

Instytut Chemii i Techniki Jądrowej

ul. Dorodna 16,03-195 Warszawa

mgr. inż. Magdalena Antoniak, mgr. inż. Adrian Jakowiuk

SPIS TREŚCI

- 1. Zadania i cele naukowe, techniczne i aplikacyjne Instytutu**
- 2. Struktura organizacyjna Instytutu**
- 3. Tematyka badawcza poszczególnych jednostek i opis posiadanej aparatury**
 - 3.1. Centrum Radiochemii i Chemii Jądrowej (CRCJ)
 - 3.2. Centrum Badań i Technologii Radiacyjnych (CeBaTeRad)
 - 3.3. Centrum Radiobiologii i Dozymetrii Biologicznej (CRDB)
 - 3.4. Laboratorium Badań Materiałowych (LBM)
 - 3.5. Laboratorium Technik Jądrowych (LTJ)
 - 3.6. Samodzielne Laboratorium Identyfikacji Napromieniowania Żywności (SLINŻ)
 - 3.7. Laboratorium Technik i Ochrony Środowiska (LTOŚ)
 - 3.8. Laboratorium Jądrowych Technik Analitycznych (LJTA)
 - 3.9. Laboratorium Izotopów Stabilnych (LIS)
 - 3.10. Laboratorium Pomiarów Dawek Technologicznych
- 4. Przykłady realizowanych projektów i prac badawczych**
- 5. Przykłady opracowanych technologii radiacyjnych**
 - 5.1. Sterylizacja radiacyjna wyrobów medycznych
 - 5.2. Dekontaminacja radiacyjna żywności
 - 5.3. Identyfikacja napromieniowanej żywności
 - 5.4. Modyfikacja radiacyjna polimerów
 - 5.5. Technologie radiacyjne w ochronie środowiska
- 6. Przykłady opracowanej aparatury dozymetrycznej**
- 7. Współpraca krajowa i międzynarodowa**



KAPITAŁ LUDZKI
NARODOWA STRATEGIA SPÓJNOŚCI



PROGRAM ROZWOJOWY
POLITECHNIKI WARSZAWSKIEJ

UNIA EUROPEJSKA
EUROPEJSKI
FUNDUSZ SPOŁECZNY



Projekt współfinansowany przez Unię Europejską w ramach Europejskiego Funduszu Społecznego

1. Zadania i cele naukowe, techniczne i aplikacyjne Instytutu

Instytut Chemii i Techniki Jądrowej (ICHTJ) jest jedyną jednostką w kraju prowadzącą w pełnym zakresie badania naukowe i prace rozwojowe w zakresie radiochemii, chemii jądrowej, chemii radiacyjnej i jądrowej inżynierii chemicznej. Tematyka badawcza instytutu obejmuje ponadto:

- Chemiczne i technologiczne aspekty energetyki jądrowej,
- Radiofarmaceutyki i ochronę zdrowia,
- Zastosowanie technik jądrowych w przemyśle, ochronie środowiska, oraz ochronie dziedzictwa kulturowego,
- Modyfikację układów polimerowych,
- Wolne rodniki w chemii, biologii i medycynie.

Poziom badań podstawowych w tych dziedzinach wiedzy oraz radiobiologii stawia Instytut w gronie najlepszych na świecie. Wysoki poziom prowadzonych badań naukowych jest podstawą szeregu osiągnięć technologicznych, takich jak opracowanie oraz wdrożenie w kraju i za granicą technologii sterylizacji i utrwalania żywności, modyfikacji polimerów i półprzewodników oraz instalacji stosujących technologie radiacyjne w ochronie środowiska.

Instytut Chemii i Techniki Jądrowej jest jedynym polskim instytutem, który otrzymał tytuł Centrum Współpracującego z Międzynarodową Agencją Energii Atomowej MAEA w zakresie Technologii Radiacyjnych i Dozymetrii Przemysłowej (IAEA Collaborating Centre on Radiation Processing and Industrial Dosimetry). Nominacja z pośród 18 światowych ośrodków badań jądrowych stanowi dowód uznania dla osiągnięć Instytutu w zakresie wykorzystania akceleratorów elektronów w technologiach radiacyjnych. Zdjęcia z ceremonii wręczenia nominacji przedstawiono na: Rys. IChTJ 1.1 i 1.2.



Rys. IChTJ 1.1 Natesan Ramamoorthy dyr. MAEA wręcza prof. Andrzejowi Chmielewskiemu dyr. IChTJ nominację „MAEA Collaborating – centrum przetwarzania radiacyjnego i dozymetrii przemysłowej”



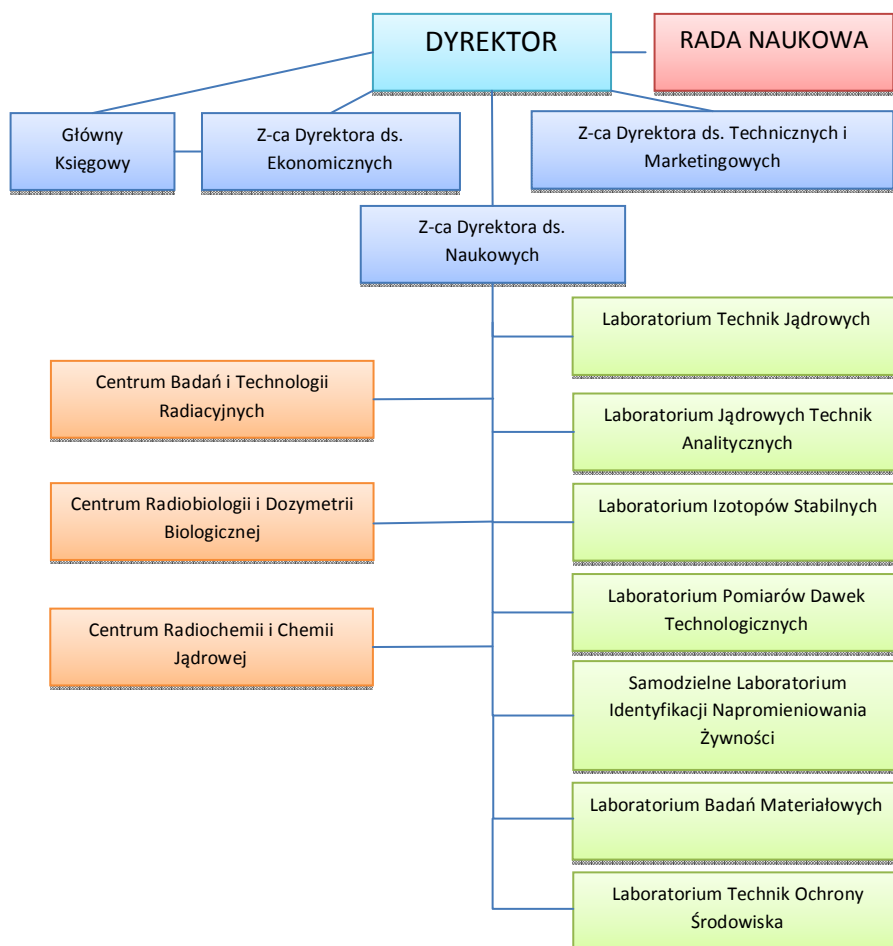
Rys. IChTJ 1.2 Wśród zaproszonych gości byli: wiceminister gospodarki Hanna Trojanowska i prezes Państwowej Agencji Atomistyki prof. Michael Waligórski

Dla ułatwienia naukowcom dostępu do najnowszych wyników badań i poszerzania wiedzy o technologiach radiacyjnych, wśród społeczeństwa, IChTJ jest wydawcą notowanego na liście filadelfijskiej czasopisma „Nukleonika” oraz popularnonaukowego – „Postępy Techniki Jądrowej”.

2. Struktura organizacyjna Instytutu

Instytut Chemii i Techniki Jądrowej w Warszawie rozpoczął działalność w roku 1983, w wyniku podziału Instytutu Badań Jądrowych (IBJ) na trzy niezależne jednostki badawcze. Ośrodek Żerański IBJ w latach 1955 – 83 zajmował się badaniami w zakresie uzyskiwania pierwiastków rozszczepialnych, przerobu paliwa jądrowego oraz odpadów promieniotwórczych. Obecnie zatrudnia ponad 260 pracowników, w tym 15 profesorów tytularnych, 7 doktorów habilitowanych zatrudnionych na stanowisku profesora oraz 50 doktorów i 80 pracowników posiadających stopień zawodowy magistra. Od 1995 roku prowadzi międzynarodowe studia doktoranckie, obecnie z udziałem ponad 20 słuchaczy, którzy realizują badania w zakresie: chemicznych aspektów energetyki jądrowej, chemii i biochemii radiacyjnej, chemii radiofarmaceutyków, chemii analitycznej, zastosowania metod jądrowych w badaniach materiałowych dla potrzeb medycyny, ochrony środowiska oraz konserwacji zabytków, jak również chemii rodników. Posiada również uprawnienia do nadawania stopni doktora i doktora habilitowanego w dziedzinie chemii.

W skład IChTJ wchodzi trzy centra oraz siedem laboratoriów. Schemat struktury organizacyjnej przedstawiono na Rys. IChTJ 2.1.



Rys. IChTJ 2.1 Schemat organizacyjny Instytut Chemii i Techniki Jądrowej.

3. Tematyka badawcza poszczególnych jednostek i opis posiadanej aparatury

3.1. Centrum Radiochemii i Chemii Jądrowej (CRCJ)

Działalność naukowo - badawcza Centrum Radiochemii i Chemii Jądrowej obejmuje: problematykę radiochemii i chemii fizycznej, metody rozdzielania pierwiastków, chemię

koordynacyjną, chemię izotopów oraz chemię radiofarmaceutyków. W ostatnich latach szczególna uwaga Centrum została zwrócona na dwie główne dziedziny współczesnej radiochemii i chemii jądrowej, tj. na potrzeby i rozwój energetyki jądrowej oraz medycyny nuklearnej.

W ramach badań ukierunkowanych na potrzeby energetyki jądrowej w Centrum prowadzone są prace związane z unieszkodliwianiem odpadów promieniotwórczych, zwłaszcza wysokoaktywnych odpadów jądrowych, które stanowią potencjalne zagrożenie dla przyszłych pokoleń, a także opracowywane są nowe źródła materiałów rozszczepialnych (analiza możliwości pozyskania uranu z rozproszonych zasobów krajowych oraz badanie alternatywnych materiałów paliwowych). CRCJ uczestniczy w europejskich projektach, które mają na celu opracowanie technologii wydzielania aktynowców z wysokoaktywnych odpadów promieniotwórczych pozostałych po przerobie wypalonego paliwa jądrowego oraz konwersji wydzielonych aktynowców w tlenki mieszane, jako paliwa dla reaktorów jądrowych na neutronach prędkich. Rozwiązanie problemu znacznie skróci okres, w jakim odpady jądrowe zagrażać będą człowiekowi i środowisku naturalnemu.

Celem badań Centrum w dziedzinie chemii radiofarmaceutycznej jest opracowanie metod otrzymywania radionuklidów terapeutycznych i radionuklidów diagnostycznych PET, jak i szerokiej gamy nowych, wysoce specyficznych radiofarmaceutyków, w tym także do terapii celowej. Proponowane przez CRCJ rozwiązania są już testowane przez specjalistów medycyny nuklearnej w ramach badań klinicznych w kraju, jak i za granicą.



Rys. IChTJ 3.1.1 Komora gorąca do pracy z otwartymi źródłami promieniowania o dużej aktywności

W skład Centrum Radiochemii i Chemii Jądrowej wchodzi 8 pracowni izotopowych klasy II, w których można prowadzić prace z otwartymi źródłami promieniotwórczymi o wysokich aktywnościach, ponadto mieszczą się w nim 4 pracownie izotopowe klasy III, 4 laboratoria chemiczne, laboratorium syntez chemicznych oraz 5 pracowni wyposażonych w aparaturę unikatową. Wszystkie laboratoria klasy II znajdują się za śluzami sanitarno-

dozymetrycznymi, a laboratoria klasy III są wyposażone w kompleksowy system ochrony radiologicznej przeznaczony do ciągłego monitoringu skażeń radioaktywnych.

