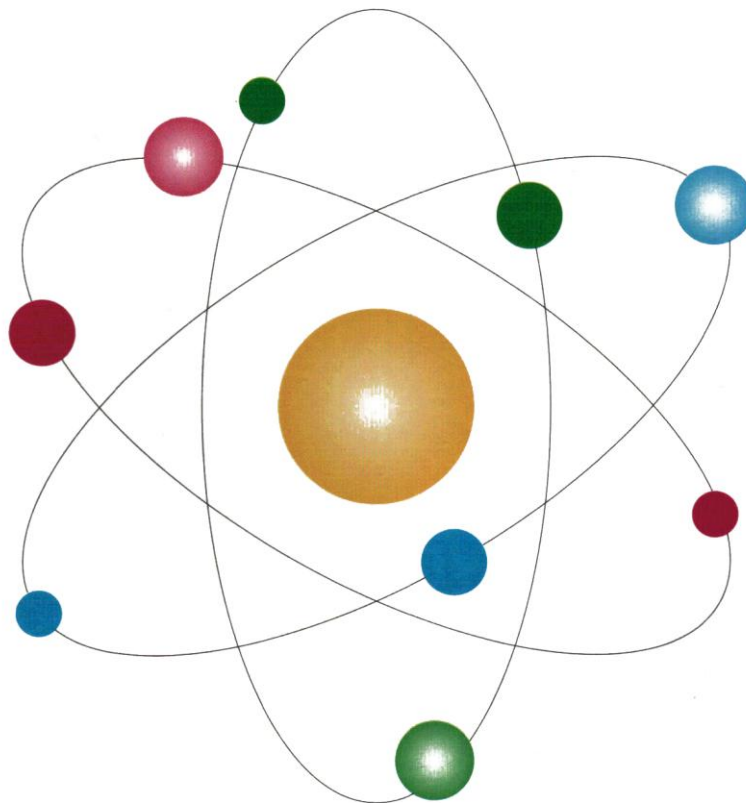


VII Spotkanie Inspektorów Ochrony Radiologicznej



SKORZĘCIN 20-23.06.2012

MATERIAŁY KONFERENCYJNE

ORGANIZATOR

**Stowarzyszenie Inspektorów Ochrony Radiologicznej
Poznań**

Program
VII spotkania IOR 20 - 23.06.2012 r. w Skorzęcinie
Zastosowanie źródeł promieniowania jonizującego w przemysle

20.06.2012 Środa

Przyjazd do Skorzęcina i zakwaterowanie (od godz. 17.00)

godz. 18.30 **Powitanie gości**
godz. 19.00 **Kolacja**

21.06.2012 Czwartek

godz. 9.00 - 9.50 Śniadanie
godz. 9.50 - 10.00 Otwarcie spotkania przez Prezesa SIOR Marię Kubicką

SESJA I WSPÓLNA – POMIARY DOZYMETRYCZNE

Przewodniczą sesji: Jolanta Naniewicz i Ryszard Barański

| Godzina | Wykładowca | Temat |
|----------------|--|---|
| 10.00 -10.15 | <u>Maciej Skarzewski</u> | Centralny rejestr dawek indywidualnych Prezesa PAA. |
| 10.15 -10.30 | <u>Leszek Grzejszczak</u> | Reagowanie na zdarzenia radiacyjne. |
| 10.30 -10.50 | <u>Maciej Budzanowski</u> , Anna Sas-Bieniarz, Pawel Bilski, Anna Bubak, Renata Kopeć | Nowa metoda ponownego odczytu dawki w uprzednio odczytanych detektorach termoluminescencyjnych. |
| 10.50 -11.10 | <u>Krzysztof Ciupek</u> , Katarzyna. Wołoszczuk, Katarzyna.Szewczak | Akredytacja stanowiska promieniowania beta w LWPDiR. |
| 11.10 -11.30 | <u>Maciej Budzanowski</u> , Agnieszka Szumska, Renata Kopeć | Dozymetria na soczewki oczu - nowa metoda i usługa pomiaru Hp(3) w LADIS. |

godz. 11.30 - 12.00 Przerwa kawowa

SESJA II WSPÓLNA – DOZYMETRIA, DAWKI, PZJ

Przewodniczą sesji: Kinga Kapecka i Jan Chaś

| | | |
|--------------|---|---|
| 12.00 -12.30 | <u>Katarzyna Golnik</u> , Maria Kowalska | Cytogenetyczna rekonstrukcja dawki pochłoniętej - usługa pomiarowa CLOR oraz przykłady jej praktycznego zastosowania. |
| 12.30 -13.00 | Grażyna Krajewska, <u>Katarzyna</u> <u>Wołoszczuk</u> , Krzysztof Ciupek | Narażenie pracowników na promieniowanie jonizujące od jodu promieniotwórczego w zakładach medycyny nuklearnej. |

| | | |
|-------------|---------------------------------|---|
| 13.00-13.30 | <u>Marta Bogusz-Czerniewicz</u> | Wstępne wyniki badania ankietowego realizowanego w ramach projektu KE ACCIRAD - Guidelines on risk analysis of accidental and unintended exposures in radiotherapy - wytycznych Komisji Europejskiej w zakresie analizy ryzyka przypadkowych i niezamierzonych napromieniowań w radioterapii. |
| 13.30-14.00 | <u>Wojciech Głuszewski</u> | Maria Skłodowska-Curie prekursorką metody radiacyjnej sterylizacji. |

godz. 14.00 - 15.00 Obiad

SESJA III WSPÓLNA - ENERGETYKA JADROWA - EDUKACJA

Przewodniczą sesji: Patrycja Mantaj i Wiesław Gorączko

| | | |
|--------------|----------------------------|--|
| 15.00 -15.40 | <u>Wojciech Głuszewski</u> | Oddziaływanie promieniowania jonizującego na materię. |
| 15.40 -16.15 | <u>Wiesław Gorączko</u> | Jądrowy cykl paliwowy dla Polski. |
| 16.15 -16.30 | <u>Rafał Pietrzyk</u> | Edukacja dla energetyki jądrowej na uczelniach w Polsce. |
| 16.30 -17.00 | <u>Wojciech Głuszewski</u> | Zastosowanie techniki jądrowych do identyfikacji i konserwacji dzieł sztuki na przykładzie obrazów Rembrandta z kolekcji Lanckorońskich. |

godz. 19.00 - Kolacja

22.06.2012 r. Piątek

godz. 9.00 - 10.00 Śniadanie

SESJA IV ZASTOSOWANIE ŹRÓDEŁ I APARATÓW W PRZEMYSŁE

Przewodniczą sesji: Renata Hausa i Sławomir Inglot

| | | |
|--------------|----------------------------|--|
| 10.00 -10.40 | <u>Wojciech Głuszewski</u> | Przemysłowe zastosowania technik radiacyjnych. |
| 10.40-10.55 | <u>Dariusz Sibilski</u> | Tomografia komputerowa w przemyśle. |
| 10.55-11.30 | <u>Grzegorz Jezierski</u> | Historia muzeum lamp rentgenowskich. |

godz. 11.30 - 12.00 Przerwa kawowa

**SESJA V - NOWELIZACJA PRZEPISÓW Z ZAKRESU OCHRONY
RADIOLOGICZNEJ**

Przewodniczą sesji: Bożena Małek i Jerzy Wojnarowicz

| | | |
|--------------|-----------------------|---|
| 12.00 -12.30 | <u>Renata Hausa</u> | Zmiany w przepisach transportowych. |
| 12.30 -13.00 | <u>Janusz Barczyk</u> | Projekt zmiany Rozporządzenia RM w sprawie stanowisk mających istotne znaczenie dla bezpieczeństwa jądrowego i ochrony radiologicznej oraz IOR. |

godz. 14.00 - 15.00 Obiad

SESJA VI - GOSPODARKA ŹRÓDŁAMI PROMIENIOTWÓRCZYMI

Przewodniczą sesji: Beata Kurek - Gancewska i Janusz Barczyk

| | | |
|--------------|--------------------------|---|
| 15.00 -15.45 | <u>Jerzy Wojnarowicz</u> | Skażenia – metody dekontaminacji. |
| 15.45 -16.30 | <u>Borys Chmielewski</u> | Gospodarka źródłami promieniotwórczymi, ekonomia, środowisko. |
| 16.30 -17.00 | Dyskusja | |

godz. 19.00 – Kolacja

23.06.2012 r. Sobota

**godz. 8.00 - 9.00 Śniadanie
Zakończenie spotkania
Wyjazd ze Skorzęcina**

STRESZCZENIA

| | |
|---|---|
| <u>MACIEJ SKARŻEWSKI</u> | PAŃSTWOWA AGENCJA ATOMISTYKI |
| CENTRALNY REJESTR DAWEK INDYWIDUALNYCH PREZESA PAA | |
| Tematy: Jak poprawnie wypełniać karty zgłoszeniowe do centralnego rejestru dawek? Do czego jest potrzebny Paszport dozymetryczny? 10 lat działalności centralnego rejestru dawek indywidualnych promieniowania jonizującego. | |

| | |
|--|-------------------------------------|
| <u>LESZEK GRZEJSZCZAK</u> | CENTRUM ZDARZEŃ RADIACYJNYCH |
| REAGOWANIE NA ZDARZENIA RADIACYJNE | |
| 1.Podstawy prawne 2.Definicja zdarzenia 3.Rodzaje zdarzeń 4.Plany postępowania awaryjnego 5.Elementy struktury systemu reagowania 6.Prezes PAA 7.System reagowania PAA 8.Zadania CEZAR 9.Monitoring radiacyjny 10.Przekazywanie wyników | |

| | |
|--|--|
| <u>MACIEJ BUDZANOWSKI, ANNA SAS- BIENIARZ, PAWEŁ BILSKI, ANNA BUBAK, RENATA KOPEĆ</u> | INSTYTUT FIZYKI JĄDROWEJ KRAKÓW |
| NOWA METODA PONOWNEGO ODCZYTU DAWKI W UPRZEDNIO ODCZYTANYCH DETEKTORACH TERMOLUMINESCENCYJNYCH | |
| Współczesny rozwój technologii powoduje coraz częstsze wykorzystywanie promieniowania jonizującego w wielu dziedzinach działalności człowieka. Promieniowanie to może być szkodliwe dla zdrowia w związku z czym niezbędne | |

są działania prowadzące do zminimalizowania ryzyka narażenia zawodowego ludzi pracujących z promieniowaniem oraz ciągłość kontroli poziomu ich narażenia.

