

ARTYKUŁY

PROGRAMY BADAWCZE W ZAKRESIE ENERGETYKI JĄDROWEJ - PROWADZONE OBECNIE I KONIECZNE DO URUCHOMIENIA

Research programmes in the field of nuclear energy – currently being conducted and necessary to run

Stanisław Latek

Streszczenie: W artykule omówiono programy badawcze w zakresie energetyki jądrowej prowadzone w przeszłości, obecnie i konieczne do uruchomienia w przyszłości. Szczegółowiej omówiono strategiczny projekt badawczy pod nazwą **Technologie wspomagające rozwój bezpiecznej energetyki jądrowej** realizowany w latach 2011–2014, a także obecnie realizowane programy wyprzedzające oraz Program Polskiej Energetyki Jądrowej (PPEJ) i projekty go wspierające. Dokonano podziału omawianych programów i zadań, na krajowe zadania wynikające z programów, bądź projektów europejskich oraz zadania realizowane pod auspicjami Międzynarodowej Agencji Energii Atomowej (MAEA). Podano argumenty dlaczego badania naukowe są ważne dla rozwoju energetyki jądrowej. Przytoczono listę działań Ministerstwa Energii w zakresie rozwoju sektora naukowo-badawczego.

Abstract: In the article the research programmes in the field of nuclear energy – currently being conducted and necessary to run in future are presented. More detailly was described strategic research project **Technologies supporting developments of the nuclear power** realized in the period 2011–2014. The presently realized preceding projects and those supporting Programme of the Polish Nuclear Power are also characterized. The programmes were divided into national, realized in the frame of European cooperation and under the auspices of International Atomic Energy Agency (IAEA). The reasons why scientific researches are important for nuclear energy development are given. The activities of Ministry of Energy in the field of scientific and research programmes was quoted.

Słowa kluczowe: Programy badawcze, energetyka jądrowa, technologie wspomagające rozwój energetyki jądrowej, Program Polskiej Energetyki Jądrowej, EURATOM, MAEA, Ministerstwo Energii.

Keywords: Research programmes, nuclear power, technologies supporting developments of the nuclear power, Programme of the Polish Nuclear Power, EURATOM, IAEA, Ministry of Energy.

Prof. Andrzej Chmielewski we wstępie referatu na temat programów badawczych instytutów wygłoszonego w maju tego roku na seminarium Komitetu Problemów Energetyki PAN [1] (cytuując materiały MAEA) stwierdził: „Rozwój sektora nuklearnego nie może być napędzany jedynie przez dostępność technologii w świecie. Podejmowanie decyzji w tym zakresie jest złożoną czynnością związaną z polityką rządu, względnymi kosztami wytwarzania energii, sytuacją rynkową etc. Wynikający stąd poziom nieprzewidywalności zobowiązuje rządy do utrzymania szerokiej gamy opcji technologicznych otwartych na przyszłość, a zatem utrzymania sprawnego w działaniach sektora badawczo-rozwojowego. Celem realizacji programów badań jądrowych jest zapewnienie wiedzy dotyczącej podejmowania świadomych decyzji dotyczących przyjmowanych do wdrożenia opcji jądrowych. Takie działania są podstawą uzyskiwania korzyści przemysłowych dla kraju oraz rozwoju technologii i jej wykorzystania na arenie międzynarodowej. Utrzymanie potencjału badawczego jest niezbędne do tego aby kraj był postrzegany jako wiarygodny partner w skali międzynarodowej,

na którego terenie mogą powstawać bezpieczne obiekty, nadzorowane w skali regionalnej i światowej”.

Autor referatu w dalszej jego części omówił rolę i znaczenie Technical and Scientific Support Organizations (TSO – organizacji wsparcia technicznego) istniejących w krajach rozwijających energetykę jądrową, a skupiających kompetentnych, doświadczonych ekspertów. Spełniają one ważną doradczą rolę w zakresie technicznym i prawnym niezbędną dla podejmowania decyzji w zakresie bezpieczeństwa i dozoru jądrowego przez organy administracji państwowej oraz doradzają przedsiębiorstwom przemysłowym realizującym projekty związane z rozwojem EJ. Eksperti mogą również doradzać urządzeniom państwowym, odnośnie sposobów postępowania. Określać w jaki sposób osiągnąć najwyższy możliwy poziom bezpieczeństwa instalacji jądrowych, w procesie zagospodarowania odpadów promieniotwórczych oraz właściwy poziom ochrony radiologicznej w odniesieniu do personelu i ludności mieszkającej w okolicy obiektów jądrowych.

Organizacje nadzorujące w procesie podejmowania decyzji dotyczących wykorzystania energii jądrowej mogą

włączać także inne specjalistyczne instytuty (spoza struktur TSO) do zapewnienia odpowiedniej kompetencji w swojej planowanej aktywności wymagającej licencjonowania. Wspomniane urzędy i organizacje powinny zawrzeć odpowiednie porozumienia/umowy z instytutami gwarantującymi wykonanie ekspertyz na wysokim poziomie.