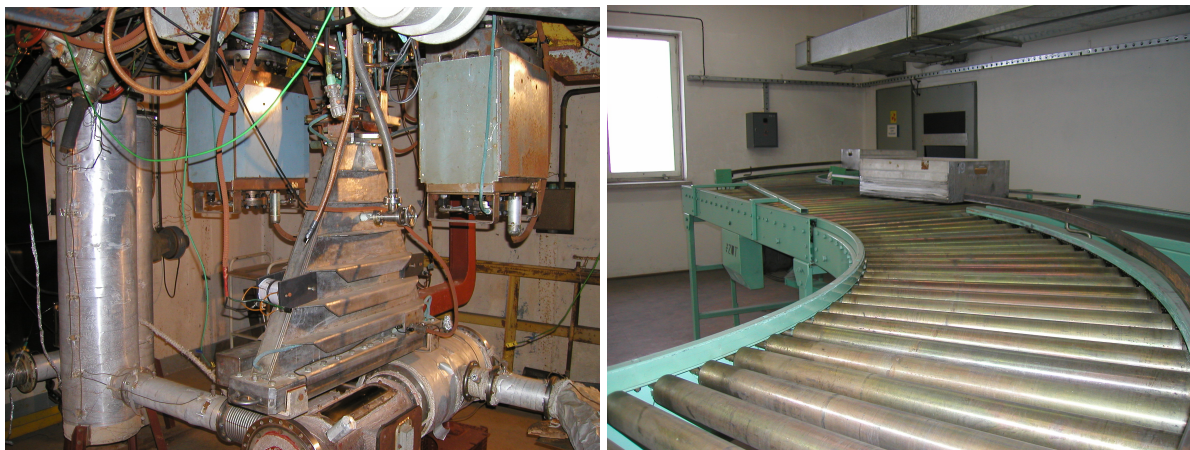
Jedna z pracowni klasy II wyposażona jest w manipulatorową komorę gorącą (Rys. IChTJ 3.1.1), w której można pracować z otwartymi źródłami promieniotwórczymi o dużej aktywności. Poszczególne laboratoria wyposażone są w dygestoria radiochemiczne oraz w komory do pracy z izotopami alfa promieniotwórczymi. Centrum wyposażone jest w nowoczesną aparaturę pomiarową: spektrometry promieniowania alfa, beta i gamma, spektrometr masowy, spektrometr rentgenowski, analizator TGA -TDA, spektrometry UV – VIS, chromatografy gazowe oraz w aparaturę procesową: młyny, autoklawy, ekstraktory, piece do spiekania tlenków paliw rozszczepialnych etc.

3.2. Centrum Badań i Technologii Radiacyjnych (CeBaTeRad)

Centrum prowadzi badania podstawowe i aplikacyjne w zakresie chemii i techniki radiacyjnej oraz prace w skali laboratoryjnej i pilotowej, których celem jest wdrażanie nowych technologii radiacyjnych w przemyśle, medycynie i ochronie środowiska, a także uczestniczy w badaniach wspierających rozwój energetyki jądrowej.

Badania podstawowe prowadzone przez Centrum dotyczą mechanizmów i kinetyki procesów rodnikowych indukowanych promieniowaniem jonizującym, zachodzących w fazie ciekłej, z wykorzystaniem techniki radiolizy i fotolizy impulsowej, prowadzonych w układach związków o znaczeniu biologicznym. Prowadzone są również badania reakcji atomów i wolnych rodników w fazie stałej, szczególnie w celu modyfikacji polimerów i materiałów kompozytowych.





Rys. IChTJ 3.2.1 Akcelerator elektronów

Zakres działalności Centrum Badań i Technologii Radiacyjnych (CeBaTeRad) obejmuje:

- opracowywanie nowych technologii radiacyjnych w skali wielolaboratoryjnej oraz przystosowanie opracowanych technologii do zastosowań przemysłowych,
- obróbkę radiacyjną różnych materiałów i produktów dla odbiorców zewnętrznych z zastosowaniem liniowych akceleratorów elektronów w tym:
 - sterylizację wyrobów medycznych, produktów leczniczych, kosmetyków,
 - sterylizację przeszczepów biostatycznych i materiałów biomedycznych,
 - modyfikację półprzewodników i pokrewnych produktów elektronicznych,
 - sieciowanie polimerów,
- opracowywanie technologii otrzymywania materiałów odpornych radiacyjnie,
- badania w dziedzinie chemii i fizyki radiacyjnej z zastosowaniem akceleratorów elektronów o różnej charakterystyce wiązki oraz źródeł gamma z izotopem ^{60}Co o różnej szybkości dawkowania,
- poznawanie mechanizmów i kinetyki procesów zachodzących w fazie ciekłej i stałej pod wpływem promieniowania z wykorzystaniem technik radiolizy impulsowej, niskotemperaturowej spektrometrii mikrofalowej, luminescencji oraz spektrometrii głębokich poziomów.

Centrum Badań i Technologii Radiacyjnych posiada pięć akceleratorów elektronów o energiach od 2 do 10 MeV i mocy od 10 do 20 kW (Rys. IChTJ 3.2.1) oraz źródła promieniowania gamma ^{60}Co .

Aparatura analityczna:

- spektrofotometr typ U-1100 (Hitachi), zakres długości fali światła 200 – 1100 nm, dokładność nastawu długości światła ± 1 nm, zakres pomiaru -0.500 – 3.000 ABS.
- czytnik Dawki CD-02 (produkcja IChTJ) służy do pomiaru dawki folii dozymetrycznej w formie długiej wstęgi o długości do 5 m. Zakres długości fali światła: dla lampy deuterowej 240 – 370 nm, dla lampy halogenowej 340 - 700 nm, dokładność nastawu długości fali światła 1 nm, zakres pomiaru absorbancji światła 0.0 - 2.0 ABS.
- multimetr cyfrowy (Keihley) stosowany do pomiarów rezystancji kalorymetrów.
- cyfrowa ciepłarka mikrobiologiczna INCUDIGIT 80l (J.P.SELECTA) służące do wygrzewania folii dozymetrycznych. Parametry: maks. temperatura 80°C , gradient temperatury $\pm 2\%$, termostabilność $\pm 0,25^{\circ}\text{C}$, niepewność pomiaru $\pm 2\%$, rozdzielczość $0,1^{\circ}\text{C}$.

3.3. Centrum Radiobiologii i Dozymetrii Biologicznej (CRDB)

Celem badań prowadzonych w Centrum jest poznawanie odpowiedzi komórkowej na promieniowanie jonizujące oraz reaktywne formy tlenu i azotu, pochodzenia zarówno wewnątrz-, jak i zewnątrzkomórkowego. Badane są także przyczyny różnic w promienioodporności komórek różnych typów. Są to prace potencjalnie użyteczne dla uzyskania racjonalnych podstaw udoskonalania radioterapii nowotworów i ochrony przed promieniowaniem.



Rys. IChTJ 3.3.1 Spektrofotometr UV-Vis 50 Bio (Varian)



Rys. IChTJ 3.3.2 Komory laminarne (NUAIRE)



Rys. IChTJ 3.3.3 System do pomiaru wielkości nanocząstek NANOSIGHT

Nowym kierunkiem badań prowadzonych w Centrum jest nanotoksykologia oraz badania wpływu nanomateriałów na zdrowie człowieka, szczególnie czynników warunkujących toksyczność nanomateriałów oraz ich ewentualnego wykorzystania do diagnozy i terapii nowotworów.

Innym obszarem wiedzy, w którym specjalizuje się Centrum jest poszukiwanie nowych i udoskonalanie istniejących metod dozymetrii biologicznej, m.in. analizy częstości mikrojader, aberracji chromosomowych, ognisk histonu gamma-H2AX, pęknięć chromosomowych techniką przedwczesnej kondensacji chromatyny (PCC) i wymian międzychromosomowych przy użyciu hybrydyzacji *in situ* (FISH). Ocena pochłoniętej dawki promieniowania jest niezbędna do podjęcia właściwego leczenia ofiar wypadków radiacyjnych, a także monitorowania ludności potencjalnie narażonej na działanie promieniowania. Wymienione metody dozymetrii biologicznej oraz metoda kometowa są w Centrum stosowane również do badań przesiewowych narażenia ludzi na promieniowanie jonizujące oraz inne czynniki środowiskowe i zawodowe.

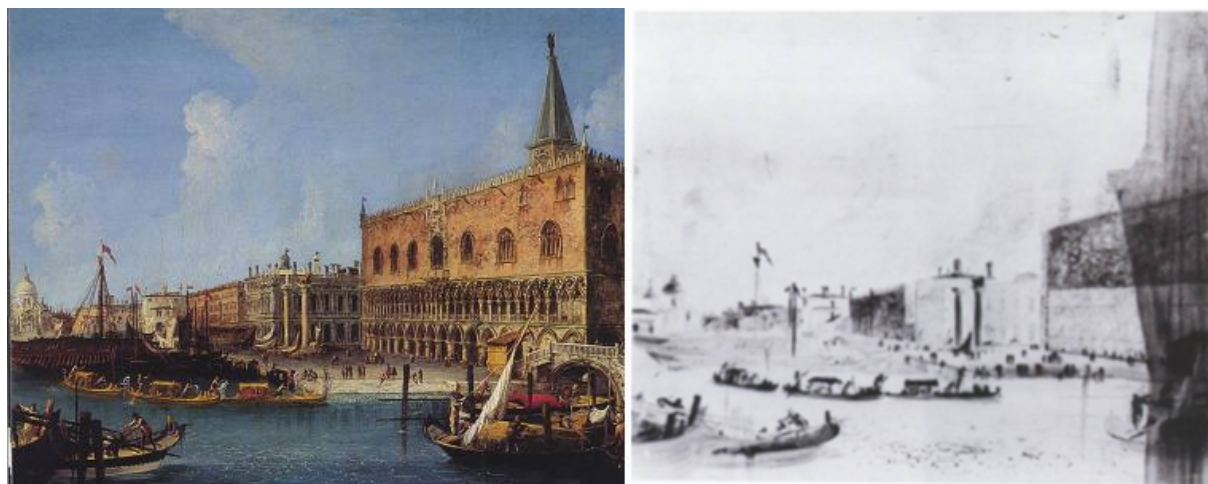
Posiadana aparatura specjalistyczna:

- Aparatura przeznaczona do pomiarów czystości i higieny mikrobiologicznej: TD-20/20 Luminometer, Spektrofotometr UV-Vis 50 Bio (Varian) (Rys. IChTJ 3.3.1).
- Systemy pomiaru wielkości komórek: Fluorescencyjny czytnik mikropłytek Infinite F200 / M200 (Tecan), Licznik komórek Countess (Invitrogen), System do pomiaru wielkości nanocząstek NANOSIGHT (Rys. IChTJ 3.3.3).

- Aparatura do detekcji i kwantyfikacji kwasów nukleinowych: 7500 real-time PCR system (Applied Biosystems).
- Systemy do rejestracji i analizy obrazów: System analizy obrazu – Comet Assay IV, System do analizy obrazu METAFER połączony z automatycznym mikroskopem Zeiss, Fluorescencyjny mikroskop odwrócony (Nikon).
- Wyposażenie laboratoryjne służące do hodowli i przechowywania badanych komórek: Zamrażarka niskotemperaturowa U410 (New Brunswick Scientific), Komory laminarne (NUAIRE) (Rys. IChTJ 3.3.2), Inkubator do hodowli komórkowych (NUAIRE), Termocykler MJ Mini (Bio-Rad), Inkubator z wytrząsaniem Excella E24 (New Brunswick Scientific).

3.4. Laboratorium Badań Materiałowych (LBM)

Laboratorium Badań Materiałowych prowadzi badania technologiczne i analizy fizykochemiczne różnego typu obiektów artystycznych, historycznych i archeologicznych. Wyniki tych badań pozwalają z jednej strony poznać stare technologie, określić okres i miejsce powstania danego dzieła (przykład zastosowania analizy obrazu przy użyciu techniki audiogramu przedstawia Rys. IChTJ 3.4.1), z drugiej zaś strony - na opracowanie właściwych metod ochrony i konserwacji tych przedmiotów.



Rys. IChTJ 3.4.1 Michele Marieschi (1710-1744), Pałac Dożów w Wenecji, olej na płótnie, (41cmx25cm) oraz autoradiogram, 48 godz. po aktywacji, czas ekspozycji 14 dni. Widoczny jest fragment pierwotnie planowanego obrazu oraz postacie, łódzie i fragmenty architektury namalowane żółcią neapolitańską (^{122}Sb , ^{124}Sb) i vermilionem (^{203}Hg).