W Laboratorium Dozymetrii Indywidualnej i Środowiskowej IFJ PAN prowadzone są pomiary dawek promieniowania jonizującego przy pomocy nowoczesnych dawkomierzy TLD. Oprócz wielu zalet pasywne dawkomierze termoluminescencyjne posiadają kilka wad do których należy między innymi brak możliwości powtórnego odczytu dawki. W przypadku gdy pomiar dawki nie był wiarygodny nie istnieje możliwość sprawdzenia poprawności odczytu dawkomierza. W laboratorium LADIS podjęto próby opracowania metody pozwalającej na powtórny odczyt dawkomierza po uprzednim naświetleniu go promieniowaniem UV. Opracowywana metoda pozwoli na weryfikację oraz szczegółową analizę przypadków przekroczeń dawek granicznych.

KRZYSZTOF CIUPEK
KATARZYNA WOŁOSZCZUK
KATARZYNA SZEWCZAK

CENTRALNE LABORATORIUM OCHRONY
RADIOLOGICZNEJ

AKREDYTACJA STANOWISKA PROMIENIOWANIA BETA W LWPDİR

Prawidłowy wybór i stosowanie odpowiednich dawkomierzy odgrywa podstawową rolę w jakości pomiarów wykonywanych dla potrzeb monitoringu indywidualnego lub środowiska, w tym w miejscu pracy. Dawkomierze powinny posiadać odpowiednie parametry metrologiczne dla typu i energii promieniowania. Zgodnie z krajowymi przepisami legislacyjnymi, każdy dawkomierz niewyposażony w źródło kontrolne, powinien być wzorcowany raz w roku (przed pierwszym zastosowaniem a następnie okresowo). Aktualnie, żadne krajowe Laboratorium Wzorcujące nie dysponuje akredytowanymi procedurami w zakresie pomiarów mocy dawek i dawek promieniowania beta. W Polsce zatem, dozymetria indywidualna personelu pracującego w narażeniu na promieniowanie prowadzona jest głównie dla dawki pochłoniętej od promieniowania gamma. W związku z powyższym, Laboratorium Wzorcowania Przyrządów Dozymetrycznych i Radonowych (LWPDİR) w CLOR, zakupiło wzorzec wtórny promieniowania beta BSS 2 (Beta Secondary Standard) produkcji QSA Global GmbH. Stanowisko to wyposażone jest w źródła:

- Pm-147 o średniej energii promieniowania beta równej 0,06MeV
- Kr-85 o średniej energii promieniowania beta równej 0,24MeV
- Sr-90/Y-90 o średniej energii promieniowania beta równej 0,8MeV

W celu polepszenia parametrów wiązki promieniowania beta, do każdego źródła dołączony jest odpowiedni filtr. Stanowisko BSS 2 posiada zautomatyzowany panel sterowany przez operatora przy pomocy komputera. Oprogramowanie wraz z uaktualnianymi przez PTB

(Physikalisch-Technische Bundesanstalt) współczynnikami kalibracji umożliwia prawidłowy odczyt pochłoniętej mocy dawki/dawki zgodnie z obowiązującymi normami ISO. Obecnie Laboratorium Wzorcowania Przyrządów Dozymetrycznych i Radonowych uzyskało nowe świadectwa kalibracji źródeł i przymierza się do zorganizowania porównań międzylaboratoryjnych w zakresie mocy dawki promieniowania beta (wymogi akredytacyjne Polskiego Centrum Akredytacji). W czasie wystąpienia przedstawione zostaną wyniki dotychczasowych prac jak i harmonogram działań mających na celu uzyskanie akredytacji PCA.

MACIEJ BUDZANOWSKI, AGNIESZKA SZUMSKA, RENATA KOPEĆ

INSTYTUT FIZYKI JĄDROWEJ KRAKÓW

DOZYMETRIA NA SOCZEWKI OCZU - NOWA METODA I USŁUGA POMIARU HP(3) W LADIS.

W ostatnich latach zaobserwowano wzrost zainteresowania oceną dawek na soczewki oczu w radiologii interwencyjnej, ze względu na fakt, że zaćma może być indukowana przez dawki promieniowania na poziomie niższym niż dotychczas sądzono. Ostatnie badania epidemiologiczne wykazały, że dawki mniejsze niż 0,5 Gy mogą powodować zaćmę, podczas gdy inne badania sugerują nawet, że nie istnieje taki próg dawki.

W odpowiedzi na nowe dane, ICRP (International Commission of Radiological Protection) oraz BBS (Basic Safety Standards) wydała zalecenie zmniejszające limit dawki na soczewki oka z 150 mSv do 20 mSv. Zalecenie to zostanie przejęte jako podstawowa norma bezpieczeństwa a poprzez UE stanie się wymogiem prawnym. Z tego powodu pomiar dawek na soczewki oczu, w niektórych przypadkach będzie konieczny.

Indywidualne dozymetry osobiste noszone na tułowie Hp(10) czy dawkomierze pierścinkowe Hp(0,07) nie dają możliwości poprawnego zmierzenia dawki na soczewki oka. Detektory oczne pozwalają na precyzyjne pomiary dawek promieniowania na soczewki oczu Hp(3), również w przypadku stosowania okularów ochronnych. W ramach europejskiego projektu projektu ORAMED (<http://www.oramed-fp7.eu>) opracowano pierwszy dawkomierz specjalnie przeznaczony do pomiarów Hp(3). Dawkomierz ten spełnia wszystkie wymagania dotyczące stosowania go w dozymetrii w radiologii zabiegowej.

W LADIS od lutego 2012 wdrożono pomiar dawek Hp(3) na soczewki oczu jako rutynową procedurę.

KATARZYNA GOLNIK
MARIA KOWALSKA

CENTRALNE LABORATORIUM
OCHRONY RADIOLOGICZNEJ

**CYTOGENETYCZNA REKONSTRUKCJA DAWKI POCHŁONIĘTEJ - USŁUGA
POMIAROWA CLOR ORAZ PRZYKŁADY JEJ PRAKTYCZNEGO
ZASTOSOWANIA**

Skutkiem działania promieniowania jonizującego na człowieka są różnego rodzaju zmiany w cząsteczkach, komórkach i tkankach organizmu. Zmiany, które cechuje trwałość, swoistość na promieniowanie i proporcjonalność do dawki pochłoniętej mogą stanowić użyteczne markery biologiczne. Najlepszym biomarkerem dawki jest częstość występowania chromosomów dicentrycznych (dicentryków) w limfocytach krwi. Biomarker ten wykorzystywany jest w metodzie cytogenetycznej rekonstrukcji dawki przeprowadzanej w Centralnym Laboratorium Ochrony Radiologicznej (CLOR) w Warszawie. Pracownia Dawek Indywidualnych i Środowiskowych CLOR posiada wprowadzony i udokumentowany system jakości, który spełnia wymagania Normy PN-EN ISO/IEC 17025:2005. Pracownia posiada akredytację Państwowego Centrum Akredytacji na metodę wyznaczania pochłoniętych dawek promieniowania γ ^{60}Co i promieniowania X (243 kV, HVL-2,5 mm). Poza akredytacją CLOR może wyznaczać pochłonięte dawki od promieniowania γ ^{192}Ir , mieszanego promieniowania n+ γ ze źródła izotopowego Am-Be oraz innych źródeł promieniowania jonizującego.

Cytogenetyczna Rekonstrukcja Dawki jest szczególnie przydatna wtedy, kiedy ofiara zdarzenia radiacyjnego wymaga specjalistycznego leczenia, a w czasie zdarzenia nie posiadała dawkomierza osobistego, albo uległ on uszkodzeniu lub skażeniu substancjami promieniotwórczymi, a w czasie zdarzenia nie były prowadzone kontrolne pomiary promieniowania. Kolejne przykłady zastosowania to: ekspozycja dużej liczby osób i konieczność ustalenia, kto został narażony, a kto nie, oraz postępowanie wyjaśniające w związku z zarejestrowaniem przez dawkomierz osobisty pracownika dawki promieniowania przekraczającej limit roczny. Dokładna ocena dawki wymaga przeanalizowania 1000 komórek metafazowych lub znalezienia 100 dicentryków. Obserwowana częstość występowania dicentryków jest następnie przeliczana na dawkę pochłoniętą za pomocą odpowiedniej krzywej wzorcowej, formuł (wzorów) matematycznych i programu komputerowego *Chromosomal ABerration cAlculation Software (CABAS)*.

Próbka krwi użyta do rekonstrukcji dawki nie musi być świeżo pobrana. Między pobraniem a rozpoczęciem hodowli mogą upłynąć 1-2 dni, co oznacza, że krew można wysłać do laboratorium pocztą kurierską lub dostarczyć osobiście, przez inspektora ochrony radiologicznej lub inną upoważnioną osobę. Próbka krwi może być pobrana dopiero po upływie 24 godzin od potencjalnego narażenia i nie później niż 6 miesięcy po narażeniu. We krwi obwodowej liczba limfocytów zawierających dicentryki maleje wykładniczo z czasem. Połowiczny czas życia limfocytów z dicentrykami (T) ocenia się na ok. 130 dni, a jego zakres na 95-220 dni. Dzieje się tak, dlatego, że stare limfocyty są usuwane z organizmu i zastępowane przez młode komórki ze szpiku kostnego, które dicentryków nie zawierają. Ocena dawki jest tym mniej dokładna, im więcej czasu upłynęło między napromienieniem a pobraniem próbki krwi. W przypadku narażenia całego ciała na dawkę promieniowania X lub γ większe od 1 Gy, próbki krwi powinny być

pobierane już po 24 godzinach od zdarzenia, gdyż popromienne przesunięcie limfocytów z krwi do innych tkanek powoduje spadek ich liczby we krwi obwodowej. Dicentryki mogą występować także spontanicznie w komórkach nienapromienionych. Wyznaczona przez nas spontaniczna częstość występowania dicentryków wynosi średnio 1 dicentryk na 1000 komórek (zakres: 0-2 dicentryki na 1000 komórek). Dlatego też, na podstawie obliczeń statystycznych, najmniejsza wykrywalna dawka ma wartość 0,09 Gy dla promieniowania X i 0,17 Gy dla promieniowania γ ^{60}Co .

