyceno významné množství materiálu kontaminovaného přírodními radionuklidy. Na základě těchto našich zkušeností se domníváme, že by podobné situace mohly do budoucna představovat významný problém a to především z hlediska finanční a personální náročnosti jeho řešení. V jednom případě šlo o záchyt kovového šrotu, kdy z vagonu byl vyjmut skoro $1,5\text{ m}^3$ materiálu (zemina + kovový šrot), který byl kontaminován přírodními radionuklidy. Ve druhém případě záchytu, shodou okolností také kovového šrotu, došlo k rozšíření kontaminace přírodními radionuklidy po velké ploše areálu pracoviště, kde se s daným kovovým materiálem nakládalo. Výsledkem této poměrně rozsáhlé kontaminace byly několika týdenní sanační a dekontaminační práce, kdy byly celkově izolovány 2 m^3 kontaminované zeminy, kterou bude nutné uložit v odpovídajícím úložišti radioaktivního odpadu. Ani v jednom z těchto případů není přesně znám původce materiálu a rok, kdy se tyto materiály dostaly na pracoviště. Vzhledem ke kontaminaci přírodními radionuklidy a indiciím zjištěným během sanace (jak vagonu, tak i pracoviště), se zdá, že by se mohlo jednat o materiály typu NORM (Naturally Occurring Radioactive Material), resp. TENORM (Technically-Enhanced Naturally Occurring Radioactive Material). Tyto materiály se v těchto pracovištích mohly objevit v souvislosti s likvidací pracovišť, které materiály typu NORM (TENORM) produkují.

Pracoviště produkující materiály typu NORM (TENORM) podléhají mimo jiné zákonu č. 18/1997 Sb. o mírovém využívání jaderné energie a ionizujícího záření (atomový zákon) v platném znění a vyhlášce SÚJB o radiační ochraně č. 307/2002 Sb. ve znění vyhlášky SÚJB č. 499/2005 Sb. Prezentované příklady poukazují na možné budoucí problémy s materiály typu NORM (TENORM), které by mohly pocházet z minulosti nebo z neadekvátního nakládání s odpady na těchto pracovištích.