Instytuty, których działalność przedstawił w swej prezentacji prof. A. Chmielewski, czyli Centralne Laboratorium Ochrony Radiologicznej (CLOR), Narodowe Centrum Badań Jądrowych (NCBJ), Instytut Chemii i Techniki Jądrowej (ICHTJ) włączone są w system TSO od połowy lat 50 ubiegłego wieku. Kilkanaście innych instytutów, uczelni i instytucji może być także potencjalnym wsparciem dla TSO.

Przestawiając działania i programy badawcze w zakresie energetyki jądrowej nie można pominąć informacji o Programie Polskiej Energetyki Jądrowej (PPEJ). Został on przyjęty przez Radę Ministrów RP w dniu 28 stycznia 2014 r. Główne cele Programu wynikające z *Polityki energetycznej Polski do 2030 r.* są następujące:

- zapewnienie długoterminowego bezpieczeństwa dostaw energii elektrycznej;
- utrzymanie cen energii elektrycznej na poziomie akceptowalnym dla gospodarki i społeczeństwa;
- obniżenie emisji CO₂ oraz innych substancji zanieczyszczających i pyłów;
- budowę dwóch elektrowni jądrowych o łącznej mocy zainstalowanej 6000 MW.

Przy wdrażaniu PPEJ okazało się, że przeszkody w jego realizacji są większe od pierwotnie oczekiwanych. Czynniki opóźniającymi były między innymi: długotrwały proces konsultacji transgranicznych (2 lata), późne zatwierdzenie PPEJ przez Radę Ministrów, zerwanie kontraktu na prowadzenie badań lokalizacyjnych z firmą Worley Parsons. W dniu 14 października 2016 r., Rada Ministrów przyjęła Sprawozdanie Ministra Energii z realizacji Programu Polskiej Energetyki Jądrowej za lata 2014-15 i zdecydowała o konieczności weryfikacji całości Programu do końca 2017 r. oraz aktualizacji harmonogramu i modelu biznesowo-finansowego w roku 2017. Powyższe zadania zostały wykonane w terminie i obecnie nowa zaktualizowana wersja PPEJ czeka na decyzję Rady Ministrów.

Wdrożenie PPEJ wymaga podjęcia działań w zakresie rozwoju sektora naukowo-badawczego oraz realizacji wielu programów badawczych. Warto jednak zauważyć, że programy badawcze w zakresie energetyki jądrowej były realizowane dużo wcześniej.

Intensyfikacja tych prac nastąpiła po decyzji rządu o budowie EJ w Żarnowcu w roku 1982.

Warto w tym miejscu podkreślić pozytywne aspekty rozpoczęcia przez Polskę budowy EJ Żarnowiec. Wdrożony został proces tworzenia kompleksowego systemu energetycznego niezbędnego do realizacji programu rozwoju energetyki jądrowej. System taki powinien objąć: studia lokalizacyjne, prace: legislacyjne, badawczo-rozwojowe i projektowo-konstrukcyjne, mechanizmy zapewnienia potrzebnych materiałów, rozwój produkcji przemysłowej urządzeń, rozwój potencjału budowlano-montażowego, finansowanie i realizację inwestycji, przygotowanie kadr, przygotowanie eksploatacji, prace normalizacyjno-techniczne, procedury wykonawcze i technologiczne oraz działalność informacyjną i promocyjną.

W czasie przygotowań do budowy i przy samej budowie EJ Żarnowiec polscy pracownicy i specjaliści zdobyli cenne doświadczenie, które mimo upływu czasu wciąż jeszcze może być wykorzystane przy realizacji Programu Polskiej Energetyki Jądrowej. W programie tym wykazano, że istnieje konieczność ścisłej współpracy sektora przemysłowego oraz organów administracji państwowej z sektorem naukowo-badawczym, a także z uczelniami akademickimi oraz szkołami zawodowymi.

Kiedy w bieżącym stuleciu wznowiono prace nad wdrożeniem energetyki jądrowej, instytuty badawcze wróciły do badań dotyczących energetyki jądrowej.

Pierwsze wersje PPEJ opracowano w Ministerstwie Gospodarki w listopadzie 2010 r.