W prezentacji omówione zostaną trzy przypadki cytogenetycznej rekonstrukcji dawki przeprowadzone w 2011 roku.

**GRAŻYNA KRAJEWSKA
KATARZYNA WOŁOSZCZUK
KRZYSZTOF CIUPEK**

**CENTRALNE LABORATORIUM
OCHRONY RADIOLOGICZNEJ**

**NARAŻENIE PRACOWNIKÓW NA PROMIENIOWANIE JONIZUJĄCE OD JODU
PROMIENIOTWÓRCZEGO W ZAKŁADACH MEDYCZYNY NUKLEARNEJ**

CLOR wykonuje pomiary na zawartość promieniotwórczego jodu I-131 w tarczycy u pracowników Zakładów Medycyny Nuklearnej w Polsce od 1997 r. W tych placówkach medycznych prowadzone są badania diagnostyczne - scyntygraficzne badania obrazowe tarczycy, wychwyt tarczycowy, oznaczanie poziomu hormonów tarczycowych, badania obrazowe serca i nerek (także z użyciem izotopu technetu) oraz izotopowe badania terapeutyczne - leczenie schorzeń tarczycy, w tym nowotworów tego gruczołu.

Pomiary radiojodu są wykonywane przy użyciu przenośnego zestawu spektrometru promieniowania gamma (prod. Canberra-Packard), składającego się z detektora NaI(Tl) 3x3 cale oraz analizatora wielokanałowego Canberra UniSPEC z systemem analizy widma Genie-2000. Minimalna mierzalna aktywność (MDA) zestawu pomiarowego, zależna od warunków pomiarowych w konkretnym zakładzie medycyny nuklearnej, wynosi 10 – 50 Bq (dla standardowego czasu pomiarowego 300 sekund).

W latach 2008 -2011 wykonano pomiary zawartości I-131 (oraz Tc-99m) w dziesięciu placówkach medycznych w Polsce. Personel tych placówek, podzielony umownie, w zależności od czynności jakie wykonuje z izotopami promieniotwórczymi, na pracowników technicznych (badania diagnostyczne), medycznych (lekarze, pielęgniarki) i pomocniczych (salowe, sprzątające), wykazuje obecność radiojodu (oraz technetu) w tarczycy.

Średnia zmierzona aktywność w tarczycy pracowników zakładów medycyny nuklearnej wyniosła 600 Bq (zakres 50 Bq – 70 kBq). Średnia i zakres aktywności I-131 wyniósł odpowiednio 1500 Bq (100 Bq – 70 kBq), 400 Bq (30 Bq – 3000Bq), 150 Bq (50 Bq -1000Bq) dla grupy pracowników technicznych, medycznych i pomocniczych. Nie stwierdzono istotnych korelacji pomiędzy poziomem zawartości I-131 a kategorią zawodową pracowników. Jednakże personel z grupy pracowników technicznych wykazuje wyższy poziom radiojodu w porównaniu z pracownikami pomocniczymi. Na bazie pomiarów dokonano oceny narażenia od

wchłonięć jodu promieniotwórczego, licząc roczne dawki skuteczne od wchłoniętego I-131 u pracowników. Obliczenia dawek przeprowadzono przy założeniu, że maksymalna dawka skuteczna narażonych pracowników nie może przekroczyć 20 mSv/rok. Wartość średnia dawki skutecznej wynosi poniżej 50% limitu 20 mSv.

MARTA BOGUSZ - CZERNIEWICZ

**WIELKOPOLSKIE CENTRUM
ONKOLOGII POZNAŃ**

**WSTĘPNE WYNIKI BADANIA ANKIETOWEGO REALIZOWANEGO W RAMACH
PROJEKTU KE**

**ACCIRAD - GUIDELINES ON RISK ANALYSIS OF ACCIDENTAL AND
UNINTENDED EXPOSURES, IN RADIOTHERAPY - WYTYCZNYCH KOMISJI
EUROPEJSKIEJ W ZAKRESIE ANALIZY RYZYKA PRZYPADKOWYCH I
NIEZAMIERZONYCH NAPROMIENIOWAŃ W RADIOTERAPII**

**Wstępne wyniki badania ankietowego realizowanego w ramach projektu KE
ACCIRAD - Guidelines on risk analysis of accidental and unintended
exposures
in radiotherapy - Wytycznych Komisji Europejskiej w zakresie analizy ryzyka
przypadkowych i niezamierzonych napromieniowań w radioterapii.**

Marta Bogusz-Czerniewicz, Wielkopolskie Centrum Onkologii

www.accirad.eu

Projekt ACCIRAD złożono w lipcu 2011 r. w ramach przetargu ogłoszonego przez Komisję Europejską. Projekt pozytywnie przeszedł procedurę konkursową i w styczniu 2012 r. przyjęty został do finansowania.

Skład konsorcjum projektu ACCIRAD, stanowią światowej sławy instytucje: Wielkopolskie Centrum Onkologii (lider projektu) reprezentowany przez Juliana Malickiego (koordynatora pakietu zadaniowego WP1 – zarządzanie projektem), oraz Martę Bogusz-Czerniewicz (lidera pakietu WP6 – organizacja warsztatów naukowych).

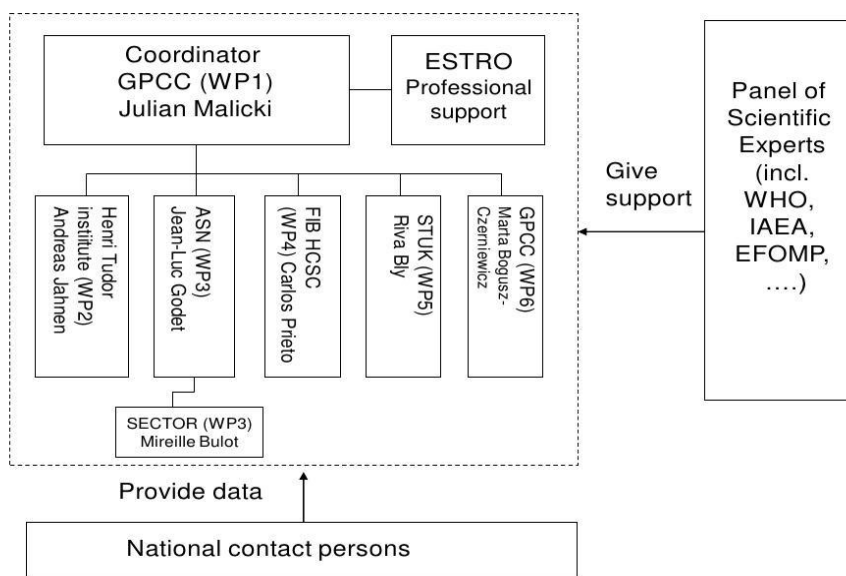
Public Research Centre Henri Tudor (Luksemburg) reprezentowany przez Andreas Jahnen i Ralf Herbst (liderów pakietu WP2 – przygotowanie badania ankietowego na temat stopnia implementacji postanowień Dyrektywy 97/43 w zakresie m.in. oceny ryzyka zdarzeń radiacyjnych), Nuclear Safety Authority (Francja) reprezentowane przez Jean Luc Godet i Mireille Bulot (Sector) – (liderów pakietu WP3 – których rolą jest przegląd i ocena zdarzeń radiacyjnych w Europie). Fundacion Investigacion Biomedica Hospital Clinico San Carlos (Hiszpania) reprezentowany przez Carlos Prieto, Jose Delgado (z Hospital Universitario 12 de Octubre) oraz Maria Luisa Ramirez i Arturo Perez (z CSN) – liderów pakietu WP4 – polegającego na przeglądzie metodologii klasyfikacji, raportowania i rejestracji

zdarzeń

radiacyjnych)

Radiation and Nuclear Safety Authority (Finlandia) reprezentowany przez Ritva Bly, Hannu Jarvinen liderów pakietu WP5 – których zadaniem jest opracowanie wytycznych dot. oceny ryzyka zdarzeń radiacyjnych, oraz

Przedstawiciele Europejskiego Towarzystwa Radioterapii Onkologicznej - Marco Krengli i Philippe Maignon – jako ciało doradcze konsorcjum.



Ryc. 1 Konsorcjum projektu ACCIRAD

Panel ekspercki, którego rolą jest ocena wyników pracy konsorcjum, stanowią reprezentanci kluczowych organizacji międzynarodowych w tym: Międzynarodowej Komisji Ochrony Radiologii (ICRP) Międzynarodowej Organizacji Zdrowia (WHO), Międzynarodowej Agencji Energii Atomowej (IAEA), Europejskiego Towarzystwa Radioterapii Onkologicznej (ESTRO), Europejskiej Federacji Towarzystw Elektoradiologicznych (EFRS), Europejskiej Federacji Organizacji Fizyków Medycznych (EFOMP), jak również wybitni eksperci w dziedzinie leczenia onkologicznego z wykorzystaniem promieniowania jonizującego.

Projekt będzie trwał dwa lata (do grudnia 2013 r.) a jego celem jest opracowanie europejskich wytycznych w zakresie analizy ryzyka przypadkowych i niezamierzonych napromieniowań w radioterapii. Rezultaty prac konsorcjum

zaprezentowane zostaną w Poznaniu podczas otwartych europejskich warsztatów naukowych, w kwietniu 2013 roku (www.accirad-workshop.eu).

Pierwsze wyniki przeprowadzonych badań ankietowych na temat stopnia wdrożenia postanowień MED Dyrektywy w krajach UE, stanowiąc będą temat dyskusji podczas kolejnego spotkania konsorcjum w Helsinkach w terminie 19-20.06.2012.