Laboratorium przy współpracy z zespołami pochodzącymi z Narodowego Centrum Badań Jądrowych, Instytutu Technologii Materiałów Elektronicznych oraz Instytutu Chemii Fizycznej PAN opracowało metodę pozwalającą na modyfikację własności warstwy wierzchniej materiałów intensywnymi impulsowymi wiązkami plazmowo - jonowymi. Metodę tę wykorzystano m.in. do:

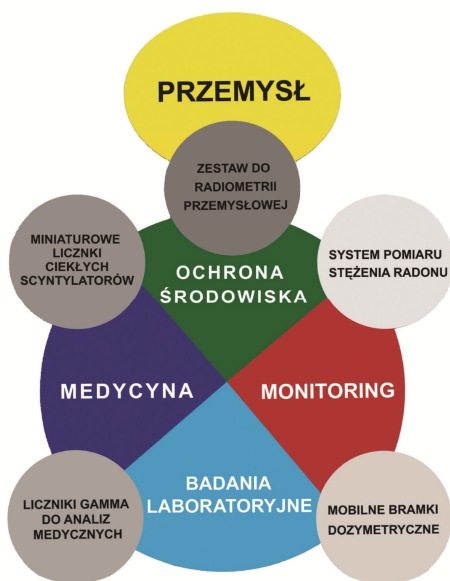
- zmiany zwilżalności powierzchni materiałów ceramicznych w celu utworzenia kompozytów,
- podwyższenia odporności korozyjnej folii tytanowych stosowanych na okna akceleratorów elektronów,
- podwyższenia odporności na utlenianie wysokotemperaturowe stali poprzez wprowadzenie do warstwy wierzchniej pierwiastków ziem rzadkich,
- podwyższenia własności tribologicznych stali, a w szczególności trwałości i odporności na zużycie ścierne.

W LBM prowadzone są także prace związane z syntezą struktur srebra na różnych materiałach stałych przy zastosowaniu promieniowania jonizującego oraz badania związane z syntezą i właściwościami fizykochemicznymi nowych polimerów koordynacyjnych metali, głównie bloku s, z ligandami heterocyklicznymi. Te tzw. hybrydowe nieorganiczno - organiczne porowate polimery koordynacyjne są obiektem zainteresowania ze względu na ich potencjalne duże możliwości zastosowania do magazynowania gazów, separacji mieszanin gazowych, ekspansji wewnątrz porów molekuł o znaczeniu biologicznym.

3.5. Laboratorium Technik Jądrowych (LTJ)

Laboratorium prowadzi prace badawcze i rozwojowe w dziedzinie inżynierii procesowej, badań diagnostycznych obiektów technologicznych oraz aparatury badawczo - pomiarowej z zastosowaniem metod jądrowych i izotopów promieniotwórczych.

Laboratorium przy współpracy z PGE Górnictwo i Energetyka Konwencjonalna S.A. prowadzi badania w zakresie określania stosunków wodnych w otoczeniu Kopalni Węgla Brunatnego Bełchatów, badania aparatów przepływowych, pomiarów natężeń przepływu w systemach wodno - kanalizacyjnych (bloki energetyczne, stacje pomp, układy chłodzące czy też oczyszczalnie ścieków). Wykorzystywane są do tego metody znacznikowe i metody obliczeniowej mechaniki płynów (CFD). Na Rys. IChTJ 3.5.2 przedstawiono generator bromku metylu używany przy radioznacznikowych badaniach instalacji przemysłowych.



Rys. IChTJ 3.5.2 Generator źródła promieniowania (bromek metylu) aplikowanego do badanej instalacji przemysłowej

Rys. IChTJ 3.5.1 Zakres tematyczny urządzeń zaprojektowanych w ramach projektu "Nowa generacja inteligentnych urządzeń radiometrycznych z bezprzewodową teletransmisją informacji" współfinansowanego przez Unię Europejską z Europejskiego Funduszu Rozwoju Regionalnego

W Laboratorium prowadzone są prace związane z separacją gazów, w szczególności gazów syntezowanych i biogazu, przy wykorzystaniu technik membranowych oraz opracowywane są założenia procesowe dla wytwarzania alternatywnych źródeł energii, takich jak biogazownie do przerobu odpadów przemysłu spożywczego i rolniczego oraz odpadów komunalnych.

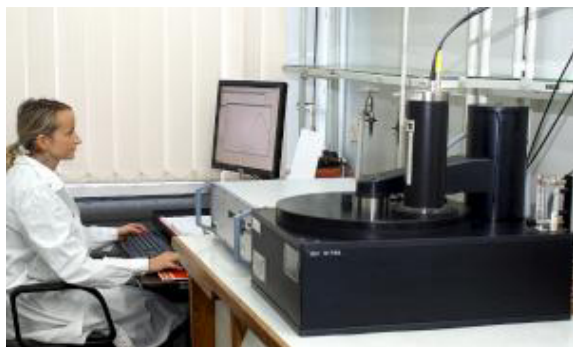
W Laboratorium Technik Jądrowych powstają urządzenia, koncentrujące się na praktycznym zastosowaniu promieniowania jądrowego. Powstają tutaj projekty i konstrukcje nowatorskich urządzeń wykorzystywanych w nauce, przemyśle oraz medycynie (Rys. IChTJ 3.5.1). Są to mierniki stężenia radonu (oraz jego produktów rozpadu) stosowane w

górnictwie, bramki dozymetryczne całego ciała, rąk i nóg oraz przeznaczone do ciągłego monitoringu tła promieniowania, sondy radiometryczne przeznaczone do pomiarów terenowych i przemysłowych, mierniki zapylenia powietrza stosowane w ochronie środowiska, liczniki i analizatory promieniowania gamma stosowane w medycynie i ochronie środowiska oraz analizatory fluorescencyjne służące m. in. do analizy składu chemicznego materiałów.

3.6. Samodzielne Laboratorium Identyfikacji Napromieniowania Żywności (SLINŻ)

Laboratorium prowadzi działalność naukową, rozwojową i wdrożeniową w zakresie metod wykrywania napromieniowanej żywności. Wykonuje na zlecenie firm polskich i zagranicznych badania próbek żywności w celu wydania opinii, czy żywność była napromieniowana.

Wszystkie metody analityczne stosowane w Laboratorium posiadają akredytację PCA - Zakres Akredytacji Nr AB 262 (Rys. IChTJ 3.6.1). Obecny Certyfikat Akredytacji Laboratorium Badawczego został wystawiony w dniu 22 października 2010 roku i ma ważność do 25.10.2014 r. Laboratorium znajduje się także w międzynarodowych rejestrach FSA i SSA, akredytowanych laboratoriów badających przyprawę metodą TL i PSL. Od 2012 roku SLINŻ jest laboratorium referencyjnym Ministerstwa Zdrowia w zakresie jakościowego badania obecności napromieniowanych składników żywności.



Rys. IChTJ 3.6.2 Pomiar na czytniku termoluminescencji przystosowanym do wykrywania napromieniowanej żywności, z której wyizolowano minerały krzemianowe (PN-EN 1788).



Rys. IChTJ 3.6.3 Pomiar na spektrometrze elektronowego rezonansu paramagnetycznego (ERP) przystosowanym do badań żywności zawierającej po napromieniowaniu trwałe rodniki (PN - EN 1786, PN - EN 1787, PN - EN 13708).

Obecna działalność analityczna obejmuje:



Rys. IChTJ 3.6.1 Certyfikat Akredytacji Laboratorium Badawczego Nr AB 262 wystawiony w dniu 22 października 2010 r., ważny do 25.10.2014 r.

- wykrywanie napromieniowania żywności zawierającej kości (drób, ryby) oraz jaj w skorupie metodą spektrometrii elektronowego rezonansu paramagnetycznego (EPR), zgodnie z normą PN-EN 1786,
- wykrywanie napromieniowania żywności zawierającej celulozę (orzechy, truskawki) metodą spektrometrii (EPR), zgodnie z normą PN-EN 1787 (Rys. IChTJ 3.6.3),
- wykrywanie napromieniowania w żywności, z której mogą być wydzielone minerały krzemianowe, tj. przyprawy, zioła, warzywa, owoce, krewetki metodą pomiaru termoluminescencji (TL), zgodnie z normą PN-EN 1788 (Rys. IChTJ 3.6.2),
- wykrywanie napromieniowania żywności za pomocą skaningowej metody pomiaru fotoluminescencji stymulowanej impulsami światła (PPSL), zgodnie z normą PN-EN 13751: 2007,
- wykrywanie napromieniowania żywności zawierającej krystaliczne cukry (suszone owoce np. rodzynki, figi, daktyle itp.) metodą spektrometrii elektronowego rezonansu paramagnetycznego (EPR), zgodnie z normą PN-EN 13708.

3.7. Laboratorium Technik i Ochrony Środowiska (LTOS)

Laboratorium rozwija technologie oczyszczania emitowanych do atmosfery gazów spalinowych, wykorzystując procesy plazmowe generowane wiązką elektronów. Szczególny nacisk kładziony jest na praktyczne wykorzystanie uzyskanych wyników pod kątem współpracy z partnerami przemysłowymi.

Do podstawowych obszarów działalności Laboratorium należą:

- prace badawczo rozwojowe i wdrożeniowe nad technologią oczyszczania spalin przy pomocy wiązki elektronów,
- wykorzystanie metod obliczeniowej mechaniki płynów (CFD) do badania przepływów w układach wielofazowych,
- badanie kinetyki reakcji w plazmie generowanej wiązką elektronów,
- modelowanie numeryczne mechanizmu rozkładu lotnych związków organicznych pod wpływem wiązki elektronów.

Laboratorium posiada instalację laboratoryjną do badań oczyszczania spalin przy użyciu wiązki elektronów wraz z akceleratorem ILU-6M oraz kompletnym wyposażeniem analitycznym (analizatory SO_2 i NO_x , chromatograf gazowy, przenośny analizator spalin LAND). Instalacja pilotowa została uruchomiona w EC Kawęczyn. Na skalę przemysłową technologia oczyszczania spalin została zastosowana w EC Pomorzany.

Laboratorium jest zainteresowane współpracą w zakresie nowoczesnych technologii kontroli emisji, zwłaszcza z partnerami przemysłowymi. Świadczy usługi w zakresie prac rozwojowych (teoretycznych i eksperymentalnych), jak również przygotowujących do wdrożenia (studium wykonalności, założenia projektowe).

3.8. Laboratorium Jądrowych Technik Analitycznych (LJTA)

Działalność naukowa Laboratorium skupiona jest głównie na rozwoju jądrowych technik analitycznych i ich zastosowaniu w szeroko pojętych zagadnieniach związanych z energetyką jądrową. Pole działania LJTA obejmuje gospodarkę odpadami promieniotwórczymi i wypalonym paliwem jądrowym, opracowanie metod analitycznych oznaczania wybranych pierwiastków w nisko- i średnioaktywnych ciekłych odpadach promieniotwórczych wytwarzanych w elektrowniach atomowych, opracowanie metod analitycznej kontroli wód reaktorowych (obieg pierwotny i wtórny, odstojniki), czy

opracowanie metod analitycznych i procedur służących do monitoringu środowiska tj. wody, gleby, próbek roślinnych, w rejonie elektrowni jądrowej.

LJTA dysponuje nowoczesną aparaturą pomiarową pozwalającą oznaczać z dużą dokładnością i precyzją pierwiastki w szerokim zakresie stężeń (od makroskładników do mikrośladów rzędu 10^{-12} g/g). W LJTA wykorzystuje się i rozwija w tym celu procedury analityczne oparte na nowoczesnych jądrowych i pokrewnych technikach analitycznych, takich jak neutronowa analiza aktywacyjna (NAA), spektrometria mas ze wzbudzeniem w plazmie sprzężonej indukcyjnie (ICP-MS), spektrometria promieniowania jonizującego, absorpcyjna spektrometria atomowa (ASA) oraz chromatografia jonowa (IC).

LJTA jest jedynym w Polsce i jednym z niewielu liczących się na świecie producentów certyfikowanych materiałów odniesienia (CRM) dla nieorganicznej analizy śladowej (Rys. IChTJ 3.8.1). Materiały te stosowane są w laboratoriach wielu krajów. LJTA jest także koordynatorem (na zlecenie Państwowej Agencji Atomistyki) porównań międzylaboratoryjnych dla laboratoriów tworzących sieć monitoringu radiacyjnego kraju. Jest także organizatorem testów biegłości przeznaczonych dla krajowych laboratoriów analizujących żywność i materiały środowiskowe.



Rys. IChTJ 3.8.1 Certyfikowane materiały odniesienia. Od lewej: Koncentrat Apatytowy (CTA-AC-1), Liście Herbaty (INCT-TL-1), Liście Tytoniu-Oriental (CTA-OTL-1), Liście Tytoniu-Virginia (CTA-VTL-2), Mieszanina Ziół Polskich (INCT-MPH-2), Popiół Lotny (CTA-FFA-1)

3.9. Laboratorium Izotopów Stabilnych (LIS)

W związku z wzrostem na rynku liczby towarów nieautentycznych lub niedopuszczonych do obrotu poszukuje się metod, które pozwalają w szybki sposób odróżnić produkt oryginalny od podrobionego. Prowadzone w Laboratorium prace badawcze dotyczą przede wszystkim analizy składu izotopowego żywności w celu kontroli jej pochodzenia i autentyczności.