W roku następnym został przyjęty przez Radę Ministrów Krajowy Program Badań (KPB) opracowany przez Komitet Polityki Naukowej (KPN). W załączniku do uchwały nr 164/2011 przedstawiono KPB jako „Założenia polityki naukowo-technicznej i innowacyjnej państwa”. KPB obejmował siedem strategicznych, interdyscyplinarnych kierunków badań naukowych i prac rozwojowych, w tym program „Nowe technologie w zakresie energetyki”. W programie tym założono, „że ustalone zadania w tym zakresie muszą wspierać realizację Polskiej Polityki Energetycznej do roku 2030, przyjętej przez Radę Ministrów w dniu 10 listopada 2009 r., jak również realizację celów polityki energetyczno-klimatycznej Unii Europejskiej. Założono również, że zadania badawcze w tym zakresie będą wspierać realizację formułowanego obecnie Narodowego Programu Rozwoju Gospodarki Niskoemisyjnej (NPRGN), którego głównym celem jest przestawienie gospodarki na gospodarkę niskoemisyjną”. KPN uznał również za celowe prowadzenie badań interdyscyplinarnych, zakładając, że: „Realizacja programu energetyki jądrowej stworzy zapotrzebowanie na badania m.in. w dziedzinach takich jak: technologie materiałowe, elektrotechnika, automatyka w odniesieniu do np. cyklu paliwowego, reaktorów IV generacji, czy rozwoju modeli probabilistycznych i oprogramowania. Badania prowadzone w zakresie energetyki jądrowej pozwolą na dotrzymanie zadeklarowanego przez polski Rząd w uchwale z dnia 13 stycznia 2009 r. terminu uruchomienia pierwszego bloku elektrowni jądrowej w 2020 r. Ponadto, technologie nuklearne znajdą zastosowanie także w innych dziedzinach: w profilaktyce, w diagnostyce i terapii medycznej, w produkcji nowych materiałów, w petrochemii, rolnictwie, ochronie środowiska oraz gospodarce wodnej”.

Prace badawcze na rzecz rozwoju energetyki jądrowej na wniosek Ministra Nauki i Szkolnictwa Wyższego zostały zorganizowane przez Narodowe Centrum Badań i Rozwoju (NCBR) poprzez ustanowienie strategicznego projektu badawczego pn. Technologie wspomagające rozwój bezpiecznej energetyki jądrowej. Projekt ten ustanowiono na podstawie art. 8 a, ust.5 ustawy o zasadach finansowania nauki z 8.10.2004 /Dz.U.169,1049/. Zakończenie i ewaluacja tego projektu nastąpiła na przełomie 2014/2015 r.

A oto tytuły zadań wspomnianego projektu i nazwy instytucji, które je realizowały:

- Rozwój wysokotemperaturowych reaktorów do zastosowań przemysłowych (lider konsorcjum – Akademia Górniczo-Hutnicza);

- Badania i rozwój technologii dla kontrolowanej fuzji termojądrowej (lider konsorcjum — Instytut Fizyki Jądrowej im. Henryka Niewodniczańskiego PAN);
- Podstawy zabezpieczenia potrzeb paliwowych polskiej energetyki jądrowej (lider sieci naukowej – Uniwersytet Warszawski);
- Rozwój technik i technologii wspomagających gospodarkę wypalonym paliwem i odpadami promieniotwórczymi (wykonawca – Instytut Chemii i Techniki Jądrowej);
- Analiza możliwości i kryteriów udziału polskiego przemysłu w rozwoju energetyki jądrowej (lider sieci naukowej – Politechnika Warszawska);
- Rozwój metod zapewnienia bezpieczeństwa jądrowego i ochrony radiologicznej dla bieżących i przyszłych potrzeb energetyki jądrowej (lider sieci naukowej – Centralne Laboratorium Ochrony Radiologicznej);
- Analiza procesów generacji wodoru w reaktorze jądrowym w trakcie normalnej eksploatacji i w sytuacjach awaryjnych z propozycjami działań na rzecz podniesienia poziomu bezpieczeństwa jądrowego (lider sieci naukowej – Instytut Chemii i Techniki Jądrowej);
- Analiza procesów zachodzących przy normalnej eksploatacji obiegów wodnych w elektrowniach jądrowych z propozycjami działań na rzecz podniesienia poziomu bezpieczeństwa jądrowego (lider sieci naukowej – Instytut Chemii i Techniki Jądrowej);
- Opracowanie metod i wykonanie analiz bezpieczeństwa w reaktorach jądrowych przy zaburzeniach w odbiorze ciepła i w warunkach ciężkich awarii (wykonawca – Politechnika Warszawska);
- Opracowanie metody i wykonanie przykładowej analizy systemowej pracy bloku jądrowego z reaktorem wodnym przy częściowym skojarzeniu (wykonawca – Politechnika Gdańska).

Sam program i wyniki jego prac zostały szeroko omówione w nr 2 Postępów Techniki Jądrowej wydanym w roku 2015 [2, 3, 4, 5, 6].



Fot. 1. Publikacje IChTJ na temat prac wykonanych w ramach projektu strategicznego NCBR Technologie wspomagające rozwój bezpiecznej energetyki jądrowej

Fig. 1. The INCT publications concerning works realized in the strategic project Technologies supporting developments of the nuclear power

W latach 2011-2014 oprócz projektu strategicznego polskie instytuty i uczelnie realizowały inne projekty badawcze m.in. z Programu Operacyjnego Innowacyjna Gospodarka, a także brały udział w kolejnych edycjach programów MAEA i EURATOMU.