WOJCIECH GŁUSZEWSKI

**INSTYTUT CHEMII I TECHNIKI
JĄDROWEJ W WARSZAWIE**

**MARIA SKŁODOWSKA-CURIE PREKURSORKĄ METODY RADIACYJNEJ
STERYLIZACJI**

Chemia radiacyjna jest nauką zajmującą się zjawiskami chemicznymi wywołanymi przez działanie promieniowania jonizującego na materię. Pojęcie radiolizy wprowadziła do nauki Maria Skłodowska – Curie. Zauważyła ona, że w kontakcie soli radu z wodą powstają produkty gazowe i przez analogię do elektrolizy nazwała to zjawisko radiolizą. Rozwój chemii radiacyjnej zaowocowały w późniejszym czasie praktycznymi zastosowaniami promieniowania jonizującego w wielu dziedzinach przemysłu, medycyny, rolnictwa, ochrony środowiska, badań kosmicznych i nauki.

W roku, w którym obchodzimy 80 rocznicę powstania Instytutu Radowego w Warszawie warto przypomnieć, że podwaliny pod dzisiejsze technologie radiacyjnej sterylizacji dały prace Marii Skłodowskiej-Curie. Wówczas już zdawano sobie sprawę z możliwości wykorzystania „radiacji” do unieszkodliwiania patogenów, jednak nie dysponowano jeszcze odpowiednio dużymi źródłami promieniowania. Nie były one zresztą tak naprawdę na początku ubiegłego wieku potrzebne, gdyż większość ówczesnych wyrobów medycznych tanio i skutecznie wyjaławiano termicznie. Metody radiacyjne musiały, więc poczekać jeszcze kilkadziesiąt lat na praktyczne zastosowania. Dopiero postęp w dziedzinie chemii i przetwórstwa polimerów, jaki miał miejsce w latach pięćdziesiątych XX wieku - który doprowadził do upowszechnienia się w praktyce medycznej sprzętu jednorazowego użytku - spowodował zapotrzebowanie na tzw. „zimne” metody wyjaławiania. Wrócono wówczas do prac nad oddziaływaniem promieniowania na mikroorganizmy. Gwoli ścisłości należy dodać, że wcześniej do zimnej sterylizacji zastosowano metody chemiczne. Do dnia dzisiejszego konkurują ze sobą te dwie technologie: gazowa - oparta na toksycznym działaniu tlenu etylenu (ETO) i stosunkowo później rozwinięta technika radiacyjna wykorzystująca wiązkę elektronów, promieniowanie *gamma* i promieniowanie hamowania. Metoda radiacyjna, mimo wieloletnich już doświadczeń jest nadal traktowana jako najbardziej nowoczesne rozwiązanie w dziedzinie masowego wyjaławiania wyrobów w temperaturze zbliżonej do pokojowej. Sterylizacja radiacyjna posiada kilka unikatowych zalet, które powodują, że w wielu przypadkach jest po prostu nie do zastąpienia. Pozwala na przykład, w odróżnieniu od metod gazowych, sterylizować wyroby w całej objętości łącznie z opakowaniem jednostkowym i zbiorczym. Nie ma, więc potrzeby przepakowywania kartonów z

wyrobami. Dla porównania ETO, działa jedynie na powierzchnie materiału i wymaga późniejszego długotrwałego wietrzenia, które nawiasem mówiąc nigdy nie jest stuprocentowe. Na świecie obserwuje się tendencję do odchodzenia od metod chemicznych a ściślej mówiąc chemiczno – fizycznych (potrzeba stworzenia opakowania przepuszczalnego dla gazu) na rzecz technologii radiacyjnych. Nie są to jednak zmiany tak szybkie, jak mogliby oczekiwać tego producenci akceleratorów i przemysłowych źródeł *gamma*. Wytwórcy urządzeń do gazowej sterylizacji „nie zasypiają gruszek w popiele” i stale unowocześniają instalacje, dzięki czemu stają się one coraz bardziej bezpieczne dla obsługi i otoczenia. Z punktu widzenia pacjentów ważne jest jednak, że metoda radiacyjna nie pozostawia w wyrobach szkodliwych zanieczyszczeń i jest sposobem pewniejszym, nie istnieje, bowiem w tym przypadku możliwość pominięcia patogenów w trudno dostępnych dla gazu miejscach. Proces radiacyjnej obróbki, zwłaszcza wiązką elektronów, jest również znacznie szybszy od procesów chemicznych. Czas przebywania wyrobów pod skanerem akceleratora, liczony na pojedynczy wyrób, to zaledwie kilkanaście sekund. Wysterylizowanie dużej partii produktów to czas maksymalnie kilku godzin. Kartony po napromienieniu można od razu przewieźć do hurtowni lub szpitala.

W stosunkowo krótkim czasie obróbka radiacyjna stała się ogólnie dostępna i obecnie traktowana jest niemal jak usługa rutynowa. W naszym kraju, który ma duże osiągnięcia w dziedzinie przemysłowych zastosowań technik radiacyjnych, postawiono głównie na promieniowanie elektronowe. Podstawową zaletą technik akceleratorowych w porównaniu ze źródłami radioizotopowymi, wyposażonymi najczęściej w promieniotwórczy kobalt (^{60}Co) jest dużo większą mocą dawki a co za tym idzie możliwością dostarczenia energii promieniowania w bardzo krótkim czasie. Pozwala to zmniejszyć wydajność procesów postradiacyjnego utleniania, będących głównym czynnikiem degradacji polimerów. Akceleratory są również lepiej postrzegane w opinii społecznej, jako w pewnym sensie zwykłe urządzenia elektryczne, które po wyłączeniu nie stwarzają zagrożenia radiologicznego. Jak się ocenia przeszło 50% wyrobów medycznych jednorazowego użytku na świecie jest obecnie sterylizowanych radiacyjnie.

OSOBNYM DISKUTOWANYM OD LAT ZAGADNIENIEM JEST WYKORZYSTANIE PROMIENIOWANIA JONIZUJĄCEGO DO UTRWALANIA PŁODÓW ROLNYCH. PROWADZONE OD LAT BARDZO GRUNTOWNE BADANIA UDOWADNIAJĄ, ŻE OBRÓBKA RADIACYJNA ŻYWNOSCI JEST BEZPIECZNĄ DLA ZDROWIA METODĄ KONSERWACJI. OBECNIE PROMIENIOWANIE JONIZUJĄCE STOSUJE SIĘ RÓWNIEŻ DO STERYLIZACJI FARMACEUTYKÓW, KOSMETYKÓW, ZIOŁ, PRZYPRAW ZIOŁOWYCH I DZIEŁ SZTUKI.

Współczesne akceleratory charakteryzują się parametrami odpowiednimi do potrzeb w danej dziedzinie zastosowań, przy czym energia elektronów nie przekracza 10 MeV. To ograniczenie daje gwarancję, że obróbka radiacyjna nie wywoła radioaktywności napromienionego materiału. Teoretycznie, w reakcjach fotojądrowych wysokoenergetycznego promieniowania γ z jądrami niektórych pierwiastków mogą tworzyć się izotopy radioaktywne. Dlaczego więc formalne ograniczenia dotyczą wiązek elektronów, a nie źródeł kobaltowych i cezowych? Otóż w kobaltowych instalacjach stosuje się kwanty promieniowania γ o energiach 1,33 MeV i 1,17 MeV, emitowane przez wzbudzone jądra ^{60}Ni , powstające w wyniku β rozpadu ^{60}Co . W przypadku bardzo nielicznych już źródeł cezowych do radiacyjnej obróbki wykorzystuje się kwanty promieniowania γ o jeszcze mniejszej energii. Wszystkie te energie są o rząd wielkości mniejsze od progów energetycznych na aktywację jądrową. Obróbka radiacyjna w źródłach γ nie stwarza pod względem radiologicznym zagrożeń dla

wyrobów.

Promieniowanie γ o dużej energii, z niewielką zresztą wydajnością powstaje natomiast jako wynik hamowania elektronów. Szansa na to, że materiał po napromieniowaniu wiązką elektronów będzie radioaktywny jest jednak bardzo mała. Po pierwsze, musiałby on zawierać miedź, ale i wówczas radionuklidy uległyby rozpadowi bardzo szybko. Tak, więc w zasadzie do sterylizacji polimerów można byłoby bezpiecznie wykorzystywać wiązki elektronów o energii np. 13 MeV. Jednak, aby zapobiec wszelkim nawet czysto hipotetycznym podejrzeniom o wzbudzenie radioaktywności żywności, zwłaszcza konserwowanej za pomocą promieniowania elektronowego wprowadzono restrykcyjne ograniczenia energii elektronów do wspomnianych już 10 MeV.

- Z.P. Zagórski, Sterylizacja Radiacyjna z elementami chemii radiacyjnej i badań radiacyjnych, IChTJ, Warszawa 2007, s.272
- Z. Zimek, Technika radiacyjna w PTJ, 2008, Vol. 51, Z.4, s. 15-22
- W. Głuszewski, Z.P. Zagórski, Procesy radiacyjnego sieciowania polimerów, Tworzywa Sztuczne i Chemia 2010, 2, 58-60
- Głuszewski, W., Panta, P., Kubera, H.,(2006). Wpływ promieniowania jonizującego na materiały opakowaniowe, Opakowanie Nr. 9, 24.
- Chmielewski, A.G., (2006). Packaging for food irradiation, Raport B IChTJ (1/06)
- Zagórski, Z.P., Głuszewski, W., Rzymiski, W., (2002). Radiacyjna modyfikacja polimerów, Plastics Review, 7(20): 23-28

| | |
|---|---|
| <u>WOJCIECH GŁUSZEWSKI</u> | CENTRUM BADAŃ I TECHNOLOGII RADIACYJNYCH INSTYTUT CHEMII I TECHNIKI JĄDROWEJ |
| ODDZIAŁYWANIE PROMIENIOWANIA JONIZUJĄCEGO NA MATERIE | |
| Wprowadzenie | |
| <p>W wykładzie omówiono podstawowe kwestie z zakresu oddziaływania z materia trzech rodzajów promieniowania jonizującego stosowanych obecnie na skalę przemysłową do obróbki radiacyjnej materiałów - <i>wiązki elektronów, promieniowania γ oraz promieniowania hamowania</i>. Zwrócono uwagę na różnicę między napromienieniem i promieniotwórczością. Wykazano, że przemysłowe instalacje radiacyjne nie mogą wywołać jądrowej aktywacji w napromienionych wyrobach.</p> <p>Promieniowaniem jonizującym określa się wszystkie rodzaje promieniowania, które wywołują oderwanie przynajmniej jednego elektronu od atomu lub cząsteczki albo wybicie elektronu ze struktury krystalicznej. Promieniowanie jonizujące bezpośrednio to obiekty posiadające ładunek elektryczny – jonizują głównie przez oddziaływanie</p> | |

kulombowskie. Promieniowanie jonizujące składające się z obiektów bez ładunku elektrycznego jonizuje materię poprzez rozpraszanie comptonowskie, efekt fotoelektryczny oraz kreację par elektron - pozyton.