W LIS wykonywane są analizy składu izotopowego najważniejszych pierwiastków zawartych w żywności, tzn. węgla, azotu i siarki oraz składu izotopowego zawartej w niej wody (tlen i wodór). Pomiary te prowadzone są metodą spektrometrii masowej stosunków izotopowych (IRMS) przy wykorzystaniu nowoczesnego spektrometru masowego DELTA plus oraz zestawu preparatywnych urządzeń peryferyjnych współpracujących w systemie przepływowym on-line.

W Laboratorium są prowadzone prace przygotowawcze i pomiarowe na dużych instalacjach przemysłowych. Głównym celem tych prac jest identyfikacja składu izotopowego gazu cieplarnianego pochodzącego z badanych źródeł emisji. Prowadzone prace dotyczą poboru prób, ekstrakcji czystych gazów cieplarnianych oraz pomiarów ich składów izotopowych. Prace terenowe to kontynuacja – monitoring lub też rozpoznawanie nowych źródeł emisji. Dotychczas przeprowadzono prace pomiarowe na szeregu instalacji przemysłowych, a mianowicie pobrano próby gazów: z instalacji do spalania stałych odpadów w spalarni odpadów komunalnych, z instalacji gromadzącej gazy wysypiskowe na terenie wysypiska odpadów komunalnych w miejscowości Łubna, z wytwórni biogazu pracującej w

oparciu o fermentację metanową organicznych odpadów rolniczych i przemysłowych oraz prowadzono monitoring instalacji gazów odlotowych w elektrociepłowni pracującej w oparciu o dwa rodzaje kotłów: fluidalne i pyłowe (Rys. IChTJ 3.9.1).



Rys. IChTJ 3.9.1 Pobór próbek gazowych z instalacji kotła fluidalnego. Na zdjęciu widoczny jest: miernik koncentracji gazów, grzana sonda i polowy zestaw do poboru próbek gazowych.

Laboratorium Izotopów Stabilnych, jako jedyne w Polsce bierze udział w międzynarodowych testach porównawczych biegłości laboratoryjnej w zakresie stosowania metod izotopowych w kontroli żywności. W Laboratorium zostały wdrożone główne, obowiązujące na terenie UE standardowe metody izotopowej kontroli win, miodów i soków. Od kilku lat prowadzone są studia nad izotopowymi metodami kontroli pochodzenia żywności ekologicznej.

3.10. Laboratorium Pomiarów Dawek Technologicznych

Laboratorium wykonuje pomiary dużych dawek promieniowania fotonowego i wysokoenergetycznego promieniowania elektronowego oraz prowadzi prace badawczo - rozwojowe dotyczące nowych metod dozymetrii chemicznej.

LPDT wykonuje pomiary dla jednostek dysponujących własnymi źródłami promieniowania gamma lub elektronowego oraz realizuje napromieniania dla jednostek prowadzących badania materiałowe lub mikrobiologiczne. Pomiar dawki pochłoniętej u zleceniodawcy jest wykonywany bezpośrednio przez pracowników Laboratorium lub zdalnie, z wykorzystaniem dozymetrów transferowych. LPDT zapewnia spójność pomiarową dla pomiarów mocy dawki z pierwotnym wzorcem dawki National Physical Laboratory (Teddington, Wielka Brytania).



Rys. IChTJ 3.10.1 Certyfikat Akredytacji Laboratorium Badawczego Nr AB 461

LPDT spełnia wymagania normy PN-EN ISO/IEC 17025, a od 2004 roku posiada certyfikat Polskiego Centrum Akredytacji (Rys. IChTJ 3.10.1). Zakres tej akredytacji obejmuje następujące prace:

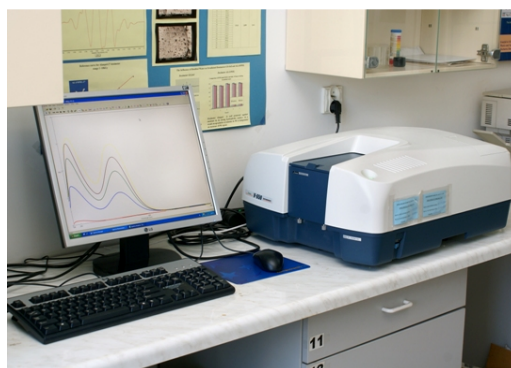
- pomiary dawki lub mocy dawki promieniowania gamma za pomocą dozymetru Frickego (20-400 Gy) (Rys. IChTJ 3.10.2) i dozymetru foliowego CTA (10-80 kGy),
- pomiary dawki promieniowania elektronowego za pomocą dozymetru foliowego CTA (15-40 kGy) oraz kalorymetrów polistyrenowych i grafitowych (1,5-40 kGy) (Rys. IChTJ 3.10.3),
- napromienianie kalibracyjne dozymetrów lub innych małych obiektów ściśle określonymi dawkami promieniowania gamma ^{60}Co i promieniowania elektronowego 10 MeV (Rys. IChTJ 3.10.4).



Rys. IChTJ 3.10.4 Źródło gamma ^{60}Co



Rys. IChTJ 3.10.2 Dozometr Frickego: 20- 400Gy oraz dozometr dichromianowy: 2-50kGy



Rys. IChTJ 3.10.3 Spektrofotometr UV-Vis JASCO V-650

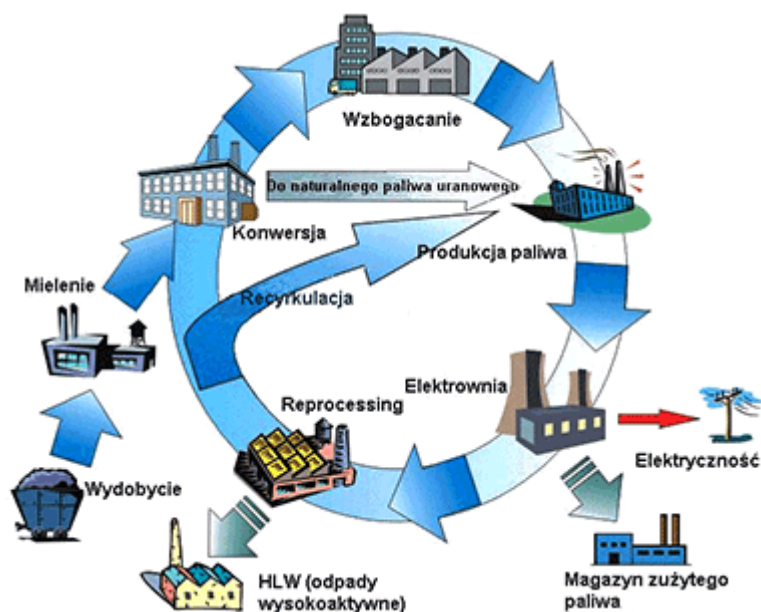
4. Przykłady realizowanych projektów i prac badawczych

Instytut Chemii i Techniki Jądrowej realizuje wiele projektów badawczych. Są to projekty realizowane w ramach:

- Programu Operacyjnego Innowacyjna Gospodarka,
- Projekty strategiczne i rozwojowe Narodowego Centrum Badań i Rozwoju,
- Projekty badawcze finansowane przez Narodowe Centrum Nauki,
- Projekty realizowane w ramach 7 Programu Ramowego UE,
- Projekty finansowane z Europejskiego Funduszu Rozwoju Regionalnego,
- Projekty koordynowane przez Międzynarodową Agencję Energii Atomowej,
- Projekty nadzorowane przez Ministerstwo Nauki i Szkolnictwa Wyższego.

Liczba projektów przewidzianych do realizacji w roku 2012 sięga pięćdziesięciu, z czego aż dziewięć to projekty realizowane w ramach 7 PR UE. Łączna kwota dofinansowania wszystkich projektów przekroczyła wartość 40 mln złotych. Najlepszym potwierdzeniem tezy, że naukowcy pracujący w Instytucie reprezentują szeroką wiedzę oraz znaczne osiągnięcia w dziedzinie chemii jest fakt, że IChTJ uzyskał w kraju najwięcej projektów EURATOM-u, które można uzyskać jedynie przy ścisłej współpracy międzynarodowej.

W ramach Programu Operacyjnego Innowacyjna Gospodarka IChTJ realizuje cztery projekty na łączną kwotę przekraczającą 14 mln. złotych. Projektem realizowanym w partnerstwie z Państwowym Instytutem Geologicznym (PIB) jest „Analiza możliwości pozyskiwania uranu dla energetyki jądrowej z zasobów krajowych”. Celem projektu jest sprawdzenie możliwości zaspokojenia potrzeb kraju w uran dla energetyki jądrowej, z zasobów własnych, ocena tych złóż i odpadów przemysłowych, jako potencjalnych źródeł uranu, opracowanie schematów procesowych obejmujących cały cykl paliwowy oraz ocenę ekonomiczno-techniczną uzyskania uranu z wytypowanych źródeł krajowych. Cykl paliwowy oparty na uranie jest wielostopniową obróbką obejmującą: wydobywanie, mielenie, oczyszczanie ługowanie, wytrącenie tlenku U_3O_8 a następnie jego wzbogacenie w rozszczepialny ^{235}U w wielostopniowych kaskadach rozdzielczych (Rys. IChTJ 4.1, 4.2).



Rys. IChTJ 4.1 Cykl paliwowy oparty na uranie



Rys. IChTJ 4.2 Stanowisko do destylacji membranowej oraz wielostanowiskowy zestaw do syntez i analiz służących do ługowania uranu z rudy uranowej

Inny projekt POIG dotyczy opracowania wieloparametrowego testu „triage” do oceny narażenia ludności na promieniowanie jonizujące. Rezultatem projektu będzie opracowanie pakietu procedur do biodozymetrycznej oceny narażenia ludzi na promieniowanie jonizujące, dla potrzeb rozwijającej się energetyki jądrowej oraz sposobu postępowania w przypadku masowego narażenia ludności w wyniku wypadku radiacyjnego lub ataku terrorystycznego z użyciem materiałów radioaktywnych. Jest to projekt o tyle ważny, że jego rezultat znajdzie zastosowanie w ochronie radiologicznej, ochronie zdrowia i ochronie środowiska.

Kolejny projekt dotyczy również ochrony radiologicznej i ma na celu zastosowanie bezprzewodowej teletransmisji informacji w nowej generacji inteligentnych urządzeń radiometrycznych. Próby zastosowania bezprzewodowego przesyłu informacji pomiędzy czujnikiem a sterownikiem zostały przeprowadzone dla pięciu urządzeń produkcji IChTJ w tym: zestawu do radiometrii przemysłowej, mobilnych bramek dozymetrycznych, systemu pomiaru stężeń radonu, liczników gamma do analiz medycznych oraz miniaturowych liczników ciekłych scyntyatorów do pomiarów medycznych i środowiskowych. Rezultatem

realizacji projektu jest komplet dokumentacji związanej z każdym produktem, która umożliwi bezpośrednie zastosowanie danego produktu albo uruchomienie jego produkcji u producenta.

Czwarty projekt rozwojowy realizowany w ramach programu POIG dotyczy zastosowania promieniowania jonizującego do modyfikacji właściwości polimerów. Sieciowanie radiacyjne przewodów elektrycznych nowej generacji ma na celu zwiększenie odporności na działanie wysokich temperatur, przeciążeń przewodów, wzrost odporności na płomienie, ścieranie i chemikalia.

Instytut Chemii i Techniki Jądrowej uczestniczy w dwóch projektach programu strategicznego Narodowego Centrum Badań i Rozwoju (NCBiR). W ramach programu „Zaawansowane technologie pozyskiwania energii” realizuje cztery zadania: badanie wydajności degradacji materiałów lignocelulozowych pod wpływem promieniowania jonizującego, zateżnianie metanu w biogazie uzyskanym podczas fermentacji i kofermentacji odpadów lignocelulozowych, prace projektowo-konstrukcyjne w biogazowni oraz badanie procesów membranowych oczyszczania gazu syntezowego. Prace projektowo-konstrukcyjne prowadzone są na instalacji biogazowni w Szewni Dolnej, powstałej w oparciu o polski patent nr 197595 - „Sposób i układ wytwarzania metanu i energii elektrycznej i ciepłej”. Celem tych prac jest dobranie odpowiednich parametrów procesowych pozwalających pozyskać biogaz o jak najwyższej zawartości metanu. W ramach drugiego strategicznego projektu badawczego NCBiR „Technologie wspomagające rozwój bezpiecznej energetyki jądrowej” IChTJ należy do konsorcjów realizujących sześć zadań badawczych:

- Podstawy zabezpieczenia potrzeb paliwowych polskiej energii jądrowej,
- Rozwój techniki i technologii wspomagających gospodarkę wypalonym paliwem i odpadami promieniotwórczymi,
- Analiza możliwości i kryteriów udziału polskiego przemysłu w rozwoju energii jądrowej
- Rozwój metod zapewniania bezpieczeństwa jądrowego i ochrony radiologicznej dla bieżących i przyszłych potrzeb energetyki jądrowej,
- Analiza procesów generacji wodoru w reaktorze jądrowym w trakcie normalnej eksploatacji i w sytuacjach awaryjnych z propozycjami działań na rzecz podniesienia poziomu bezpieczeństwa jądrowego,
- Analiza procesów zachodzących przy normalnej eksploatacji obiegów wodnych w elektrowniach jądrowych z propozycjami działań na rzecz podniesienia poziomu bezpieczeństwa jądrowego.