Minister Gospodarki w dniu 8 maja 2014 r. zwrócił się do Ministra Nauki i Szkolnictwa Wyższego z prośbą o kontynuację projektu, argumentując, że 28 stycznia tegoż roku Rada Ministrów przyjęła Program Polskiej Energetyki Jądrowej/PPEJ, w którym ustalono potrzebę wsparcia rozwoju tej nowej branży badaniami i rozwojem infrastruktury badawczej oraz wykształcenia specjalistycznej kadry. Niestety, kontynuacja tych niezwykle ważnych działań nie została podjęta do dzisiaj, mimo że utworzenie takiego programu powinno być jednym z priorytetów NCBR. Jego brak może też wpływać na opóźnienie w podejmowaniu szeregu decyzji niezbędnych do oceny i wdrażania PPEJ. Realizacja programu ułatwiłaby wykazanie gotowości technologicznej kraju we wdrażaniu energetyki jądrowej oraz jej roli w rozwoju sektora energetycznego pozwalającego na wprowadzanie/zapewnienie bezpiecznych i przyjaznych środowisku technologii energetycznych, do jakich należy elektrownia jądrowa.

W przyjętym przez Radę Ministrów PPEJ określono źródła finansowania wielu przedsięwzięć, w tym finansowanie kształcenia i szkolenia kadry /zad. 2/ oraz rozwój infrastruktury badawczej /zad. 7/ natomiast nie ustalono źródła finansowania projektów badawczych wspierających rozwój energetyki jądrowej, zakładając współdziałanie jednostek badawczych i przemysłu.

W uchwale rządowej podkreślono, że „Wdrożenie energetyki jądrowej nie oznacza bowiem jedynie budowy elektrowni jądrowych i uzupełnienie polskiego koszyka energetycznego o energię pochodzącą z siłowni jądrowych. Będzie ona impulsem dla rozwoju gospodarczego, społecznego i regionalnego. Najwyższe wymogi i standardy obowiązujące w energetyce jądrowej będą miały również pozytywny wpływ na rozwój kultury technicznej polskiej energetyki i przemysłu. Dzięki budowie zaplecza naukowego i przemysłowego rozwinięta zostanie nowa branża, w której zatrudnienie znajdą specjaliści o najwyższych kwalifikacjach”.

Jak wykazują doświadczenia takich krajów jak Czechy, Słowacja, Węgry etc. duże zaangażowanie krajowego przemysłu i instytutów badawczych oraz uczelni, jest niezwykle ważne ze względu na rozwój technologiczny – ekonomiczny kraju oraz późniejszą bezpieczną eksploatację bloków energetycznych. Niestety aktualny zakres działań dotyczący udziału polskiego przemysłu i nauki w realizacji PPEJ znacznie odbiega od obserwowanego u naszych sąsiadów (i w innych krajach europejskich – np. Wielkiej Brytanii), czy też znanych doświadczeń krajowych z czasów budowy EJ Żarnowiec. Kraj sąsiadujący z Polską Białoruś, która rozpoczęła swój projekt jądrowy w roku 2012, uruchomi pierwszy blok w zbudowanej elektrowni jądrowej w roku 2019. W zaistniałej sytuacji dużą szkodą dla kraju byłoby przerwanie prac badawczo-rozwojowych ukierunkowanych na rozwój kompetencji potrzebnych do realizacji Programu Polskiej Energetyki Jądrowej. Brak finansowania projektów z tej dziedziny wiedzy i techniki