1 elektronowolt, eV, jest to energia kinetyczna, jaką uzyskuje elektron przyspieszony w polu elektromagnetycznym o różnicy potencjałów jednego wolta, V.

Podstawową jednostką miar w chemii radiacyjnej jest grej (Gy). Definiuje się go jako jednostkę dawki pochłoniętej, tj. absorpcji energii jednego dżula (J) w 1 kilogramie napromienianej materii.

Oddziaływanie wiązki elektronów z materią

W obróbce radiacyjnej wykorzystuje się wysokoenergetyczne elektrony o energii nie większej niż 10 MeV i mocy wiązki od kilku do kilkudziesięciu kW. Stopień jonizacji elektronami wyraża się ilościowo poprzez tzw. **straty jonizacyjne**: - dE/dx, czyli część energii kinetycznej elektronu, wydatkowanej na procesy jonizacji i wzbudzenia atomów danego ośrodka materialnego. Zależy on od liczby porządkowej Z, atomów ośrodka, początkowej energii elektronów, oraz od liczby elektronów orbitalnych w 1 cm³ materiału ośrodka.

Straty radiacyjne elektronu to część energii elektronu tracona w wyniku kulombowskiego hamowania ładunkami jąder atomowych ośrodka materialnego. W przypadku wody, miękkiej tkanki biologicznej oraz polimerów organicznych, (z których są wykonywane np. wyroby medyczne jednorazowego użytku) i energii elektronów równej 10 MeV straty radiacyjne są o rząd wielkości mniejsze w porównaniu do strat jonizacyjnych.

W celu porównania różnych oddziaływań wprowadzono w fizyce jednostkę przekroju czynnego, δ , który to termin jest miarą prawdopodobieństwa zaistnienia danego oddziaływania. Jednostką przekroju czynnego jest barn, **b**, o wymiarze 1x10⁻²⁴ cm².

Wyniki obliczeń masowej zdolności hamowania elektronów dla wody (Z efektywne ~7), uzyskane na podstawie wzoru Bethe'go, dla szerokiego zakresu energii od 10 eV do 10 MeV charakteryzują się maksymalną wartością przy energii 146 eV, natomiast w przedziale od 1 do 10 MeV zmiany są pomijalne.

Zestawienie zależności masowej zdolności hamowania z zasięgiem elektronów ilustruje fakt, że przy tysiącrotnym zwiększeniu energii elektronów absorbowanych w wodzie lub materiale równoważnym wodzie następuje wzrost zasięgu aż 10 tysięcy razy większy, natomiast zdolność hamowania obniża się tylko dziesięciokrotnie.

Oddziaływanie promieniowania elektromagnetycznego z materią

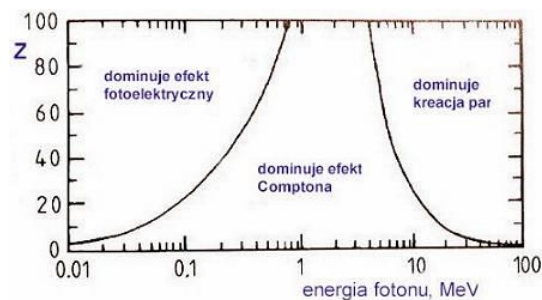
W przypadku promieniowania elektromagnetycznego, tzn. γ (⁶⁰Co) lub rentgenowskiego (X) oddziaływanie z materią przebiega inaczej niż dla wysokoenergetycznych elektronów.

Najważniejsze są trzy zjawiska:

- Efekt fotoelektryczny, w którym niskoenergetyczny foton zostaje zaabsorbowany w atomie, a jego energia zostaje wyemitowana w postaci fotoelektronu. Powstaje para zjonizowany atom i fotoelektron. Wszelkiego typu fotokomórki działają na tej zasadzie.
- Odrzut lub rozproszenie Comptona, dla którego energia fotonu przewyższa znacznie energię elektronów orbitalnych. W rezultacie foton traci część energii na emisję elektronu komptonowskiego, a rozproszony foton zmienia pierwotny kąt padania na dany atom. Poglądowo można powiedzieć, że foton i elektron zachowują się

podobnie do zderzenia bil (jest to tzw. model „kul bilardowych”). Szczegółowy opis zjawiska jest bardzo skomplikowany. Zjawisko Comptona dominuje w szerokim zakresie energii fotonów. W przypadku promieniowania γ (^{60}Co) zjawisko Comptona przy średniej energii fotonu równej 1,25 MeV nie zależy w ogóle od liczby atomowej, Z, ośrodka materialnego.

- Jeżeli energia fotonu przekracza poziom 1,022 MeV, to wtedy ma miejsce tworzenia par: elektron – pozytron, które to cząstki naładowane elektrycznie ulegają anihilacji z emisją dwu nowych fotonów o energiach 0,511 MeV.



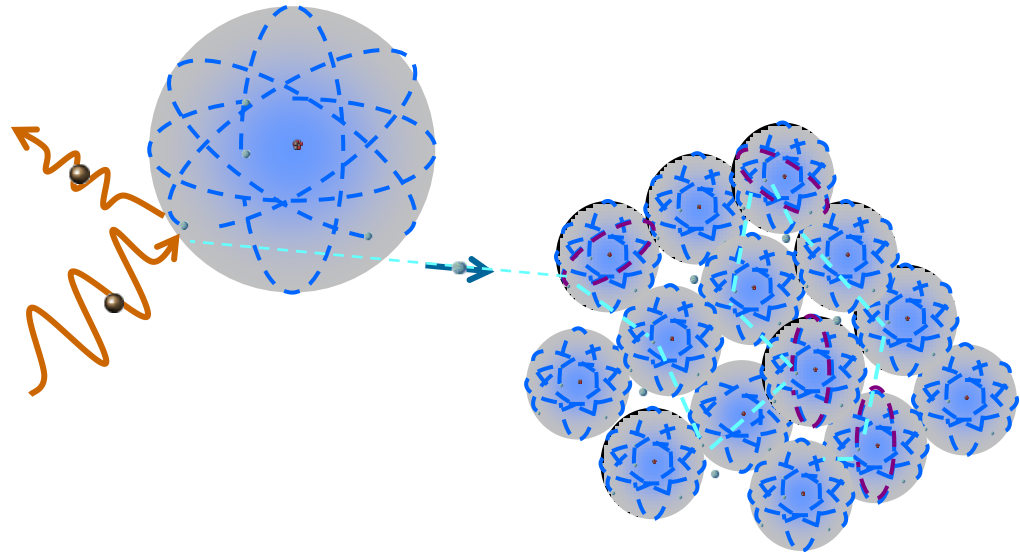
Reakcje fotojądrowe.

Możliwe jest wzbudzenie w materiale radionuklidów w wyniku działania wysokoenergetycznego promieniowania elektronowego. Odpowiedzialne są za to reakcje fotojądrowe zachodzące z udziałem promieniowania elektromagnetycznego powstającego w efekcie hamowania elektronów. Ograniczenie w instalacjach przemysłowych energii elektronów do 10 MeV eliminuje to niewielkie zresztą ze względu na krótki czas życia radionuklidów zagrożenie.

| Reakcja fotojądrowa | Próg energetyczny | Półokres rozpadu |
|---|-------------------|------------------|
| $^{65}\text{Cu} (\gamma, n) ^{64}\text{Cu}$ | 10,2 MeV | 12 godzin |
| $^{63}\text{Cu} (\gamma, n) ^{62}\text{Cu}$ | 10,9 MeV | 10 minut |
| $^{64}\text{Zn} (\gamma, n) ^{63}\text{Zn}$ | 13,8 MeV | 9 minut |
| $^{16}\text{O} (\gamma, n) ^{15}\text{O}$ | 16,3 MeV | 2,1 minuty |
| $^{12}\text{C} (\gamma, n) ^{11}\text{C}$ | 18,7 MeV | 21 minut |

Podsumowanie

- Oddziaływanie wysokoenergetycznych elektronów akceleratorowych oraz fotonów gamma i rentgenowskich jest bardzo skomplikowanym zjawiskiem.
- Najważniejszymi skutkami oddziaływania wysokoenergetycznych elektronów z materią są straty jonizacyjne, które dominują ilościowo, oraz straty radiacyjne mające znaczenie drugorzędne przy optymalnej energii początkowej – równej 10 MeV i niskim Z na poziomie około 7.
- W przypadku wysokoenergetycznych fotonów gamma i rentgenowskich dominuje ilościowo efekt Comptona a za zjawiska chemiczne odpowiedzialne są powstałe wtórnie elektrony komptonowskie.



•Efektywność procesów radiacyjnych zależy istotnie od gęstości elektronowej napromienianego materiału, wielkości zastosowanej dawki promieniowania i od ewentualnej zawartości wody, która w wyniku indukowanej promieniowania radiolizy generuje produkty aktywne chemicznie.