W przypadku dwóch ostatnich zadań IChTJ jest liderem sieci naukowej.

W uzyskaniu tych projektów IChTJ i jego partnerzy uzyskali poparcie PGE EJ, które jest zainteresowane wynikami prac.

ICHTJ uczestniczy w przedsięwzięciu IniTech, w projektach dofinansowanych łączną kwotą przekraczającą 2,6 mln. złotych. Pierwsze zadanie dotyczy wykonania projektu technicznego wysokosprawnej instalacji do wytwarzania i zagospodarowania biogazu. Prace te są prowadzone przez konsorcjum, w którego skład, oprócz Instytutu wchodzi jeszcze firma Uniserv S.A. W instalacji zastosowany zostanie dwustopniowy proces fermentacji, pozwalający otrzymać wysoką zawartość metanu w biogazie. Drugie zadanie dotyczy wykonania mobilnej instalacji membranowej do wzbogacania biogazu w metan (Rys. IChTJ 4.3).



Rys. IChTJ 4.3 Mobilna instalacja membranowa do wzbogacania biogazu w metan (MIM)

Wykonawcą instalacji, w oparciu o projekt przygotowany przez naukowców z IChTJ jest firma Energia System Sp. z o.o. Pierwsze próby pracy przeprowadzone na terenie Miejskiego Przedsiębiorstwa Wodociągów i Kanalizacji „Wodociągi Puławskie” w Puławach przyniosły zamierzony efekt, gdyż uzyskano wzbogacenie na poziomie gazu sieciowego. Planowane są kolejne próby działania instalacji na biogazowniach rolniczych i wysypisku odpadów komunalnych.

Przykłady projektów realizowanych w ramach 7 Programu Ramowego Unii Europejskiej:

- IPPA (Wdrażanie polityki współuczestnictwa społeczeństwa w procesach decyzyjnych związanych ze składowaniem odpadów radioaktywnych). Projekt realizowany jest przez 16 instytucji europejskich, w tym tylko 2 krajowe- IChTJ i Instytut Energii Atomowej. Celem projektu jest ustanowienie areny i zbliżenie wszystkich interesariuszy, zwłaszcza z krajów Europy Centralnej i Wschodniej, zainteresowanych problemami składowania odpadów promieniotwórczych. Problemy te są tak bardzo istotne, gdyż wymagają akceptacji społeczeństwa.
- ADVANCE (Diagnozowanie i prognozowanie starzenia kabli niskiego napięcia). Celem projektu jest przeprowadzenie badań stanu sieci, poprzedzających wprowadzenie energetyki jądrowej w Polsce. IChTJ uczestniczy w projekcie jako jedna z 11 instytucji. Wyniki prac będą miały istotne znaczenie dla monitorowania, oceny i kwalifikacji stanu okablowania w otoczeniu instalowanych w przyszłości reaktorów jądrowych.
- MULTIBIODOSE (Multidyscyplinarne narzędzie biodozymetryczne w przypadkach masowego narażenia na promieniowanie). Celem tego projektu jest przystosowanie klasycznych technik dozymetrii biologicznej do zastosowania podczas nagłych przypadków masowego narażenia na promieniowanie. Jak również tworzenie nowych metod dających wyniki dla dużej ilości próbek w krótkim czasie.

- ACSEPT (Badanie ekstrakcji cieczonej aktywności mniejszościowych i ich konwersji w tlenki) Jego celem jest unieszkodliwianie wysokoaktywnych, radiotoksycznych odpadów jądrowych pochodzących z przerobu wypalonego paliwa z reaktorów jądrowych.
- ASGARD (Zaawansowane paliwa dla reaktorów IV generacji: przetwarzanie i utylizacja)
- RENEK (Europejska Sieć Badawcza w dziedzinie biodozymetrii) W ramach projektu stworzona zostanie sieć laboratoriów wyspecjalizowanych w dozymetrii biologicznej, dająca możliwość skutecznego reagowania podczas zagrożeń radiologicznych na dużą skalę.



Rys. IChTJ 4.4 Budynek Centrum Radiochemii i Chemii Jądrowej na Potrzeby Energetyki Jądrowej i Medycyny Nuklearnej

W ramach zakończonego w sierpniu b.r. projektu finansowanego z Programu Operacyjnego Innowacyjna Gospodarka powstało Centrum Radiochemii i Chemii Jądrowej na Potrzeby Energetyki Jądrowej i Medycyny Nuklearnej (Rys. IChTJ 4.4). Inwestycja dotyczy wzmocnienia zaplecza badawczego. Zrekonstruowany budynek laboratoryjny zawiera 8 pracowni izotopowych klasy II, w których będzie można prowadzić prace z otwartymi źródłami promieniotwórczymi o wysokich aktywnościach, ponadto mieszczą się w nim 4 pracownie izotopowe klasy III, 4 laboratoria chemiczne, laboratorium syntez chemicznych oraz 5 pracowni wyposażonych w aparaturę unikatową oraz sala szkoleniowo – konferencyjna, wyposażona w sprzęt pozwalający na obserwację na ekranie eksperymentów prowadzonych w laboratoriach izotopowych. Wszystkie laboratoria klasy II znajdujące się za śluzami sanitarno-dozymetrycznymi i klasy III, wyposażone są w kompleksowy system ochrony radiologicznej przeznaczony do ciągłego monitoringu ewentualnych skażeń radioaktywnych w pomieszczeniach laboratoryjnych, z centralnym komputerem ze specjalistycznym oprogramowaniem monitorującym i archiwizującym dane. Laboratoria wyposażone zostały w nowoczesną aparaturę pomiarową, w tym: spektrometry promieniowania alfa, beta i gamma, spektrometr masowy, spektrometr rentgenowski,

analizator TG-TDA, spektrometry UV-VIS, chromatografy gazowe oraz w aparaturę procesową.

Instytut Chemii i Techniki Jądrowej posiada również wieloletnie doświadczenie w prowadzeniu badań dzieł sztuki i ochronie zabytków. Stosowane techniki jądrowe umożliwiają szczegółowe rozpoznanie i identyfikację materiału, z którego wykonano obraz, rzeźbę lub inny przedmiot, oznaczenie pierwiastków śladowych w badanych obiektach, określenie techniki, jaką posługiwał się artysta oraz dekontaminację mikrobiologiczną obiektu. Promieniowanie jonizujące wykorzystywane jest w następujących badaniach dzieł sztuki: diagnostyce, zobrazowaniu, dokumentacji, badaniu budowy technologicznej i technologii wyrobu, badaniu pochodzenia, datowaniu oraz identyfikacji fałszykatów. Stosuje w tym celu poniższe metody analityczne:

- instrumentalna neutronowa analiza aktywacyjna (INAA),
- rentgenowska analiza fluorescencyjna z dyspersją energii (XRF),
- rentgenowska analiza fluorescencyjna w geometrii całkowitego odbicia (TXRF),
- dyfrakcja promieniowania X,
- spektrometria promieniowania gamma,
- mikroskopia elektronowa.

5. Przykłady opracowanych technologii radiacyjnych

Instytut Chemii i Techniki Jądrowej w Warszawie należy do grona najlepszych jednostek naukowych w kraju, o czym świadczy nominacja Międzynarodowej Agencji Energii Atomowej. Wiedzę oraz wieloletnie doświadczenie zespołów badawczych ICHTJ z powodzeniem wykorzystano w opracowywaniu wielu technologii z wykorzystaniem promieniowania jonizującego.



Rys. ICHTJ 5.1 Wizyta studentów Wydziału Fizyki PW w Stacji Sterylizacja (2006 r.)

5.1. Sterylizacja radiacyjna wyrobów medycznych.

W ramach Instytutu, od 1993 roku działa Stacja Sterylizacji Radiacyjnej Wyrobów Medycznych i Przeszczepów Kostnych (Rys. IChTJ 5.1). Stacja działa, jako integralna część Zakładu Naukowego- Centrum Badań i Technologii Radiacyjnych i jest jedynym ośrodkiem w Polsce wykonującym sterylizację radiacyjną wysokoenergetycznymi elektronami.

Sterylizacja radiacyjna polega na dostarczeniu do hermetycznie zapakowanego materiału odpowiedniej porcji energii przy pomocy promieniowania jonizującego typu elektromagnetycznego (promieniowanie γ lub X) lub korpuskularnego. W naszym przypadku jest to wiązka szybkich elektronów o energii nieprzekraczającej 10 MeV, wytwarzana w akceleratorze Elektronika (strzałka żółta na Rys. IChTJ 5.3- kierunek wiązki). Odchylana magnetycznie wiązka elektronów przemiata (szybko) materiał przesuwający się (wolno) pod nią na transporterze (strzałka czerwona- kierunek przemieszczania wiązki, strzałka niebieska- kierunek transportera). Rys. IChTJ 5.3. przedstawia skaner tegoż akceleratora i znajdujący się pod nim transporter, po którym przemieszczają się sterylizowane produkty.

Ilość zaabsorbowanej energii w jednostce masy nazywamy dawką pochłoniętą. Jej jednostką jest grej (Gy) równy 1 J/kg. Podstawowa dawka sterylizacyjna to 25 kGy. Dawka jest najważniejszym i wystarczającym parametrem kontrolnym w procesie sterylizacji radiacyjnej, analogicznie jak temperatura w procesie tradycyjnej sterylizacji termicznej.

Kontrola dozymetryczna stosowana w Stacji Sterylizacji Radiacyjnej obejmuje dwa etapy. Pierwszy etap przeprowadzany w fazie projektowania procesu dotyczy badania rozkładu dawki pochłoniętej w przygotowanym do sterylizacji materiale o ustalonej i ściśle przestrzeganej ilości tego materiału i jego ułożenie w pojemniku, drugi etap rutynowa kontrola podawanej dawki w trakcie napromieniowania każdej partii materiału. Stosując promieniowanie jonizujące, zwłaszcza typu korpuskularnego (elektrony), nie można napromieniować grubych, w porównaniu z zasięgiem tego promieniowania, obiektów w sposób jednorodny. Wynika to z samej natury oddziaływania promieniowania z materiałem, promieniowanie korpuskularne jest bardzo silnie pochłaniane przez materię, stąd jego niewielki zasięg i szybki zanik w trakcie przechodzenia przez materiał.

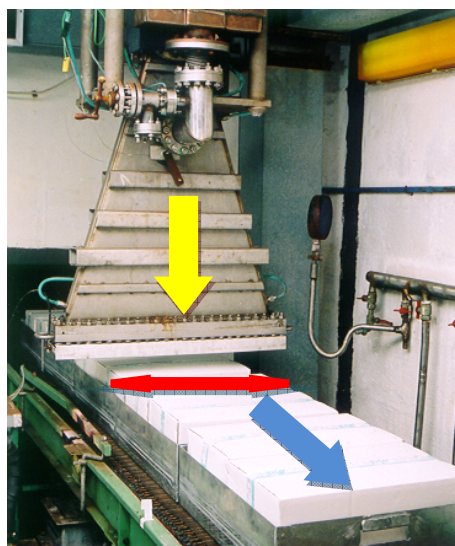
Do rutynowej dozymetrii stosowane są kalorymetry grafitowe. Jest to detektor bezwzględny (absolutny), niewymagający kalibracji względem innego dozymetru. Pomiar polega na określeniu ciepła wydzielonego przez promieniowanie pochłonięte w objętości (masie) kalorymetru. Na podstawie oporności termistora przed i po napromienieniu z krzywej kalibracyjnej danego kalorymetru wyznaczono przyrost temperatury a następnie dawkę pochłoniętą.

Aby zapobiec możliwości pomylenia wyrobów napromieniowanych z nienapromieniowanymi, na każde opakowanie sterylizowanego materiału nakleja się wskaźniki, które w wyniku obróbki radiacyjnej zmieniają wyraźnie barwę z żółtej na czerwoną. Mechanizm zjawiska opiera się na zmianie koloru indykatora kwasowo-zasadowego pod wpływem radiolitycznie uwolnionego chlorowodoru (podobnie jak papierki lakmusowe reagujące zmianą barwy na zakwaszenie roztworu). Zmiana barwy wskaźnika jest dla odbiorcy wizualnym (i przekonującym) dowodem, że dane opakowanie przeszło pod wiązką szybkich elektronów.