spowodowałyby nie tylko zahamowanie rozwoju zespołów eksperckich, ale wręcz ich rozpad i utratę kluczowego personelu. Program Polskiej Energetyki Jądrowej nakłada na MNiSW obowiązek realizacji Działania 7, którego celem jest „utworzenie odpowiedniego zaplecza naukowo-badawczego pracującego na potrzeby energetyki jądrowej, co jest niezbędne dla wieloaspektowego, pełnego wykorzystania przez Polskę szans i możliwości związanych z wprowadzeniem energetyki jądrowej”. KPN postuluje opracowanie przez MNiSW, we współpracy z Ministerstwem Gospodarki, kompleksowego planu realizacji tego działania wraz ze wskazaniem adekwatnych źródeł i instrumentów finansowania, uwzględniających ograniczenia formalne i realia budżetowe, a z drugiej strony wykorzystując szansę dostępu do funduszy strukturalnych. Ponieważ opracowanie planu i jego wdrożenie może zająć od kilku do kilkunastu miesięcy, jako pilne działanie doraźne, niezbędne do zachowania ciągłości prac, KPN postuluje przedłużenie „Projektu strategicznego energetyki jądrowej”. Propozycja przedłużenia powinna zawierać ocenę dotychczas realizowanych zadań z rekomendacją ich zakończenia lub kontynuacji oraz listę nowych zadań. Postulat ten poparła Minister prof. L. Kolarska – Bobińska (spotkanie w dniu 21 sierpnia 2014 r.) i zaleciła działania w kierunku przedłużenia oraz rozszerzenia umów na realizowane zadania badawcze w ramach umów cywilnoprawnych. Realizacja zweryfikowanych zadań pozwoliłoby na wypełnienie luki czasowej do chwili ustanowienia nowego programu sektorowego i realizację zapisów PPEJ nakładających na MNiSW obowiązek realizacji Działania 7, którego celem jest „utworzenie odpowiedniego zaplecza naukowo-badawczego pracującego na potrzeby energetyki jądrowej, co jest niezbędne dla wieloaspektowego, pełnego wykorzystania przez Polskę szans i możliwości związanych z wprowadzeniem energetyki jądrowej”. Natomiast nie przedłużenie projektu doprowadziłoby do sytuacji, w której w naszym kraju, wdrażającym energetykę jądrową, nie byłyby prowadzone żadne skoordynowane badania naukowe dotyczące tej tematyki. Sytuacja taka stworzyłaby realne zagrożenie dla prawidłowej realizacji przyjętego przez Rząd RP programu PPEJ.

Polska Grupa Energetyczna w listopadzie 2014 r. również wyraziła zainteresowanie wynikami realizacji niektórych, prowadzonych w ramach projektu „Technologie wspomagające rozwój bezpiecznej energetyki jądrowej” zadań badawczych, a co za tym idzie za ich kontynuacją.

Poniżej podano listę wybranych zadań krajowych realizowanych w NCBJ, CLOR i IChTJ w ostatnich latach:

- Ekspertyzy dotyczące probabilistycznych analiz bezpieczeństwa reaktorów jądrowych dla Państwowej Agencji Atomistyki (coroczne umowy od 2010 r.) (NCBJ);
 - Projektowanie eksperymentalnego reaktora HTGR (NCBJ) – zgłoszone do realizacji w ramach projektu Gospostrateg (konsorcjum z ME i IChTJ);
 - Wstępne obliczenia do określenia obszaru ograniczonego użytkowania oraz stref planowania awaryjnego dla różnych technologii – prace dla PGE-EJ1 (NCBJ);
 - Opracowanie założeń dla wdrożenia metody oznaczania węgla C-14 w próbkach środowiskowych (CLOR);
 - Adaptacja metody oznaczania trytu związanego organicznie (OBT) w próbkach biologicznych (CLOR);
 - Badania korozji stopów cyrkonu (IChTJ);
 - Modyfikacje warstw wierzchnich cyrkonu poprzez nakładanie prekursorów oraz obróbkę termiczną (wiązki jonowe, plazmowe, elektronowe) (IChTJ);
 - Opracowanie metody syntezy nowego sorbentu o roboczej nazwie SiEA-KNiFe do usuwania radionuklidów ze ścieków radioaktywnych (IChTJ).
- Poza krajowymi realizowano zadania wynikające z programów bądź projektów europejskich. Poniżej podano przykłady takich zadań (i projektów).
- IVMR (2016-2019): Retencja stopionego rdzenia w zbiorniku reaktora – strategia zarządzania awariami ciężkimi dla istniejących i przyszłych elektrowni jądrowych (In-Vessel Melt Retention Severe Accident Management Strategy for Existing and Future NPP-s); zakres zadań: Metodologia — Modelowanie — Obliczenia reaktorowe — Oszacowanie marginesów bezpieczeństwa (NCBJ);
 - GEMINI+(2017-2019), projekt realizowany w ramach H2020. Prace badawczo-rozwojowe reaktorów wysokotemperaturowych (HTR) prowadzone w ramach europejsko-amerykańskiej współpracy (NCBJ);
 - Visegrad Initiative for Nuclear Cooperation (VINCO project), 2016-2018, H2020-Euratom, Project ID: 662136, zadanie: ALLEGRO (low power helium cooled experimental reactor) core neutron physics studies (NCBJ);
 - Projekt EURAMET PREPAREDNESS. Reference nr. 16ENV04 „Metrologia mobilnych metod detekcji promieniowania jonizującego w następstwie wypadku jądrowego lub zdarzenia radiacyjnego” (CLOR);
 - Projekt EURAMET METRORADON. Reference nr. 16ENV10 „Metrologia monitoringu radonu” (CLOR);
 - EAGLE, EU FP7, focused on public understanding of ionizing radiation. Relevance: enhancing education, training and communication processes for informed behaviours and decision-making related to ionizing radiation risks (IChTJ);
 - IPPA - Implementing Public Participation Approaches in Radioactive Waste (IChTJ);
 - ASGARD, EU FP7, focused on advanced fuels for Generation IV reactors. Relevance: provides a structured R&D framework for developing compatible techniques for dissolution, reprocessing and manufacturing of new nuclear fuels (IChTJ);
 - ADVANCE - Ageing Diagnostics and Prognostics of low-voltage I&C cables (IChTJ).
- Kolejną grupę stanowiły zadania realizowane pod auspicjami MAEA:
- MAEA Coordinated Research Project “T33002” entitled “Accelerator Driven Systems (ADS) Applications and use of Low-Enriched Uranium in ADS” – “Transmutation of minor actinides (MA) in accelerator driven system (ADS) or/and fast neutron - experimental measurement and burner concept development” (NCBJ);

