



„ANALIZA EFEKTÓW WYKORZYSTANIA TORU W JĄDROWYM REAKTORZE ENERGETYCZNYM”

**PROJEKT WSPÓŁFINANSOWANY PRZEZ UNIĘ EUROPEJSKĄ Z EUROPEJSKIEGO
FUNDUSZU REGIONALNEGO**

Instytut Energii Atomowej POLATOM przystąpił do wykonywania Projektu „**Analiza efektów wykorzystania toru w jądrowym reaktorze energetycznym**” zgodnie z umową o dofinansowanie nr: UDA-POIG.01.03.01-00-076/08-00

Projekt uzyskał dofinansowanie w ramach Programu Operacyjnego Innowacyjna Gospodarka, Działanie 1.3 *Wsparcie projektów B+R na rzecz przedsiębiorców realizowanych przez jednostki naukowe*, Poddziałanie 1.3.1 *Projekty rozwojowe*.

Wartość Projektu 7 517 686 PLN.

Udział Unii Europejskiej 6 390 033 PLN

Okres realizacji: 1 kwietnia 2009- 30 września 2011

Projekt jest współfinansowany przez Unię Europejską z Europejskiego Funduszu Rozwoju Regionalnego.

Kierownikiem Projektu jest Prof. dr hab. Stefan Chwaszczewski.

Do realizacji zadań badawczych związanych z projektem powołano pięć zespołów:

- I. Zespół Danych Eksploatacyjnych Wodnych Reaktorów Energetycznych
- II. Zespół Analiz Neutronowo Fizycznych Reaktora Energetycznego
- III. Zespół Pomiarów Spektrometrycznych
- IV. Zespół Napromieniania Toru w Reaktorze MARIA
- V. Zespół Analiz Fizykochemicznych Napromienionych Materiałów Torowych

Projekt jest realizowany przy współpracy z Instytutem Chemii i Techniki Jądrowej (Zespół V).

Zespoły te będą zajmowały się realizacją następujących zadań:

- Napromienianie próbek toru (ThO_2) w reaktorze MARIA;
- Określenie zawartości izotopów w napromienionych próbkach i określenie metodyki wyznaczania uśrednionych na widmo energetyczne neutronów przekrojów czynnych;
- Opracowanie systemu programów do analiz kampanii paliwowej reaktorów PWR(EPR);
- Zbadanie efektów zastosowania prętów z ThO_2 lub UO_2/ThO_2 w kampanii paliwowej reaktora PWR(EPR).

Ponadto powołana została obsługa administracyjno -finansowa i sformalizowana struktura organizacyjna projektu.

Uzasadnienie projektu

Tor, pierwiastek, którego zawartość w skorupie ziemskiej jest około trzy do czterech razy większa niż uranu może być wykorzystany w reaktorze jądrowym jako materiał paliworodny. Po pochłonięciu przez jądro toru neutronu w wyniku przemian jądrowych powstaje jądro izotopu rozszczepialnego - U^{233} . Proces ten jest analogiczny do wytworzenia rozszczepialnego jądra Pu^{239} po pochłonięciu neutronu przez jądro nierozszczepialnego izotopu U^{238} . Proces uzyskiwania rozszczepialnego izotopu z toru jest nazywany cyklem Th-U w odróżnieniu od procesu wytwarzania Pu^{239} nazywanego cyklem U-Pu.

Cykl Th-U posiada jednak szereg zalet w porównaniu z cyklem U-Pu, a mianowicie:

- Wydajność wytwarzania rozszczepialnego izotopu w cyklu Th-U jest około czterokrotnie większa niż w cyklu U-Pu. Cykl Th-U może być prowadzony w reaktorach na neutronach termicznych w odróżnieniu od cyklu U-Pu prowadzonego na neutronach prędkich powielających;
- Powstały w cyklu Th-U izotop rozszczepialny U^{233} nie może być wykorzystany jako jądrowy materiał terrorystyczny dzięki powstałym zanieczyszczeniom silnie gamma promieniotwórczym U^{232} ;
- Dzięki znacznemu opóźnieniu w powstawaniu U^{233} w cyklu Th-U istnieje możliwość jego wykorzystania jako wypalającej się trucizny na początku cyklu paliwowego w reaktorze a w końcu cyklu paliwowego jako źródła materiału rozszczepialnego. Efekt ten umożliwia zmniejszenie ilości U^{239} w paliwie reaktora, zmniejszenie „wbudowanej” reaktywności na początku cyklu paliwowego oraz znaczne wydłużenie okresu pracy reaktora bez załadunku nowego paliwa;
- Możliwość uzyskania rozszczepialnego izotopu U^{233} w procesie chemicznego przerobu napromienionego toru z nieznacznym zanieczyszczeniem innymi izotopami uranu;
- Znaczące zmniejszenie ilości długożyciowych transuranowców w wypalonym paliwie.