W Stacji sterylizacji wprowadzony został System Zarządzania Jakością zgodny z wymaganiami normy PN EN ISO 13485:2005. Po spełnieniu wszystkich warunków i procedur stacja otrzymała certyfikat wydany przez Polskie Centrum Badań i Certyfikacji PCBC (Rys. IChTJ 5.2). Dodatkowo wszystkie wykonywane czynności i procedury obowiązujące w stacji są zgodne z normą PN EN ISO 11137:2007 dotyczącą sterylizacji radiacyjnej. W ramach Stacji Sterylizacji działają dwa zespoły: Pracownia Sterylizacji Radiacyjnej (PSS) oraz Pracownia Eksploatacji Akceleratorów (PEA).

Rys. IChTJ 5.2 Certyfikat Systemu Zarządzania Jakością



Rys. IChTJ 5.3 Widok skanera i transportera akceleratora Elektronika 10/10



Rys. IChTJ 5.4 Sterownia akceleratora Elektronika 10/10

Sterylizacja radiacyjna posiada wiele zalet wynikających ze specyfiki oddziaływania promieniowania jonizującego z materią. Do najważniejszych z nich należą:

- duża skuteczność inaktywacji drobnoustrojów w całej masie produktu,
- możliwość sterylizacji materiałów w opakowaniach jednostkowych i zbiorczych zapobiegających przed wtórnym zanieczyszczeniem,
- krótki czas sterylizacji,
- brak toksycznych pozostałości w sterylizowanym materiale,
- pokojowa temperatura prowadzenia procesu,
- możliwość korzystnej modyfikacji właściwości materiałów.

W Stacji Sterylizacji Wyrobów Medycznych i Przeszczepów sterylizowane są następujące wyroby:

- sprzęt do badań mikrobiologicznych (pojemniki na kał, probówki i pałeczki do pobierania wymazów),
- sprzęt laboratoryjny (pipety, płytki Petri'ego),

- opakowania do produktów leczniczych,
- produkty lecznicze,
- produkty kosmetyczne,
- katetery,
- odzież chirurgiczna,
- materiały opatrunkowe (tampony stomatologiczne, plastry hypoalergiczne),
- biomateriały (protezy naczyń krwionośnych, protezy mięśni więzadeł i ścięgien, endoprotezy stawu biodrowego),
- przeszczepy (biostatyczne przeszczepy allogeniczne, kolagen, skóra).

Stacja Sterylizacji Radiacyjnej świadczy usługi dla ponad 50 wytwórców, pracujących dla potrzeb służby zdrowia oraz producentów kosmetyków i farmaceutyków. Z myślą o tych użytkownikach, jak również o przedsiębiorcach, którzy potencjalnie mogą stosować metody sterylizacji radiacyjnej, Instytut Chemii i Techniki Jądrowej organizuje, co dwa lata Szkoły Sterylizacji Radiacyjnej. Podstawowym zadaniem Szkoły jest przedstawienie obiektywnych informacji na temat różnych metod sterylizacji w taki sposób, aby wytwórcy wyrobów medycznych mogli wybrać najlepsze rozwiązanie dla swoich produktów. Szkoła jest również okazją do wymiany doświadczeń w środowisku krajowych specjalistów zajmujących się zagadnieniami wykorzystania promieniowania jonizującego w przemyśle, medycynie, ochronie zdrowia i nauce.

5.2. Dekontaminacja radiacyjna żywności

W Instytucie Chemii i Techniki Jądrowej działa również Samodzielna Stacja Radiacyjnego Utrwalania Płodów Rolnych (Rys. IChTJ 5.5). Podstawowym celem budowy Stacji było stworzenie w Polsce możliwości rozwoju techniki akceleratorowej dla potrzeb przemysłu rolno-spożywczego.

Stacja wyposażona jest w liniowy akcelerator elektronów „Elektronika” o dużej mocy, pozwalający otrzymać wiązkę elektronów o energii 10 MeV i mocy średniej 10 kW. Parametry te pozwalają na prowadzenie procesu w skali przemysłowej. Rocznie w IChTJ poddaje się zabiegowi dekontaminacji mikrobiologicznej kilkaset ton: przypraw, suszonych warzyw i grzybów.



Rys. IChTJ 5.5 Stacja Radiacyjnego Utrwalania Płodów Rolnych – Warszawa Włochy

Żywność poddaje się działaniu promieniowania jonizującego w celu podniesienia bezpieczeństwa spożycia poprzez inaktywację szkodników, pasożytów oraz drobnoustrojów chorobotwórczych powodujących zatrucia pokarmowe (higienizacja) lub w celu ograniczenia strat przechowalniczych poprzez zapobieganie niekorzystnym zmianom jakie zachodzą w żywności od chwili jej wyprodukowania lub zbioru (utrwalanie).

W państwach Unii Europejskiej możliwości wykorzystania promieniowania jonizującego do utrwalania żywności regulują dwie Dyrektywy:

- Dyrektywa 199/2/EC dotycząca żywności oraz składników żywności poddawanych działaniu promieniowania jonizującego,
- Dyrektywa 199/3/EC dotyczy ustalenia obowiązującej listy produktów żywnościowych i dodatków, które mogą być napromieniowane i dystrybuowane w krajach Unii.

Tabela IChTJ 5.1 Wykaz środków spożywczych poddawanych napromienieniu, jego cel i maksymalna dopuszczalna dawka.

Rodzaj środka spożywczego	Cel napromieniania	Maksymalna dawka dopuszczalna kGy
Ziemniaki	Hamowanie kiełkowania	0,0025-0,1
Cebula	Hamowanie kiełkowania	do 0,06
Czosnek	Hamowanie kiełkowania	0,03-0,15
Pieczarki	Zahamowanie wzrostu i starzenia się grzybów	1,0
Przyprawy suche, w tym suszone aromatyczne zioła, przyprawy korzenne i przyprawy warzywne	Obniżenie poziomu zanieczyszczeń biologicznych	10,0
Pieczarki suszone	Obniżenie poziomu zanieczyszczeń biologicznych	1,0
Suszone warzywa	Obniżenie poziomu zanieczyszczeń biologicznych	1,0



Rys. IChTJ 5.6 Radura – międzynarodowy symbol stosowany do oznaczania napromieniowanej żywności.

Dyrektywy dopuszczają do obrotu międzynarodowego w krajach Unii Europejskiej wyłącznie suszone zioła, suszone przyprawy i suszone warzywa. Ponadto stawiają wymóg znakowania (Rys. IChTJ 5.6) produktów napromieniowanych jak również takich, które zawierają tylko jeden wśród wielu, napromieniowany składnik. Sumaryczna dawka pochłonięta przez żywność nie powinna przekraczać 10 kGy.

W każdym z krajów członkowskich obowiązują dyrektywy określające listę produktów, w przypadku których można stosować dekontaminację radiacyjną, jednakże produkty te mogą być dystrybuowane tylko na terenie tego kraju. W Polsce regulacje zgodne z Ustawą z dnia 25 sierpnia 2006 roku mówią o konieczności posiadania zgody Głównego Inspektoratu Sanitarnego przez podmioty chcące wykonywać napromienianie żywności z

użyciem promieniowania jonizującego. Regulacje dotyczące warunków napromieniania, dozwolonych substancji dodatkowych, produktów które mogą być poddane działaniu promieniowania jonizującego (Tabela nr IChTJ 5.1), maksymalnych dawek napromieniania, wymogów w zakresie znakowania oraz wprowadzania do obrotu, zawarte są w rozporządzeniu Ministra Zdrowia z dnia 20 czerwca 2007 roku.

5.3. Identyfikacja napromieniowanej żywności

W ramach Instytutu działa również Samodzielne Laboratorium Identyfikacji Napromieniowanej Żywności. Zostało ono powołane w 1994 roku, w 1999 roku po spełnieniu warunków procedury akcesyjnej otrzymało Certyfikat Akredytacji Laboratorium Badawczego wydany przez Polskie Centrum Badań i Certyfikacji PCBC. W laboratorium badane są następujące artykuły żywnościowe: mięso drobiowe i zwierzęce oraz ryby zawierające kości lub ości, jaja i orzechy w skorupach, suszone i kandyzowane owoce, przyprawy, zioła i produkty ziołowe, herbaty, suszone i świeże warzywa i grzyby.

Głównym zadaniem akredytowanego laboratorium jest wykonywanie badań na próbach dostarczonych przez klienta, mających na celu określenie czy dana żywność była poddana działaniu promieniowania jonizującego. W laboratorium opracowano i zwalidowano sześć metod identyfikacji napromieniowania, z czego najczęściej stosowane, to trzy poniższe:

- spektrometrii EPR,
- termoluminescencji (TL),
- luminescencji stymulowanej światłem (PSL).

5.4 Modyfikacja radiacyjna polimerów

Kolejną technologią, w której rozwoju swój znaczny udział ma Instytut Chemii i Techniki Jądrowej jest wykorzystanie promieniowania jonizującego do modyfikacji właściwości polimerów. Modyfikacja polimerów promieniowaniem jest od ponad 50 lat najbardziej intensywnie rozwijającym się kierunkiem badań ciała stałego. Wynika to z faktu, że procesy chemiczne w polimerach poddanych działaniu promieniowania jonizującego mogą prowadzić do wielu równolegle występujących efektów w tym: sieciowania, degradacji, zmiany liczby i charakteru wiązań podwójnych, emisji niskocząsteczkowych produktów gazowych oraz utleniania powierzchni polimeru. Naukowcy z IChTJ byli autorami projektu pierwszej instalacji przemysłowej do wytwarzania rur termokurczliwych metodą radiacyjną. Technologia oparta o ten projekt funkcjonuje w Zakładach Urządzeń Technologicznych w Czeluchowie. Jako źródło promieniowania jonizującego wykorzystany został akcelerator elektronów o energii 2 MeV i mocy wiązki 20 kW.

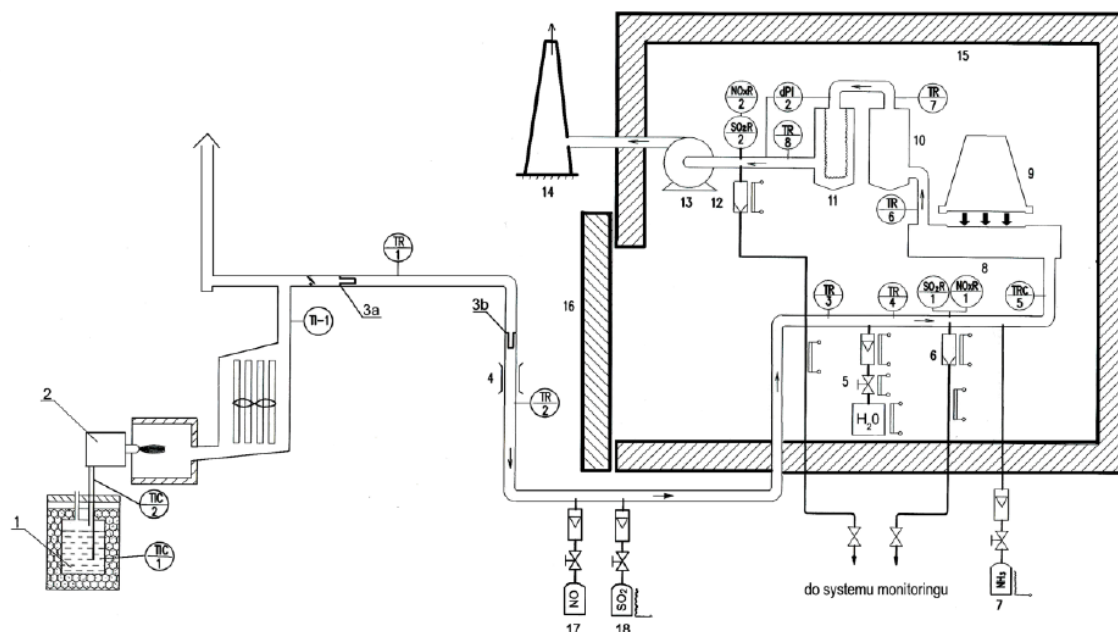
Instytut jest również bardzo zaangażowany w prace badawcze dotyczące energetyki jądrowej. Podczas prac przygotowawczych do budowy Elektrowni Jądrowej w Żarnowcu w IChTJ opracowano technologie pełnego cyklu paliwowego, techniki analityczne dla laboratoriów i działów odpowiedzialnych za chemię wody obiegu oraz zagospodarowanie odpadów. Opracowane przez działający w Instytucie Zakład Aparatury Jądrowej, a obecnie Laboratorium Technik Jądrowych układy CAMAC do dziś są wykorzystywane w reaktorze badawczym w Rež w Czechach.