- MODARIA II Modelling and Data for Radiological Impact Assessments (CLOR);
- Badanie społecznych i społeczno-ekonomicznych efektów wdrażania polskiego programu energetyki jądrowej przy użyciu nowej metodologii (IChTJ);
- Odzysk uranu i metali towarzyszących z odpadów przemysłowych różnego pochodzenia (IChTJ);
- Zastosowanie zaawansowanych systemów membranowych do odsalania jądrowego (IChTJ).

Różnorodność prowadzonych badań (ale przy niskim finansowaniu każdego z projektów, ze źródeł zagranicznych, czy funduszy statutowych) nie oznacza, że nie należy rozważać rozszerzenia listy realizowanych programów i projektów. Wydaje się, że rozszerzenie tematyki i zakresu badań powinno dotyczyć głównie dwóch obszarów: badań, które można określić jako wyprzedzające oraz badań wspierających realizację PPEJ.

Badania, które określono jako rozszerzające dotyczą niewątpliwie reaktora wysokotemperaturowego i jego budowy w Świerku. W opublikowanej w ubiegłym roku przez rząd *Strategii na rzecz odpowiedzialnego rozwoju* napisano: *Przygotowanie, przy wykorzystaniu polskiego potencjału przemysłowego i naukowego, wdrożeń wysokotemperaturowych reaktorów jądrowych HTR do produkcji ciepła przemysłowego w skojarzeniu oraz wsparcie polskich badań i rozwoju materiałów dla IV generacji reaktorów.*

W raporcie opublikowanym w styczniu 2018 r. przez Ministerstwo Energii zamieszczono m.in. następujące zadania:

- ocena potrzeb krajowych i eksportowych,
- rekomendacja technologii HTGR i parametrów reaktora,
- szacunkowe koszty i korzyści ekonomiczne,
- zidentyfikowane potencjalne bariery i ryzyka,
- zaproponowany plan wdrażania: powołanie Centrum Naukowo-Przemysłowego, a po 2-3 latach przekształcenie go w Spółkę celową.

Najpilniejsze zadania to zaprojektowanie budowy eksperymentalnego reaktora HTGR, a następnie weryfikacja analiz bezpieczeństwa z wykorzystaniem bezpośrednich pomiarów i badań symulacyjnych. Inne ważne zadanie to przygotowanie kadry i łańcucha dostaw do dużych reaktorów. Ekspertyczne uwagi co do realizacji tego projektu są przedstawione w artykule dra A. Miskulskiego w PTJ [7].

Przykładem innych zadań wyprzedzających realizowanych przez NCBJ, AGH, PW, PS, PG mogą być:

- Analizy zagrożeń pochodzących od ekstremalnych zjawisk naturalnych,
- Uwzględnienie zmian klimatycznych w analizach zagrożeń zewnętrznych,
- Analizy cieplno-przepływowe instalacji jądrowych dla awarii projektowych (z wykorzystaniem kodów systemowych i komponentowych, obliczeniowej mechaniki płynów (CFD) oraz oprogramowania własnego),
- Analizy awarii w rozszerzonych warunkach projektowych oraz awarii ciężkich,
- Analizy różnych technologii reaktorowych IV generacji i nowych koncepcji reaktorów (np. HTR, GFR, SMR, DFR), reaktorów badawczych, zestawów krytycznych,
- Rozwinięcie programu badawczego w zakresie uruchomienia zestawów krytycznych mogących słu-

żyć do badań nad nowymi koncepcjami reaktorów jądrowych, a w szczególności reaktora HTGR oraz ALLEGRO. (Niektóre z tych analiz mogą być także wykorzystane przy realizacji PPEJ).

Innymi obszernymi programami/projektami wyprzedzającymi są:

- **GENIORS (wykonawca IChTJ) – Zintegrowane strategię recyklingu tlenkowych paliw GEN IV – nowy europejski projekt współpracy (2017–2021) w programie HORYZONT 2020 – EURATOM.**

Cel: Opracowanie nowych fizykochemicznych technologii (ekstrakcja ciecz-ciecz) oddzielania aktywności od lantanowców, aby zamknąć cykl paliwowy w energetyce jądrowej. Umożliwi to:

(1) znaczne zmniejszenie radiotoksyczności odpadów jądrowych pozostałych po przerobieniu wypalonych paliw jądrowych oraz

(2) znaczne zmniejszenie długotrwałego oddziaływania tych odpadów jądrowych na środowisko.