Spis rekomendowanej literatury:

- Basdevant J.L., Rich J., Spiro M., Fundamentals in Nuclear Physics, Springer, New York, 2005.
- H.Bethe,W. Heitler, Proc. Roy.Soc.A.,145,83 (1934)
- H.Bethe ,Handbuch der Physik, vol.24,p.273, Springer, Berlin, 1953.
- R.Evans,Atomic Nucleus, McGraw Hill, New York 1955: reprint 1975.
- R.M. Sternheimer,M.J. Berger and S.M. Seltzer, Atomic Data and Nuclear Data Tables 30,261,(1984).
- Mozumder, Radiation Chemistry, Wiley, 1995
- J. Lilley, Nuclear Physics –Principles and Applications, J. Wiley, New York 2001.
- Mozumder, J.L. Magee, Rad. Res.,28, 203,(1966)
- D.E. Lea, Actions of Radiations on Living Cell, Cambridge University Press, Cambridge 1956.
- U.Fano,Phys.Rev.,92,328,1953.
- ICRU Report No 16: Linear Energy Transfer, Washington,1970.
- ICRU Report No 37:Stopping Powers for Electrons and Positrons,Washington, 1984.
- A.K. Savinskij, Vzaimodejstvie elektronov s tkaneekvivalentnymi sredami,Moskwa,1984.
- J.C.H. Spence, High-Resolution Electron Microscopy, Oxford University Press, 2003.

| | |
|---|--|
| <u>WIESŁAW GORACZKO</u> | POLITECHNIKA POZNAŃSKA INSPEKTOR OCHRONY RADIOLOGICZNEJ EDUKATOR ENERGETYKI JĄDROWEJ POLSKIE TOWARZYSTWO NUKLEONICZNE |
| JĄDROWY CYKL PALIOWY DLA POLSKI | |
| <p>Omówiono na wstępie elementy jądrowego uranowego cyklu paliwowego, które mogą być realizowane w Polsce.</p> <p>Największym problemem współczesnej energetyki jądrowej (przed którym stoi także Polska), to decyzja o sposobie gromadzenia i/lub przeróbce wypalonego paliwa jądrowego. Są dwie filozofie postępowania z wysokoaktywnym wypalonym paliwem jądrowym, a mianowicie :</p> <p>recykling wypalonego paliwa – cykl zamknięty traktowanie wypalonego paliwa jako odpad, bez podejmowania działań recyklingowych – cykl otwarty.</p> <p>Oba cykle charakteryzują się zarówno cechami pozytywnymi, jak i negatywnymi.</p> <p>Autor przedstawia różnice wynikające z możliwości przyjęcia w Polsce filozofii cyklu zamkniętego, a mianowicie :</p> <p>Możliwość recyklingu nawet do 96% wypalonego paliwa jądrowego Oszczędność nawet do 34% naturalnych zasobów uranu Możliwość zmniejszenia 5-eciokrotnego ilości powstających wysokoaktywnych odpadów promieniotwórczych w elektrowni jądrowej Zmniejszenie 10-ciokrotne aktywności wysokoradiotoksycznych odpadów promieniotwórczych Wprowadzenie cyklu zamkniętego spowoduje wzrost ceny 1 kWh o około 6%.</p> <p>Omówiono postępowanie z odpadami promieniotwórczymi za granicą, w szczególności doświadczenia i technologię we Francji.</p> <p>W konkluzji autor stwierdza, że zamknięty cykl paliwowy jest najlepszym rozwiązaniem dla Polski, zarówno pod względem technologicznym, ekologicznym, właściwej gospodarki odpadami, ochrony radiologicznej, jak i polityki społecznej.</p> | |

| | |
|--|---|
| <u>RAFAŁ PIETRZYK</u> | UNIwersytet ADAMA MICKIEWICZA W POZNANIU |
| EDUKACJA DLA ENERGETYKI JĄDROWEJ NA UCZELNIACH W POLSCE | |
| <p>W ostatnim czasie projekt powstania w Polsce pierwszej elektrowni atomowej nabrał tempa i istnieją już wyznaczone wstępnie daty kolejnych etapów wdrożenia inwestycji. Jednak sama elektrownia to nie wszystko, należy pamiętać że każde urządzenie potrzebuje operatora i osoby odpowiedzialnej za jego stan. Postanowiliśmy sprawdzić jak do projektu przygotowują przyszłych absolwentów</p> | |

polskie uczelnie wyższe. Na podstawie informacji znalezionych na stronach atom.pl postanowiliśmy zadać pytanie uczelniom tam wymienionym w jaki sposób przygotowują swoich studentów jako przyszłych pracowników energetyki jądrowej.

WOJCIECH GŁUSZEWSKI

**INSTYTUT CHEMII I TECHNIKI
JĄDROWEJ W WARSZAWIE**

**ZASTOSOWANIE TECHNIKI JĄDROWYCH DO IDENTYFIKACJI I
KONSERWACJI DZIEŁ SZTUKI NA PRZYKŁADZIE OBRAZÓW REMBRANDTA Z
KOLEKCJI LANCKOROŃSKICH**

Konserwacja dzieł sztuki początkowo polegała na studiach porównawczych, kompozycyjnych, ikonograficznych i stylistycznych. Wszystkie one, podobnie jak proste metody fizyko-chemiczne nie dawały dostatecznie pełnej informacji o badanym obiekcie. Dopiero zastosowanie technik jądrowych pozwoliło na szczegółowe rozpoznanie i identyfikację materiału, z którego wykonano dzieło. Opracowano metody oznaczania pierwiastków śladowych w badanych obiektach oraz sposoby na określenie techniki, jaką posługiwał się artysta. Obecnie techniki nuklearne wykonuje się stosując: diagnostykę, obrazowanie, dokumentację, badania nad budową technologiczną i technologią wyrobu, prace nad pochodzeniem, datowanie oraz identyfikację falsyfikatów.

Określenie składu pierwiastkowego w sposób nieniszczący jest kluczowym warunkiem w prowadzeniu analizy dla próbek o szczególnej wartości. Mogą to być, obiekty zabytkowe lub dzieła sztuki ewentualnie inne przedmioty o dużej wartości materialnej. Możliwość wykonania analizy pierwiastkowej w sposób nieniszczący zakłada wykorzystywanie technik analitycznych niewymagających pobrania próbki z badanego obiektu i niepowodujących zmian właściwości materiału.

Te warunki spełnia fluorescencja rentgenowska XRF. Jest ona jedną z najlepszych technik analitycznych służących do analizy składu pierwiastkowego wszelkiego rodzaju próbek. Badane próbki mogą mieć prawie każdy kształt i być w różnym stanie skupienia. Proszki i pasty analizowane są w taki sam sposób, jak ciała stałe lub ciecze. Fluorescencja rentgenowska umożliwia analizy pierwiastków od berylu do uranu w zakresie stężeń od poziomu ppm do 100%. Metoda ta jest obecnie najczęściej stosowaną techniką analityczną w badaniach nieniszczących. Ze względu na szybkość analizy i możliwość wykonania pomiarów bez jakiegokolwiek przygotowania próbek XRF znajduje szerokie zastosowanie w metalurgii, ochronie środowiska (ocena skażenia gleby i osadów) oraz konserwacji dzieł sztuki i zabytków. Ręczne spektrometry XRF używane są powszechnie do prowadzenia badań polowych przez geologów, petrochemików i archeologów. Jako źródła promieniowania w technice XRF najczęściej wykorzystuje się lampę rentgenowską. W przyrządach przenośnych spotyka się wciąż izotopy promieniotwórcze. Obecnie jednak, ze względu na restrykcje dotyczące przewożenia urządzeń zawierających źródła promieniowania jonizującego producenci zastępują je miniaturowymi lampami rentgenowskimi.

W ostatnich latach 80% publikacji naukowych z zakresu identyfikacji dzieł sztuki cytuje wyniki badań uzyskane za pomocą technik jądrowych.

Ciekawy przykład wykorzystania technik rentgenowskich do identyfikacji dzieł sztuki

można znaleźć w Zamku Królewskim w Warszawie. Na stałej ekspozycji prezentowane są obrazy, podarowane w 1994 r. Zamkowi przez prof. Karolinę Lanckorońską, spadkobierczynię rodu, należące wcześniej do Kazimierza Rzewuskiego. W ten sposób dzieła jednego z najznakomitszych zbiorów prywatnych w Europie, są udostępnione szerokiej publiczności. Dotychczas prezentowane w różnych salach ekspozycyjnych Zamku, zyskały obecnie specjalną aranżację w nowo przygotowanych wnętrzach. W kolekcji znajduje się 35 wysokiej klasy obrazów, w tym 15 z galerii Stanisława Augusta. Obok portretów założycieli i twórców kolekcji – przedstawicieli rodu Rzewuskich w Galerii znajdują się dwa z trzech, obecnych w polskich zbiorach, dzieł Rembrandta – *Dziewczyna w ramie obrazu* i *Uczony przy pulpicie*. Po drugiej stronie obrazów Rembrandta wyeksponowano zdjęcia rentgenowskie tych arcydzieł. W ten skromny sposób zwrócono uwagę na pracę naukowców i historyków sztuki, którzy co jeszcze raz podkreślam bardzo często korzystają z nuklearnych metod konserwacji i identyfikacji obiektów o znaczeniu historycznym. Na koniec można jeszcze dodać, że zwiedzający galerię Lanckorońskich mogą również obejrzeć niedawno otwartą w zeszłym roku wystawę kolekcji Tomasza Niewodniczańskiego, zmarłego niedawno fizyka jądrowego przedsiębiorcy i kolekcjonera.

W wykładzie krótko omówiona zostanie zasada fluorescencji rentgenowskiej oraz historia warszawskiej Giocondy jak nazywany jest obraz „Dziewczyna w ramie obrazu”. W istocie są to dwa obrazy. Rembrandt początkowo zrobił szkic do portretu osoby, która jak można sądzić zrezygnowała z zamówienia. Deski, na których wykonywano obrazy był cenne, tak, więc z oszczędności wykorzystał ją do kolejnego portretu. Można się zastanowić, czy korzystając z współczesnych metod analitycznych nie udałooby się odtworzyć pierwotnego obrazu. Znając technikę malarską artysty oraz mając pełną wiedzę na temat farb, jakie stosował moglibyśmy stworzyć „oryginalną” kopię nienamalowanego obrazu Rembrandta.