Zainteresowanie torem jako materiałem paliworodnym rozpoczęło się w latach sześćdziesiątych XX wieku w perspektywie szybkiego wzrostu zapotrzebowania na paliwa jądrowe w okresie szybkiego rozwoju energetyki jądrowej. W 1954 roku tor wykorzystano w reaktorze DRAGON w Wielkiej Brytanii. W 1967 roku uruchomiono w RFN wysoko temperaturowy reaktor doświadczalny w którym wykorzystano 1360 kg toru. Osiągnięto w tym systemie wypalenie około 150 GWdni/THM niespotykane w innych reaktorach energetycznych (w tym okresie wypalenie w reaktorach energetycznych osiągało wartość 30 GWdni/THM). W reaktorach energetycznych zastosowano tor w wysoko temperaturowym reaktorze THTR w RFN, w reaktorze Fort ST Vrain (USA), w reaktorze wodno ciśnieniowym Shippingport (USA) i w reaktorze wodnym wrzącym Lingen (RFN). Prace te zostały przerwane po katastrofie reaktora w Czarnobylu w perspektywie odchodzenia społeczeństw od energetyki jądrowej.

Obecnie prace nad wykorzystaniem toru są prowadzone intensywnie w Indiach, gdzie przewiduje się rozwój energetyki jądrowej w oparciu o cykl Th-U przy znacznych zasobach toru w tym kraju. W 1995 roku uruchomiono 30 kWt reaktor doświadczalny Kamini na U^{233} . Izotop ten jest wytwarzany w reaktorach CANDU. Również intensywne prace nad wykorzystaniem toru w reaktorach WWER-1000 są prowadzone w

Instytucie Kurczatowa w Moskwie - za fundusze USA na podstawie umowy z firmą amerykańską „Thorium Power”.

Zastosowanie toru w lekkowodnych reaktorach energetycznych (LWR), w reaktorach wodnych na parametry nadkrytyczne (SCLWR - reaktory wytwarzające energię cieplną o parametrach nadkrytycznych - wysokie temperatury i ciśnienia pary wytwarzanej w reaktorze) oraz w wysoko temperaturowych reaktorach chłodzonych helem przewiduje się w projekcie Strategicznej Agencji Badawczej Platformy Technologicznej - Zrównoważony Rozwój Energetyki Jądrowej Unii Europejskiej (Strategie Research Agenda - The Sustainable Nuclear Energy Technology Platform) przygotowanej obecnie przez Grupy Robocze tej Platformy. Uzasadnieniem jest dążenie do optymalizacji wykorzystania zasobów naturalnych oraz minimalizacja odpadów jądrowych.

Niestety, zaprzestanie prac badawczych po katastrofie w Czarnobylu skutkowało znacznym opóźnieniem w zrozumieniu wszystkich procesów zachodzących w procesie cyklu Th-U: przede wszystkim w danych jądrowych i w modelu przemian jądrowych w tym cyklu. Natomiast zapoczątkowany obecnie rozwój energetyki jądrowej i perspektywa znaczącego wzrostu zapotrzebowania na materiały rozszczepialne spowodowała powrót do badań wykorzystania zarówno cyklu U-Pu jak i Th-U do wytwarzania materiałów rozszczepialnych ze znacznych ilości nierozszczepialnego U^{238} i toru znajdujących się w środowisku. Biorąc pod uwagę ilość rozszczepialnego izotopu U^{235} w uranie naturalnym (0,7%) wykorzystanie U^{238} i Th^{232} do wytwarzania materiałów rozszczepialnych zwiększy światowe zasoby paliw jądrowych kilkusetkrotnie. Dodatkowo, zasoby toru są rozłożone bardziej równomiernie na Świecie. Tor może być pozyskiwany również w Polsce.

Nie wydaje się celowe - z wiadomych względów - włączenie Instytutu Energii Atomowej do prac nad cyklem U-Pu. Prace z plutonem są obwarowane szeregiem obostrzeń, których nie ma w przypadku cyklu Th-U. Dodatkowo, proces ten jest stosunkowo słabo zbadany i możemy tu odnieść niewątpliwe sukcesy.

Dodatkowym argumentem za podjęciem prac nad projektem jest możliwość wyszkolenia kadry oraz przystosowanie posiadanych narzędzi obliczeniowych do analiz kampanii paliwowych nowoczesnych reaktorów energetycznych wodno ciśnieniowych jakim jest reaktor EPR opracowany przez firmę AREVA. Zarówno kadra, jak i zestaw kodów obliczeniowych będzie przydatny do analiz kampanii paliwowych reaktorów przewidywanych do budowy w Polsce.