Zadania zespołu IChTJ w projekcie GENIORS:

1. Optymalizacja metody oddzielania ameryku od technetu w ekstrakcyjnym procesie oddzielania aktywności od produktów rozszczepienia, EURO-GANEX;
2. Sprawdzenie efektu powstawania hipotetycznych heteroleptycznych kompleksów ameryku(III) z ekstrahentem TODGA i z reekstrahentem anionowym na efektywność procesu EURO-GANEX;
3. Udział w pracach nad optymalizacją procesu EURO-GANEX – we współpracy z partnerami z konsorcjum.

- **“Characterization of conditioned nuclear waste for its safe disposal in Europe Activity” (CHANCE)** koordynowany przez ANDRA, Francja (2017-2021). (wykonawca w Polsce IChTJ).

CELE PROJEKTU:

1. Ustanowienie na poziomie europejskim kompleksowej wiedzy na temat aktualnych systemów charakteryzowania kondycjonowanych odpadów promieniotwórczych i systemów kontroli jakości obowiązujących w krajowych programach gospodarowania odpadami promieniotwórczymi, na podstawie danych od użytkowników końcowych, takich jak organizacje gospodarki odpadami i operatorzy przechowalników i składowisk,
2. Rozwój, testowanie i weryfikacja już zidentyfikowanych technik charakteryzowania, co ma poprawić charakterystykę kondycjonowanych odpadów promieniotwórczych, a mianowicie tych, których nie można łatwo scharakteryzować przy użyciu konwencjonalnych metod.

- **TEAM CABLES. Europejskie narzędzia i metodologie dla efektywnego zarządzania starzeniem kabli w elektrowniach jądrowych** (2017-2022); (Koordynator EdF, wykonawca w Polsce IChTJ).

Cel ogólny projektu:

1. Opracowanie modeli i algorytmów starzenia kabli dostosowanych do różnych matryc polimerowych, napelniaaczy, dodatków, antyutleniaczy i stopni usieciowania.
2. Opracowanie metodologii pomiarów nieinwazyjnych dla oznaczenia degradacji izolacji i osłon.
3. Zaproponowanie ogólnodostępnych narzędzi do oceny czasu bezpiecznej eksploatacji kabli i przewodów umożliwiających otrzymanie danych przydatnych do zastosowania w matematycznych modelach i algorytmach.

Wśród zadań wymienionych w niniejszym artykule, realizowanych w latach 2011-2018 znajdowały się również zadania wspierające realizację PPEJ. Opóźnienia w przyjęciu ostatecznej wersji PPEJ i brak zapisu w tym programie o finansowaniu projektów naukowo-badawczych wspierających rozwój energetyki jądrowej wpływają negatywnie na realizację tych projektów. Mimo to programy wspierające PPEJ są realizowane albo formułowane są projekty, które zdaniem środowisk naukowych są niezbędne dla pomyślnej kontynuacji PPEJ.

Poniżej wymieniono kilka projektów, których realizacja jest niezbędna dla PPEJ:

- walidacja i weryfikacja narzędzi obliczeniowych związanych z zagadnieniami ciepłno-przepływowymi oraz zjawiskami zachodzącymi w trakcie awarii ciężkich, do stosowania w ocenie bezpieczeństwa w procesie licencjonowania (NCBJ);
- wyznaczanie neutronowo-fizycznych parametrów rdzeni reaktorów i innych instalacji jądrowych dla potrzeb licencjonowania, eksploatacji i oceny bezpieczeństwa (NCBJ);
- analizy neutronowo-fizyczne przechowalników wypalonego paliwa w celu zapewnienia ich podkrytyczności w warunkach normalnych i awaryjnych oraz obliczenia składu izotopowego wypalonego paliwa dla potrzeb ochrony radiologicznej (NCBJ);
- opracowanie modelu generatora neutronów D-T do celów symulacji metodą Monte Carlo. Docelowo stanowisko wzorcowe promieniowania neutronowego znajdzie zastosowanie w badaniach nowych typów dozymetrów promieniowania neutronowego jak również we wdrożeniu metod retrospektywnej dozymetrii biologicznej promieniowania neutronowego na potrzeby pracowników planowanej EJ (CLOR);
- Realizacja programów wspierających realizację PPEJ przez IChTJ:
 - Akceptacja społeczna i ochronny efekt środowiskowy,
 - Cykl paliwowy od rudy (ubogie i odpady), przerób, recykling,
 - Chemizm chłodziw, emisje gazowe,
 - Opady promieniotwórcze, przerób i bezpieczne składowanie,
 - Chemia analityczna materiałów jądrowych,
 - Ochrona radiologiczna – radiobiologia, radon w środowisku.