Literatura:

Wojciech Głuszewski, Śladami Króla Midasa, Postępy Techniki Jądrowej, 3, 2011, 49-51

Wojciech Głuszewski, Zbigniew P. Zagórski, Quoc Khoi Tran, Laurent Cortella, Maria Skłodowska Curie - the precursor of radiation sterilization methods, Analytical

and Bioanalytical Chemistry, 400, 2011, 1577- 582

Raport IAEA, Nuclear Techniques for Preservation of Cultural Heritage Artefacts, Laurent Cortella & Quoc Khoi Tran, *Atelier Regional de Conservation - Nuc léart Grenoble, France*, Wojciech Jerzy Głuszewski, *Institute of Nuclear Chemistry and Technology Warsaw, Poland*, Ioan Valentin Moise & Corneliu Catalin Ponta *Horia Hulubei National Institute for R&D in Physics and Nuclear Engineering, IRASM Radiation Processing Centre Bucharest - Magurele, Romania, 2011, 44 str.*

WOJCIECH GŁUSZEWSKI

**INSTYTUT CHEMII I TECHNIKI
JĄDROWEJ W WARSZAWIE**

PRZEMYSŁOWE ZASTOSOWANIE TECHNIK RADIACYJNYCH

W bogatym dorobku naukowym Marii Skłodowskiej-Curie (MSC) warto zwrócić uwagę na pracę zatytułowaną „SUR LETUDE DES COUEBES DE PROBABILITE RELATIVES A LOCATION DES RADON X SUR LES BACTERIA”, która ukazała się w Comptes rendus w roku 1929 w Biuletynie Francuskiej Akademii nauk. Autorka w swojej pracy opisała wpływ promieniowania rentgenowskiego na bakterie. Po raz pierwszy przedstawiła tzw. krzywe radiacyjnej inaktywacji, czyli ilościowe zależności między wielkością pochłoniętej dawki promieniowania a przeżywalnością bakterii. Udowodniła eksperymentalnie, nie znając tak naprawdę istoty samego zjawiska, statystyczny charakter skutków oddziaływania promieniowania jonizującego na materię*. Publikacja ta z dzisiejszego punktu widzenia jest pierwszą pracą kompleksowo przedstawiającą zagadnienia z dziedziny radiacyjnej sterylizacji. W latach trzydziestych ubiegłego wieku nie dysponowano odpowiednio dużymi źródłami promieniowania do praktycznego zastosowania zaobserwowanego zjawiska. Nie było zresztą takiej potrzeby, gdyż używane wówczas narzędzia medyczne z powodzeniem wyjaławiano termicznie tanio i skutecznie. Metoda radiacyjnej sterylizacji musiała poczekać ponad trzydzieści lat zanim znowu zwrócono na nią uwagę.

Dopiero postęp w dziedzinie produkcji i przetwórstwa materiałów polimerowych w latach pięćdziesiątych, który spowodował upowszechnienie się wyrobów jednorazowego użytku, stworzył zapotrzebowanie na tzw. zimne metody sterylizacji. Dotyczyło to zwłaszcza tanich utensyliów medycznych, które odegrały znaczącą rolę w wyeliminowaniu wielu chorób epidemiologicznych. Tradycyjne metody termiczne nie nadają się, jak wiadomo, do wyjaławiania nieodpornych na podwyższone temperatury tworzyw sztucznych. Wrócono, więc do prac Marii Skłodowskiej-Curie i zaczęto na skalę przemysłową prowadzić sterylizację z użyciem promieniowania gamma i wiązki elektronów. Dało to impuls do prac badawczych nad nowymi rozwiązaniami w zakresie akceleratorów elektronów, co w krótkim czasie obniżyło koszty obróbki radiacyjnej. Zaczęto również intensywnie poszukiwać odpornych radiacyjnie polimerów, czego wynikiem było powstanie nowej dziedziny nauki - chemii radiacyjnej polimerów. Ten kierunek badawczy jest dynamicznie rozwijany do dnia dzisiejszego, i co dwa lata odbywają się międzynarodowe konferencje (IRaP – Ionization Radiation and Polymers) poświęcone wyłącznie problematyce

oddziaływania promieniowania jonizującego na materiały polimerowe. W stosunkowo krótkim czasie obróbka radiacyjna stała się ogólnie dostępna i obecnie traktowana jest niemal jak usługa rutynowa. W naszym kraju, który ma duże osiągnięcia w dziedzinie przemysłowych zastosowaniach technik radiacyjnych, postawiono na promieniowanie elektronowe otrzymywane za pomocą akceleratorów elektronów. Obecnie liczba zastosowań technik jądrowych w różnych dziedzinach przemysłu, medycyny, ochrony środowiska, rolnictwa, nauki jest tak duża, że wymienienie ich przekracza możliwości wykładu. Warto natomiast zwrócić uwagę na unikatowe cechy obróbki promieniowaniem jonizującym, które powodują, że opłaca się budować stosunkowo kosztowne instalacje radiacyjne.

Punktem wyjścia w chemii radiacyjnej (nie tylko zresztą ciał stałych) jest zrozumienie heterogeniczności na poziomie molekularnym, lokalizacji produktów radiolizy.

Promieniowanie jonizujące wnikając do materiału wywołuje kaskadę elektronów wtórnych, które powodują początkowo proste jonizacje w dużej odległości jedno od drugiego, nazywane gniazdami jednojonizacyjnymi. W miarę jak elektrony ulegają degradacji energetycznej odległości między jonizacjami zaczynają się zmniejszać.

Kończąc swój bieg elektrony powodują tak duże lokale nagromadzenie energii w niewielkiej strefie, że stwarza to zupełnie nową sytuację z punktu widzenia zachodzących w materiale procesów chemicznych. W wyniku działania

promieniowania jonizującego uzyskujemy w materiale całe widmo uszkodzeń radiacyjnych o różnej wielkości odłożonej energii. Stąd mnogość procesów chemicznych mogących przebiegać w następstwie procesów pierwotnych jest teoretycznie bardzo duża. Istotne z punktu widzenia praktycznego jest, że w dowolnej temperaturze w obrębie gniazd jonizacji uzyskujemy warunki, które w tradycyjnej chemii wymagają niezwykle ostrych parametrów technologicznych.

Przykładowo wysokotemperaturowy trudny do kontroli proces wulkanizacji kauczuku można zastąpić radiacyjnym sieciowaniem za pomocą wiązki elektronów prowadzoną w temperaturze pokojowej. Wydajność procesu łatwo kontrolować wielkością dostarczonej dawki promieniowania.

Obecnie na skalę przemysłową za pomocą promieniowań elektronowego i gamma sieciuje się kable i przewody elektryczne, rury i taśmy termokurczliwe, rury do przesyłu ciepłej wody, implanty chirurgiczne itd.

Komercyjnie działające instalacje radiacyjne pozwoliły na prowadzenie badań doświadczalnych nad zastosowaniem radiacyjnej modyfikacji materiałów w innych dziedzinach, np. w elektronice, konserwacji dzieł sztuki, oczyszczaniu wody i gazów spalinowych. W niedługim czasie zaowocowało to przemysłowym wykorzystaniem instalacji np. wyposażonych w wiązkę elektronów do modyfikacji układów elektronicznych na monokrystalicznym krzemie i sieciowania kauczuku we wspomnianych już oponach samochodowych. We Francji zaczęto konserwować obiekty o znaczeniu historycznym poprzez tzw. radiacyjną konsolidację, czyli sieciowanie za pomocą promieniowania jonizującego roztworu polimeru w monomerze, którym wcześniej nasączono np. stare drewno.

Kilka praktycznych uwag

W wielu nawet naukowych publikacjach niezbyt poprawnie, zamiennie stosowane są pojęcia napromieniowania i naświetlania. Formalnie napromieniowanie dotyczy oddziaływania materii z promieniowaniem jonizującym. Natomiast naświetlanie jest procesem, którym zajmuje się inna dyscyplina naukowa, fotochemia.

Nie należy również zamiennie stosować zwrotów promieniowanie beta i promieniowanie elektronowe. Pierwsze dotyczy wyłącznie emisji elektronów z jąder

atomowych, natomiast wiązka elektronów, czyli wysokoenergetyczne promieniowanie elektronowe to promieniowanie otrzymywane w wyniku przyspieszania elektronów w akceleratorach.

Dosyć powszechnie mylone są pojęcie napromieniowania z promieniotwórczością. Podkreślam ten problem, gdyż wielu producentów ziół, przypraw ziołowych i grzybów wyjąławia radiacyjnie wyroby. Robią to w trosce o zdrowie konsumentów, ponosząc przy tym spore koszty. Paradoksalnie jednak zamiast reklamować dobrą jakość produktu, stara się ukryć fakt, że został on mikrobiologicznie dekontaminowany za pomocą promieniowania jonizującego. Obawiają się, że klienci mogą podejrzewać, że wyroby traktowane np. wiązką elektronów stały się radioaktywne.

Literatura

M. Curie, Sur l'étude des courbes de probabilité relatives à la location des radon X sur les bactéries, *Compte rendu*, 1929, 198, 102

Z.P. Zagórski, Sterylizacja Radiacyjna z elementami chemii radiacyjnej i badań radiacyjnych, IChTJ, Warszawa 2007, s.272

Głuszewski W, Zagórski Z.P, Od Marii Skłodowskiej - Curie do współczesnych technologii radiacyjnych, *Kwartalnik Historii Nauki i Techniki PAN*, 2012, Nr 1, 71-89

Wojciech Głuszewski, Od Marii Skłodowskiej - Curie do współczesnych technologii radiacyjnych, *Chemia w Szkole*, 2012, 1

| | |
|---|--------------------------------------|
| DARIUSZ SIBILSKI | ELEKTRONIC INSTRUMENT SERVICE |
| TOMOGRAFIA KOMPUTEROWA W PRZEMYSŁE | |
| STRESZCZENIA NIE PRZYSŁANO | |

| | |
|--|-----------------------------|
| <u>GRZEGORZ JEZIERSKI</u> | POLITECHNIKA OPOLSKA |
| HISTORIA MUZEUM LAMP RENTGENOWSKICH | |
| <p>8 listopada 2011 roku miało miejsce uroczyste otwarcie "Muzeum Lamp Rentgenowskich przy Politechnice Opolskiej". Uroczystość ta obchodzona w ramach 45-lecia Politechniki Opolskiej zbiegła się ze 110 rocznicą przyznania Wilhelmowi Rentgenowi pierwszej w historii Nagrody Nobla. W prezentacji zostanie przedstawiona historia powstania prywatnego zbioru lamp rentgenowskich tj. od 2005 r. jak również aktualny stan kolekcji mieszczącej się w budynku Politechniki przy ul. Prószkowskiej 76. Kolekcja ta aktualnie liczy 740 niepowtarzalnych eksponatów (głównie lamp rentgenowskich, ale także kołpaków, głowic i całych aparatów rentgenowskich, różnych akcesoriów i literatury</p> | |

dotyczącej promieniowania rentgenowskiego, artystycznych fotografii rentgenowskich) które pochodzą od 322 darczyńców, w tym od 123 ofiarodawców z poza Polski.