5.5. Technologie radiacyjne w ochronie środowiska

Zastosowanie promieniowania jonizującego w ochronie środowiska jest przedmiotem badań od lat 60-tych. Z powodzeniem stosowane jest do oczyszczania ścieków przemysłowych, poprawy jakości wody pitnej, higienizacji osadów komunalnych, a także usuwania kwaśnych zanieczyszczeń z gazów odlotowych.

Idea oczyszczania spalin przemysłowych z tlenków SO₂ i NO_x metodą radiacyjną (Rys. IChTJ 5.7) powstała w Japonii. Dalsze prace, oprócz Japonii, prowadzone były w

wiodących ośrodkach badawczych na świecie, m.in. w Niemczech, USA i oczywiście w naszym kraju, gdzie rozwojem tej technologii zajmował się nasz Instytut. Istota procesu polega na wytworzeniu w fazie gazowej, pod wpływem szybkich elektronów, szeregu bardzo reaktywnych rodników, jak OH, O, HO, N itp. prowadzących do utleniania SO_2 i NO_x . Do gazów spalinowych dodaje się gazowego amoniaku, który reaguje z SO_2 i parami HNO_3 powodując wydzielanie się $(\text{NH}_4)_2\text{SO}_4$ i NH_4NO_3 w postaci submikronowych aerozoli.



Rys. IChTJ 5.7 Schemat przepływu instalacji laboratoryjnej IChTJ do odsiarczania i odazotowania gazów odlotowych (1- zbiornik z olejem, 2- palnik olejowy, 3a- filtr do wyłapywania sadzy, 3b- filtr pyłowy, 4- kryza pomiarowa, 5- dozowanie pary wodnej, 6- pobór spalin do analizy- wlot do procesu, 7- dozowanie amoniaku, 8- komora procesowa KP, 9- akcelerator elektronów, 10- komora retencyjna, 11- filtr workowy, 12- pobór spalin do analizy- wylot z procesu, 13- wentylator wyciągowy, 14- komin, 15- ściana osłonowa, 16- drzwi osłonowe, 17- dozowanie NO, 18- dozowanie SO_2).

Oprócz reakcji rodnikowych równolegle przebiegają również reakcje NH_3 z SO_2 i ewentualnie HCl, prowadzące do powstania odpowiednich soli. Istotną sprawą w procesie technologicznym jest usunięcie ze spalin powstałych aerozoli. Produkty te usunąć można w filtrach np. workowym lub złożowym.

Po serii badań laboratoryjnych i pilotowych technologia została wdrożona w skali przemysłowej na terenie Elektrowni Pomorzany w Szczecinie (Rys. IChTJ 5.8, 5.9 I 5.10), należącej do Zespołu Elektrowni Dolna Odra. Należy zaznaczyć, że jest to pierwszy tego typu obiekt na świecie (instalacje budowane w Chinach były projektowane z marginalnym usunięciem NO_x), co ma szczególne znaczenie ze względu na doświadczenia eksploatacyjne w przemyśle. W instalacji tej zastosowano szereg oryginalnych rozwiązań, takich jak dwustopniowe wzbudzenie gazu oraz kurtynę powietrza pod oknem, na które uzyskano patenty. W ciągu trzyletniej pracy instalacji zbadano wpływ istotnych dla procesu parametrów, jak temperatura, moc dawki, wilgotność spalin, stężenie początkowe SO_2 oraz ilość dodawanego NH_3 . Stwierdzono, że usunięcie SO_2 rośnie z obniżeniem temperatury, ze wzrostem wilgotności spalin, ze wzrostem ilości dodawanego NH_3 i dawki. Produktem ubocznym z instalacji oczyszczania spalin jest mieszanina siarczanów, azotanów, pewnej ilości chlorków amonu, pyłu niesionego ze spalinami oraz pomocy filtracyjnej. Badania wykazały możliwość wykorzystania jej, jako nawozu sztucznego. Do największych zalet instalacji należą: wysoka skuteczność usuwania zanieczyszczeń porównywalna ze

skutecznością instalacji konwencjonalnych (maksymalna skuteczność wynosi co najmniej 95% usunięcia SO_2 i 70-90% usunięcia NO_x), jednocześnie usuwanie tlenków siarki i azotu ze spalin, wysoka elastyczność pracy instalacji w stosunku do zmian natężenia strumienia spalin, prostota konstrukcji oraz brak odpadów.



Rys. IChTJ 5.9 Widok ogólny na instalację oczyszczania spalin



Rys. IChTJ 5.8 Sterownia



Rys. IChTJ 5.10 Komora reakcyjna i skaner

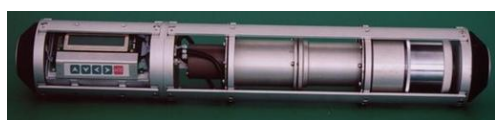
Dla firmy A.P. Møller-Mærsk A/S (Dania) wykonano testy dotyczące możliwości zastosowania techniki radiacyjnej do oczyszczania gazów spalinowych z silników Diesla dużych statków przewożących ładunki kontenerowe. Dla King Abdulaziz City for Science and Technology (KACST) i Saudi Aramco (Arabia Saudyjska) zbadano możliwość oczyszczania gazów spalinowych z kotła opalanego ciężkimi frakcjami ropy naftowej. Na zlecenie Elektrociepłowni Sviloza (Bułgaria) opracowane zostały założenia projektowe dla instalacji jednoczesnego usuwania SO_2 i NO_x metodą wiązki elektronów o nominalnym przepływie spalin $600\,000\text{ Nm}^3/\text{h}$. Jest to największa projektowana instalacja tego typu na świecie. Instytut uzyskał wiele patentów krajowych i zagranicznych na rozwiązania techniczne będące podstawą technologii, m.in. w USA, Japonii, Chinach, Rosji, Arabii Saudyjskiej i na Ukrainie. Rozwiązanie otrzymało również szereg nagród w Polsce i za granicą.

Drugą techniką, w której wykorzystać można promieniowanie jonizujące jest higienizacja osadów komunalnych. Po napromieniowaniu odpowiednimi dawkami osady pozbawione są chorobotwórczych skażeń. Prace nad tym zagadnieniem Instytut Chemii i Techniki Jądrowej prowadził wspólnie z Instytutem Ochrony Środowiska. Początkowo napromieniowaniu poddawano osady o małej zawartości suchej masy, zarówno surowe, jak i stabilizowane tlenowo i beztlenowo, pochodzące z różnych krajowych oczyszczalni ścieków.

Od 1988 roku badania skoncentrowane zostały na osadach odwodnionych, zawierających około 30% suchej masy. W tym celu, w roku 1990 badaniu poddano osady z Miejskiej Oczyszczalni Ścieków w Otwocku, koło Warszawy. Ich zakres obejmował badania parazytologiczne na zawartość nicieni oraz bakteriologiczne, gdzie oprócz oznaczania liczby bakterii sporowych, Miana Coli i Miana Clostridium Perfringens wykonano również badania na obecność prątków kwasoodpornych, tzn. prątków gruźlicy (Kocha). Uzyskane rezultaty wykazały wysoki efekt biobójczy zarówno dla zanieczyszczeń parazytologicznych, jak i bakteriologicznych. Dawka promieniowania 5 kGy pozwoliła wyeliminować zagrożenie wywołane obecnością jaj oraz prątków kwasoodpornych. W zakresie pozostałych skażeń bakteriologicznych uzyskano znaczne obniżenie Miana Coli i Miana Clostridium Perfringens oraz wyraźne zmniejszenie dla bakterii sporowych. W ten sposób staje się możliwe wykorzystanie otrzymanego osadu, jako nawozu sztucznego.

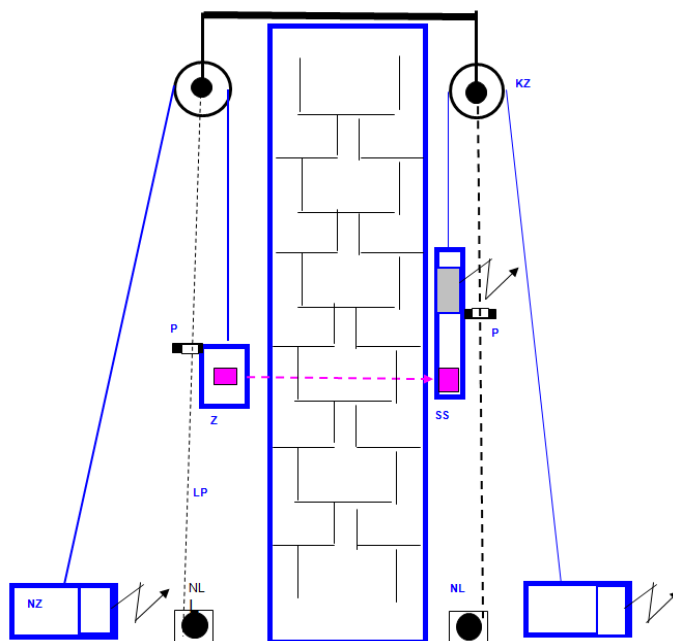
W Laboratorium Technik Jądrowych opracowano i wdrożono do praktyki przemysłowej (m.in. w rafinerii i petrochemii PKN ORLEN S.A. oraz Rafinerii Gdańskiej Lotos S.A.) metody radioznacznikowe do badania szczelności oraz lokalizacji nieszczelności w dużych obiektach technicznych i instalacjach przepływowych do transportu ropy, paliw i gazów (Rys. IChTJ 5.11), a także bezinwazyjne metody badania stanu pracy dużych instalacji przemysłowych (kolumny, reaktory, wieże rafineryjne) z wykorzystaniem gamma skaningu (Rys. IChTJ 5.12), tomografii przemysłowej oraz technik znacznikowych.

Metody analityczne i analizy izotopów trwałych są stosowane w ocenie wpływu kopalni węgla brunatnego Bełchatów - Szczerców na stan wód gruntowych. Instytut wdrożył systemy elektroniczne do pomiarów i kontroli radiometrycznej, takie jak bramki kontroli personelu, radiometry górnicze oraz liczniki do pomiarów medycznych i środowiskowych. Opracowane w Instytucie systemy kontroli zapylenia powietrza są wykorzystywane do oceny i monitoringu zanieczyszczeń atmosfery.



Rys. IChTJ 5.11 Sonda do pomiarów szczelności rurociągów.

Rys. IChTJ 5.12 Schemat instalacji do Gamma Skaningu. Z - źródło promieniowania, SS - sonda pomiarowa



6. Przykłady opracowanej aparatury dozymetrycznej

W Instytucie Chemii i Techniki Jądrowej w Laboratorium Technik Jądrowych powstają urządzenia koncentrujące się na praktycznym zastosowaniu promieniowania jądrowego. Powstają tutaj projekty i konstrukcje nowatorskich urządzeń wykorzystywanych w nauce, przemyśle oraz medycynie. Są to między innymi:



Zestaw do radiometrii przemysłowej jest urządzeniem przeznaczonym do pomiarów promieniowania jonizującego w warunkach przemysłowych i terenowych. Składa się z sond scyntylacyjnych, z których sygnały są zbierane i przetwarzane przez dedykowane oprogramowanie. Sondy posiadają wbudowany akumulator oraz wyposażone są w system do bezprzewodowej komunikacji z jednostką centralną.

- Powierzchnia czynna detektora (rejestrująca kwanty promieniowania): czołowa ok. 20cm^2 , boczna ok. 25cm^2
- Wydajność zliczeń sond dla izotopu $^{137}\text{Cs} \geq 20\%$ (źródło $10\text{ }\mu\text{Ci}$ w odległości 10 cm od czoła sondy), przy tle ok. 30 imp/s
- Wydajność zliczeń sond dla izotopu $^{60}\text{Co} \geq 40\%$ (źródło $1\text{ }\mu\text{Ci}$ w odległości 10 cm od czoła sondy), przy tle ok. 15 imp/s



Mobilna Bramka Dozymetryczna jest urządzeniem służącym do ciągłego monitoringu promieniowania w miejscu, gdzie występuje przemieszczanie się licznych grup ludności (dworce, lotniska, metro), a także tam gdzie istnieje możliwość skażenia środkami promieniotwórczymi.