Dyr. Józef Sobolewski z Departamentu Energii Jądrowej Ministerstwa Energii stwierdził niedawno, że Ministerstwo Energii podjęło następujące działania w zakresie rozwoju sektora naukowo-badawczego:

- przejście przez ME nadzoru nad 4 instytutami naukowo-badawczymi (NCBJ, IChTJ, IFPiLM, CLOR);
- powołanie Zespołu ds. analizy i przygotowania warunków do wdrożenia wysokotemperaturowych reaktorów jądrowych, jako źródła dla ciepła przemysłowego. Celem jest stworzenie nowego, innowacyjnego sektora gospodarki opartego na krajowych instytutach badawczych;
- prace koncepcyjne w zakresie utworzenia Narodowego Laboratorium Energii Jądrowej;
- wprowadzenie w projekcie nowelizacji ustawy Prawo atomowe zapisów dotyczących funkcjonowania i finansowania TSO tzw. organizacji wsparcia technicznego;

- szersze zaangażowanie w międzynarodową współpracę naukowo-badawczą w zakresie nowych technologii jądrowych na forum unijnym i regionalnym.

Można mieć nadzieję, że Ministerstwo Energii będzie nie tylko sprawować nadzór nad instytutami, ale zaofiaruje im odpowiednie środki finansowe i stworzy warunki formalne ułatwiające realizację programów naukowo-badawczych w zakresie energetyki jądrowej. Podjęcie szybkich działań w zakresie realizacji PPEJ również w odniesieniu do programów naukowych i rozwojowych postulują środowiska naukowe i techniczne zrzeszone w organizacjach i stowarzyszeniach takich jak SEP, NOT, PTN, SEREN. To właśnie te organizacje wystosowały pod koniec maja br. list do Pana Premiera Mateusza Morawieckiego, w którym wyrażono nadzieję, że Pan Premier spowoduje podjęcie decyzji o przyspieszeniu procesu wdrażania energetyki jądrowej w Polsce.

Budowa energetyki jądrowej stanowić będzie silny impuls rozwojowy i modernizacyjny dla polskiego przemysłu.

*dr Stanisław Latek,
Instytut Chemii i Techniki Jądrowej,
Warszawa*

Literatura:

- [1] <http://www.kproblek.pan.pl/images/stories/pliki/pdf/052018/KPE-PAN25.05.2018.pdf>
- [2] J. Michalik, Chemiczne aspekty energetyki jądrowej w projekcie NCBR. Technologie wspomagające bezpieczny rozwój energetyki jądrowej, PTJ nr 2/2015, s.14-15
- [3] L. Fuks, A. Oszczak, Strategiczny projekt badawczy NCBR. Technologie wspomagające rozwój bezpiecznej energetyki jądrowej. Zadanie nr 4. Rozwój technik i technologii wspomagających gospodarkę wypalonym paliwem i odpadami promieniotwórczymi, PTJ nr 2/2015, s. 16-28
- [4] P. Krajewski, G. Krajewska, Technologie wspomagające rozwój bezpiecznej energetyki jądrowej. Zadanie nr 6. Rozwój metod zapewnienia bezpieczeństwa jądrowego dla bieżących i przyszłych potrzeb energetyki jądrowej, PTJ nr 2/2015, s. 29-34
- [5] K. Ciupek, P. Krajewski, K. Kozak, I. Śliwka, T. Pliszczynski, H. Polkowska-Motrenko, Strategiczny projekt badawczy NCBR. Technologie wspomagające rozwój bezpiecznej energetyki jądrowej. Zadanie nr 6. Rozwój metod zapewnienia bezpieczeństwa jądrowego i ochrony radiologicznej dla bieżących i przyszłych potrzeb energetyki jądrowej. Cel 1: Opracowanie ogólnej koncepcji i metod badań środowiskowych (w tym zdrowotności) dla przewidywanej lokalizacji EJ (etapy 1, 2, 3, 4 i 5), PTJ nr 2/2015, s. 35-41
- [6] K. Brzóska, M. Kowalska, M. Kruszewski, A. Lankoff, S. Sommer, Strategiczny projekt badawczy NCBR. Technologie wspomagające rozwój bezpiecznej energetyki jądrowej. Zadanie nr 6. Rozwój metod zapewnienia bezpieczeństwa jądrowego i ochrony radiologicznej dla bieżących i przyszłych potrzeb energetyki jądrowej. Cel 2: Rozwój metod dozymetrii biologicznej oraz biofizycznych markerów i indykatorów wpływu promieniowania na organizmy żywe (etapy 6, 7, 8, 9, i 10), PTJ nr 2/2015, s. 42-47
- [7] A. Mikulski, UWAGI DO RAPORTU ZESPOŁU MINISTERSTWA ENERGII DS. REAKTORA WYSOKOTEMPERATUROWEGO, PTJ nr 1/2018, s. 21-25.