Niewątpliwą zaletą tej kolekcji jest to, że przedstawia ona lampy rentgenowskie z różnych zastosowań, tj. medycznych, przemysłowych, dyfrakcji i fluorescencji rentgenowskiej, ale także pokazuje ich rozwój na przestrzeni stuletniej historii lampy rentgenowskiej (W. Coolidge 1913 r.). Muzeum to od samego początku jego utworzenia wzbudza żywe zainteresowanie nie tylko wśród użytkowników tego promieniowania (w muzeum przedstawiono 18 obszarów zastosowania promieniowania rentgenowskiego), ale także wśród uczniów szkół podstawowych i średnich.

RENATA HAUSA

**PAŃSTWOWA AGENCJA ATOMISTYKI
WARSZAWA**

ZMIANY W PRZEPISACH TRANSPORTOWYCH

Zmiany w przepisach transportowych po 1 stycznia 2012 r.

Od 1 stycznia 2012 r. weszła w życie nowa ustawa o transporcie drogowym, w której określono nowe zasady odpowiedzialności kierowcy i przewoźnika. W nowej ustawie wprowadzono:

- Kary nie tylko dla przewoźnika, ale także dla kierowcy, zarządzającego transportem oraz innych osób związanych z przewozem.
- Nowe kary dla przewoźników.
- Zmiany wysokości dotychczasowych kar.
- Obowiązek przechowywania dokumentów przez rok po zamknięciu firmy.
- Zaostrzenie przepisów o ośrodkach szkolenia.
- Odznaka „wzorowy kierowca”.
- Większe uprawnienia inspektorów ITD.
- Nowe limity maksymalnej wysokości kar.

Wprowadzono również odpowiedzialność innych podmiotów. Kontroli ITD spodziewać się mogą nie tylko przewoźnicy, ale również załadowcy, spedytorzy, nadawcy, odbiorcy, oraz organizatorzy transportu. Nowe prawo przewiduje również odpowiedzialność poszczególnych podmiotów wykonujących czynności związane z transportem w powstaniu lub akceptowaniu naruszeń prawa w zakresie transportu drogowego. Wprowadzone od 1 stycznia 2012 roku zmiany w prawie transportowym kładą kres wyłącznej odpowiedzialności przewoźnika.

| | |
|---|--|
| <u>JANUSZ BARCZYK</u> | PAŃSTWOWA AGENCJA ATOMISTYKI WARSZAWA |
| PROJEKT ZMIANY ROZPORZĄDZENIA RM W SPRAWIE STANOWISK MAJĄCYCH ISTOTNE ZNACZENIE DLA BEZPIECZEŃSTWA JĄDROWEGO I OCHRONY RADIOLOGICZNEJ ORAZ IOR | |
| STRESZCZENIA NIE NADESŁANO | |

| | |
|---|----------------------------------|
| <u>JERZY WOJNAROWICZ</u> | NCBJ – OR POLATOM, OTWOCK |
| SKAŻENIA- METODY DEKONTAMINACJI | |
| <p style="text-align: center;">SKAŻENIA</p> <p>Prezentacja wygłoszona w Skorzęcinie w dniu 21.06.2012 na Spotkaniu Inspektorów Ochrony Radiologicznej – Konferencji szkoleniowej nt. „Zastosowania źródeł promieniowania jonizującego„ w sesji Pomiarów Dozymetrycznych</p> <p>Skażenia, to często „niedoceniany” składnik narażenia na promieniowanie jonizujące. I to nie z powodu, nieznacznego wkładu w dawkę całkowitą, lecz z powodu trudności w jego wiarygodnym oszacowaniu. Dlatego tym bardziej trzeba mieć świadomość o występowaniu takiego rodzaju zagrożenia. Brak wiedzy na temat obecności skażenia oraz poziomu stwarzanego przez nie zagrożenia prowadzi często do niebezpiecznych zachowań i znacznego wzrostu narażenia na promieniowanie jonizujące. Głównie wewnętrznego, choć niejednokrotnie i zewnętrznego.</p> | |

W prezentacji przypomniano podstawowe pojęcia związane ze skażeniami oraz przedstawiono ogólne i szczegółowe zasady postępowania przy pracy ze źródłami promieniotwórczymi. Zarówno otwartymi, jak i zamkniętymi. Mniejsze prawdopodobieństwo wystąpienia skażeń przy pracy ze źródłami zamkniętymi, skutkuje niekiedy większym narażeniem na promieniowanie niż przy pracy ze źródłami otwartymi. Dotyczy to głównie zdarzeń nadzwyczajnych, ale dawce to obojętne – to my ją pochłaniamy. Ponadto w prezentacji przedstawiono różne poziomy odniesienia skażeń, i zależnie od nich, omówiono sposób oceny zagrożenia i sposób dalszego postępowania. Podano przypomniano podstawowe zasady dekontaminacji. Zwrócono też szczególną uwagę na rolę postaci chemicznej substancji skażającej w wielkości stwarzanego zagrożenia i sposobie dalszego postępowania.

BORYS CHMIELEWSKI

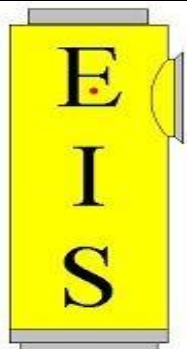
**INTROL.S.A.
KATWICE**

**GOSPODARKA ŹRÓDŁAMI PROMENIOTWÓRCZYMI, EKONOMIA,
ŚRODOWISKO**

STRESZCZENIA NIE NADESŁANO

SPONSORZY

| | |
|---|---|
|  <p>AGFA <i>Agfa</i> HealthCare</p> | <p>AGFA</p> |
|  <p>KONSORCJUM MEDYCZNE Amika spółka z o.o.</p> | <p>KONSORCJUM MEDYCZNE AMIKA SPÓŁKA Z.O.O. LABOLATORIUM BADAWCZE WRZEŚNIA</p> |
|  <p>LOR</p> | <p>CENTRALNE LABOLATORIUM OCHRONY RADIOLOGICZNEJ WARSZAWA</p> |
| <p>DISMED</p> | <p>Dismed Sp. z.o.o. Warszawa</p> |



DARIUSZ SIBILSKI
ELECTRONIC INSTRUMENT SERVICE
POZNAŃ

FUJIFILM

FUJI FILM



INSTYTUT FIZYKI JĄDROWEJ
KRAKÓW



OK[®]
Medical
Systems

OK MEDICAL SYSTEM
POZNAŃ



HOSPITAL INVESTMENT GROUP
POZNAŃ

UCZESTNICY SPOTKANIA

| NAZWISKO | IMIĘ | NAZWA MIEJSCOWOŚCI |
|-----------------|-----------|----------------------|
| ADAMOWSKI | WOJCIECH | ZIELONA GÓRA |
| BARAŃSKI | RYSZARD | GDAŃSK |
| BARCZYK | JANUSZ | WARSZAWA |
| CHROMIK | DARIUSZ | ZABRZE |
| CHMIELEWSKI | BORYS | KATOWICE |
| DĄBROWSKI | KRZYSZTOF | WARSZAWA |
| DOROCIAK | PAWEŁ | KNURÓW |
| GĘBSKI | WOJCIECH | KONIN |
| GŁUSZEWSKI | WOJCIECH | WARSZAWA |
| GORĄCZKO | WIESŁAW | POZNAŃ |
| GURBIEL | ANNA | ZABRZE |
| HAUSA | RENATA | WARSZAWA |
| INGLOT | SŁAWOMIR | ŻUKOWICE |
| JAGIEŁKA | PIOTR | DĄBROWA GÓRNICZA |
| JAKUBOWSKI | MAREK | GDAŃSK |
| JEZERSKI | GRZEGORZ | OPOLE |
| KOWSIEDOWSKI | MAREK | GDYNIA |
| KOTYLA | MARIUSZ | DZIAŁOSZYN |
| KOWALCZYK | TOMASZ | WROCŁAW |
| KRAWIEC | WŁADYSŁAW | BOCHNIA |
| KUREK GANCEWSKA | BEATA | BOGATYNIA |
| KUDLICKI | TOMASZ | SOPOT |
| ŁYCHONSKI | MICHAŁ | KOZIENICE 1 |
| OLCHAWA | PAWEŁ | TORUŃ |
| PIETRZYK | RAFAŁ | POZNAŃ |
| PASTERAK | JAN | CZECHOWICE-DZIEDZICE |
| PTASZEK | SYLWIA | WARSZAWA |

| | | |
|-------------|-----------|---------------|
| PLICHTA | WALDEMAR | GDAŃSK |
| RAJNIAK | ZENON | GDAŃSK |
| SAWA | KAZIMIERZ | OZIMEK |
| SEWERYN | JACEK | KNURÓW |
| SIBILSKI | DARIUSZ | BARANOWA |
| SIEMIŃSKA | ALICJA | TYCHY |
| SROCZYŃSKI | KRZYSZTOF | ZIELONA GÓRA |
| SZARY | STANISŁAW | KATOWICE |
| SZYMONEK | ROBERT | KATOWICE |
| WOJNAROWICZ | JERZY | OTWOCK-SWIERK |
| WÓJCIK | RAFAŁ | TYCHY |
| WRÓBEL | ADAM | KATOWICE |
| WYSOCKI | HENRYK | RACIBÓRZ |
| ZAWADA | MACIEJ | KNURÓW |
| ZMYSŁOWSKI | MAREK | BYDGOSZCZ |