Mobilna Bramka Dozymetryczna jest urządzeniem autonomicznym, które może pracować w sieci (wiele takich bramek połączonych ze sobą i ze stanowiskiem operatora). Bramka jest zaopatrzona we własne źródło zasilania celem zapewnienia jej mobilności. Zapewnia zdalne przekazywanie informacji do centrum nadzoru o występującym zwiększeniu tła promieniowania. Wyposażona jest w analizator wielokanałowy, który pozwala ocenić rodzaj wykrytego promieniowania (izotop promieniotwórczy).



Stanowisko dozymetryczne RĘCE - NOGI przeznaczone jest do szybkiej kontroli oraz wykrywania powierzchniowych skażeń rąk i obuwia izotopami beta – promieniotwórczymi u osób znajdujących się na terenie objętym kontrolą dozymetryczną. Stanowisko dozymetryczne ma zastosowanie w ośrodkach produkcyjnych i laboratoriach stosujących izotopy beta-promieniotwórcze. Jego lekka konstrukcja w sytuacjach awaryjnych pozwala na szybkie przemieszczenie urządzenia w obszar zagrożenia do przeprowadzenia kontroli dozymetrycznej.



Bramka dozymetryczna całego ciała przeznaczona jest do szybkiego pomiaru skażenia pracowników wchodzących bądź wychodzących z terenu objętego kontrolą dozymetryczną. Pomiar skażenia beta i gamma rąk, stóp, oraz odzieży dokonywany jest przez 15 liczników proporcjonalnych odpowiednio rozmieszczonych na bramce. Bramka może być dodatkowo wyposażona w lokalny monitor umieszczony w pomieszczeniu inspektora ochrony ułatwiający kontrolę skażenia. Bramka może być zaprogramowana do kontroli wejścia i wyjścia z terenu objętego kontrolą skażenia, kontroli tylko wyjścia lub bez obowiązkowej kontroli. W przypadku wykrycia skażenia, wyświetlane jest miejsce skażenia, uruchamiany jest alarm akustyczny, oraz wysyłany jest sygnał blokowania wejścia i wyjścia. Podobnie w przypadku niedozwolonego przejścia przez bramkę uruchamiany jest alarm i blokowane jest wyjście. Kierunek przejścia przez bramkę wykrywany jest automatycznie. Kontrolę i rejestrację pracowników przechodzących przez bramkę zapewnia czytnik indywidualnych kart zbliżeniowych (transponderów) typu UNIQUE posiadających niepowtarzający się piętnastocyfrowy kod.



System pomiaru stężenia radonu przeznaczony jest do jednoczesnego, ciągłego pomiaru stężenia radonu w wielu punktach jednocześnie, zarówno w powietrzu jak i w wodzie. System składa się z sieci sond do pomiaru radonu w powietrzu atmosferycznym, powietrzu glebowym i wodzie. Sondy posiadają wbudowany akumulator oraz wyposażone są w system do bezprzewodowej komunikacji z jednostką centralną. Sondy składają się z części radiometrycznej oraz elektronicznej. Są wyposażone w mikrokontrolery sterujące pracą systemów komunikacyjnych oraz kontrolujące prawidłowość działania sondy. Zarządzanie sondami, odbywa się z laptopa przemysłowego lub PDA. Dedykowane oprogramowanie oprócz sterowania pracą sond zapewnia odbieranie, przetwarzanie i przechowywanie zmierzonych wyników pomiarów.



Przenośny miernik stężenia radonu przeznaczony jest do pomiarów stężenia radonu w powietrzu. Wymiana powietrza z komorą detekcyjną (komorą Lucasa) jest wymuszona za pomocą pompki powietrza, lub odbywa się na drodze dyfuzji naturalnej. Dzięki zastosowaniu wymiennej komory Lucasa możliwe jest dokonywanie pomiarów bezpośrednio jeden po drugim, gdyż eliminuje się w ten sposób wpływ produktów rozpadu z poprzedniego pomiaru osiadłych na ściankach komory. Komorę skażoną długożyciowymi produktami rozpadu (na skutek zbyt długiego okresu jej użytkowania) można również łatwo wymienić na nową bez konieczności przeprowadzania kalibracji miernika.



Radiometr górniczy przeznaczony jest do szybkich pomiarów energii potencjalnej alfa oraz stężenia produktów rozpadu radonu 222 w kopalniach, gdzie niebezpieczeństwo występowania stężenia radonu jest szczególnie wysokie. Pomiar energii potencjalnej alfa i stężenia produktów rozpadu radonu pozwala na szybką ocenę sprawności wentylacji i przewietrzania kopalni i związanej z tym możliwości zapobieżenia radiacyjnemu zagrożeniu zdrowia górników. Radiometr przystosowany jest do pracy w ciężkich warunkach kopalń węgla, metali i surowców chemicznych, które zaliczane są do pierwszej kategorii zagrożenia metanowego. Radiometr otrzymał certyfikat Wyższego Urzędu Górniczego nr GX-195/95.



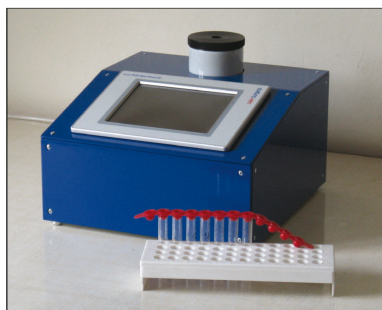
Zestaw do długookresowych pomiarów zmian stężenia radonu w wyrobiskach górniczych i w powietrzu glebowym. Zestaw składa się z dwu części: sondy radonowej SRDN2 i programatora sondy PSR1. Sonda po zaprogramowaniu pracuje samodzielnie bez programatora. Konstrukcja zestawu pozwala na pracę w trudnych warunkach kopalnianych i terenowych. Wymiana powietrza z komorą detekcyjną może

być wymuszona za pomocą pompki powietrza (opcja), lub na drodze dyfuzji.

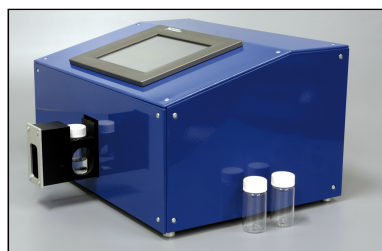


Miernik zapylenia powietrza przeznaczony jest do automatycznych pomiarów emisji zapylenia powietrza w punktach stałych. Może pracować, jako samodzielne urządzenie pomiarowe, jak również, jako element sieci monitoringu zapylenia atmosferycznego.

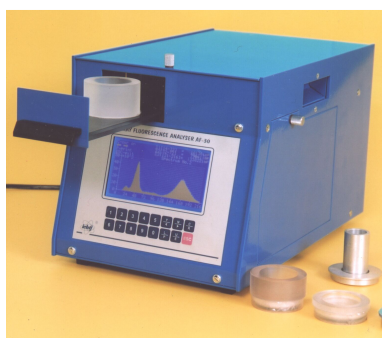
Zasada pomiaru zapylenia atmosferycznego polega na wyznaczeniu masy osadzonego na filtrze pyłu z pobranej próby powietrza. Objętość próby powietrza wyznacza czas pompowania powietrza przez filtr, gdyż przepływ powietrza jest stały. Masa osadzonego pyłu wyznaczana jest przez pomiar osłabiania promieniowania beta pochodzącego ze źródła C-14.



Liczniki Gamma do Analiz Medycznych przeznaczone są do badania płynów ustrojowych w małych i średnich laboratoriach medycznych, gdzie liczba wykonywanych analiz nie uzasadnia użycia dużych i drogich urządzeń oferowanych przez producentów zagranicznych. Za pomocą Licznika Gamma można przeprowadzić analizy radioimmunologiczne (RIA) i immunoradiometryczne (IRMA).



Miniaturowe Liczniki Ciekłych Scyntyatorów mają zastosowanie w pomiarach laboratoryjnych dla potrzeb medycyny nuklearnej (do kontroli radiofarmaceutyków), w hydrologii (pomiar koncentracji radonu w wodzie) lub w ochronie środowiska.



Analizator Fluorescencyjny jest urządzeniem laboratoryjnym przeznaczonym do analiz pierwiastków cięższych od siarki występujących w próbkach stałych i ciekłych. Wzbudzone w próbce promieniowanie fluorescencyjne łącznie z promieniowaniem rozproszonym od próbki jest rejestrowane przez licznik proporcjonalny i analizowane w 256-kanalowym analizatorze amplitudy.

7. Współpraca krajowa i międzynarodowa

Instytut Chemii i Techniki Jądrowej współpracuje z wieloma organizacjami krajowymi i zagranicznymi. Jest to przede wszystkim współpraca z krajami biorącymi udział w projektach realizowanych w ramach dofinansowania z Unii Europejskiej. Na arenie krajowej silna współpraca Instytutu dotyczy uczelni wyższych, instytutów, jak również spółek przemysłowych.

Instytut Chemii i Techniki Jądrowej w ramach Mazowieckiej Doliny Zielonej Chemii (MGCV) współpracuje ze Szkołą Zaawansowanych Technologii i Chemii PW, Wydziałem Chemicznym UW, Wydziałem Nowych Technologii i Chemii WAT, Instytutem Chemii Fizycznej PAN, Instytutem Chemii Organicznej PAN, Instytutem Chemii Przemysłowej, Instytutem Farmaceutycznym oraz Instytutem Przemysłu Organicznego. Mazowiecka Dolina Zielonej Chemii dzięki wysokiemu poziomowi kadry naukowej i inżynierskiemu doświadczeniu jej instytucjonalnych uczestników, stanowi europejskiej klasy infrastrukturę badawczą w zakresie chemii, z otwartym dostępem dla współpracy krajowej i międzynarodowej. Współpraca ta ma na celu ułatwienie rozwoju różnych dziedzin chemii, dostępu do laboratoriów oraz pogłębienie współpracy pomiędzy instytucjami naukowymi a przemysłem, np. poprzez tworzenie spółek spin-off. Przedstawiciele MGCV dokładają wszelkich starań by projekt ten został umieszczony na Polskiej Mapie Drogowej Infrastruktury Badawczej. Pozwoli to utrzymać Mazowszu pozycję jednego z najważniejszych ośrodków w dziedzinie chemii w Europie.

Instytut podpisał dwustronne porozumienie ramowe o współpracy z Państwową Agencją Atomistyki w zakresie wspomagania tego urzędu w działaniach związanych z bezpieczeństwem jądrowym i ochroną radiologiczną. Porozumienie z PAA podpisało także Centralne Laboratorium Ochrony Radiologicznej CLOR, z którym Instytut ściśle współpracuje w zakresie ochrony radiologicznej i radiochemii środowiskowej.

Strategicznym partnerem Instytutu jest również francuski Komisarjat Energii Atomowej. Współpraca ta dotyczy zwłaszcza projektów EUROATOM-u. Przedstawiciel Instytutu zasiada w działającym przy Dyrektorze MAEA gremium doradczym SAGNA. Pracownicy IChTJ, razem z przedstawicielami innych instytucji krajowych, reprezentują Polskę w Euratom Supply Agency, Nuclear Energy Agency OECD oraz International Forum on Nuclear Energy Collaboration. Są członkami Komitetu Chemii i Komitetu Problemów Energetyki Jądrowej PAN oraz rad naukowych i rad wydziałów wyższych uczelni. Pełnią funkcję prezesów Polskiego Towarzystwa Nukleonowego (PTN) i Stowarzyszenia Ekologów na Rzecz Energii Nuklearnej (SEREN). Poza POLATOM-em, Środowiskowym Laboratorium Ciężkich Jonów Uniwersytetu Warszawskiego (SLCJ UW) i Warszawskim Uniwersytetem Medycznym (WUM) w dziedzinie farmaceutyków Instytut współpracuje również z ośrodkami naukowymi we Włoszech, Niemczech i USA.

W ramach programu TALISMAN grupującego duże laboratoria i instalacje radiochemiczne Instytut współpracuje z naukowcami z Francji, Wielkiej Brytanii, Szwajcarii, Szwecji i Niemiec (należy wspomnieć, że z nowych krajów członkowskich do projektu poza IChTJ został zaproszony jedynie Uniwersytet Karola w Pradze).

W ramach RER-ów tzn. międzynarodowych projektów technicznych, finansowanych z MAEA Instytut współpracuje z wieloma krajami centralnej i wschodniej Europy. W ramach tej współpracy przeprowadzono dwa kursy dozymetryczne, kurs dotyczący zastosowania metod modelowania Monte Carlo w obliczeniach dozymetrycznych w procesach radiacyjnych oraz trzy międzylaboratoryjne dozymetryczne badania porównawcze.

Materiał opracowany na podstawie: informacji
zawartych w informatorze o IChTJ oraz materiałów dostarczonych
przez kierowników poszczególnych Centrów i Laboratoriów.

mgr. inż. Magdalena Antoniuk
mgr. inż. Adrian Jakowiuk