



# INSTYTUT CHEMII I TECHNIKI JĄDROWEJ

Fax (22) 811-15-32, 811-19-17

E-mail: [sekdyrn@ichtj.waw.pl](mailto:sekdyrn@ichtj.waw.pl)

Internet: <http://www.ichtj.waw.pl>

Dyrektor Instytutu (22) 504-12-05; 811-06-56  
Z-ca dyr. ds. Naukowych (22) 504-12-05; 811-06-56

Z-ca dyr. ds. Technicznych i Marketingu (22)  
504-12-20

Główny Księgowy (22) 504-12-99

**IAEA Collaborating Center**

ul. Dorodna 16, 03-195 Warszawa

Warszawa 20.08.2017

Prof. dr hab. inż. Andrzej G. Chmielewski

Recenzja pracy doktorskiej Pani mgr Katarzyny Rzemek  
z tytułowanej „Badania narażenia personelu obiektów jądrowych i  
izotopowych w ośrodku Świerk pochodzącego od izotopów promieniotwórczych”

Promotorem pracy jest prof.dr hab. Andrzej Czerwiński z Wydziału Chemii Uniwersytetu Warszawskiego, a promotorem pomocniczym dr inż. Jakub Ośko pracownik Narodowego Centrum Badań Jądrowych w Świerku. Opieka naukowa obu naukowców, wybitnego radiochemika z UW i doktora bezpośrednio zaangażowanego w działania praktyczne na terenie NCBJ, zagwarantowały przygotowanie pracy na właściwym poziomie.

Praca dotyczy ważnego zagadnienia jakim jest ocena narażenia na promieniowanie personelu ośrodków w których prowadzone są prace z materiałami zawierającymi izotopy promieniotwórcze. Skupiono się w niej na ocenie możliwości skażenia wewnętrznego badanych grup pracowniczych emitarami cząstek alfa, takimi jak  $^{238}\text{Pu}$ ,  $^{239}\text{Pu}$  i  $^{241}\text{Am}$ . Analizie poddano środowisko pracy oraz próbki biologiczne pochodzące od dwu grup pracowników, jednej, zatrudnionej przy demontażu izotopowych czujek dymu oraz drugiej prowadzącej prace demontażowe i dekontaminacyjne, związane z remontem pomp pierwszego obiegu reaktora Maria. Przy ocenie narażenia pracowników wykorzystano próbki pobrane w środowisku pracy (aerozole w pierwszym przypadku i woda w drugim) jak i analizy wydaliny człowieka (mocz). Dla dalszych pomiarów instrumentalnych aktywności izotopów w pobranych materiałach niezbędne było przeprowadzenie preparatyki próbek z wykorzystaniem metod radiochemicznych. Stosowane w pracy metody są dobrym przykładem znaczenia radiochemii w wielu technologiach, stosowanych w przemyśle jądrowym, a związanych z zastosowaniami przemysłowymi, medycyną

nuklearną oraz badaniami środowiskowymi. Nie dotyczy to oczywiście tylko zagadnień ochrony radiologicznej, ale również zagadnień użytecznych. Dobrym przykładem, związanym również z tematyką pracy, może być fakt coraz szerszego zastosowania radiopreparatów medycznych do których syntezy wykorzystano izotopy alfa-promieniotwórcze.

W pracy można wyróżnić kilka elementów, które wymagały zastosowania odpowiednich metod eksperymentalnych lub obliczeniowych:

pobór próbek ze środowiska pracy i wydaliny biologicznych,

preparatyka radiochemiczna tych prób,

pomiar instrumentalny aktywności emiterów alfa,

opracowanie wyników pomiarów,

analiza dróg możliwych skażeń wewnętrznych personelu,

ocena narażenia personelu na promieniowanie.

Biorąc pod uwagę tak szeroki zakres i tematykę prowadzonych prac należy podkreślić, że Autorka pracy musiała posiadać wiedzę teoretyczną i wykazać się zdolnościami eksperymentalnymi, zarówno w zakresie wykorzystania radiochemicznych metod rozdzielczych, instrumentalnych metod pomiarowych oraz zagadnień związanych z wchłanianiem oraz metabolizmem radionuklidów w organizmie ludzkim, co z kolei pozwoliło na wykonanie oceny narażenia badanych grup pracowniczych. Opracowane procedury są niezwykle cenne z punktu widzenia ochrony radiologicznej. Sama praca, która w części była wykonywana w ramach projektu strategicznego NCBiR „Technologie wspomagające rozwój bezpiecznej energetyki jądrowej”, jest dobrym dowodem wskazującym na konieczność tworzenia bazy (dydaktycznej i badawczej) wspierającej Polski Program Energetyki Jądrowej. Z uwagi na niskie stężenia badanych radionuklidów w próbkach, zastosowane techniki badawcze wymagały stosowania niezwykle żmudnej i dokładnej preparatyki, z zastosowaniem metod znacznikowych, a obróbka wyników stosowania odpowiednich metod statystycznych. Dzięki prawidłowo prowadzonym operacjom radiochemicznym uzyskana wydajność chemiczna prowadzonych operacji była wysoka i wynosiła w przypadku filtrów powietrza dla  $^{242}\text{Pu}$  ok. 87%, a dla  $^{238}\text{Pu}$  i  $^{239+240}\text{Pu}$  oraz  $^{243}\text{Am}$  > 80%. Ta sama wartość dla  $^{236}\text{Pu}$  oraz  $^{242}\text{Pu}$  i  $^{243}\text{Am}$  wyniosła ok. 79%. Jest to wynik dobry, biorąc pod uwagę fakt, że raportowany w literaturze odzysk chemiczny metod analitycznych uzyskiwany dla izotopów Pu wynosił 60 – 95 % i 45 – 85 % dla

Am. Ważnym potwierdzeniem jakości prowadzonych w laboratorium analiz jest uzyskanie bardzo dobrych wyników w dwu testach porównawczych organizowanych przez PROCORAD (Association for the Promotion of Quality Control in Radiotoxicological Analysis) oraz PAA (Polskie Towarzystwo Chemii i Techniki Jądrowej).

Jeśli chodzi o stronę formalną dotyczącą przygotowania pracy, to spełnia ona przyjęte standardy, liczy 162 strony, przytacza 103 pozycje literaturowe, łącznie z opublikowanymi w latach 2015-16. Warto było jednak zachować zwyczajowo przyjęte zasady numerowania rozdziałów i podrozdziałów, przyjęty w pracy sposób rzymskiego numerowania rozdziałów prowadzi do tego, że mamy po trzy podrozdziały 1.1, 2.1, 3.1. itd.

Recenzent ma pewne uwagi, które będą mogły być wyjaśnione w trakcie obrony:

Pewne, niewielkie stężenia badanych izotopów promieniotwórczych znajdują się w aerozolach atmosferycznych. Zagadnienie to, w odniesieniu do wybranych regionów Polski, było badane przez Renatę Kierepko z Instytutu Fizyki Jądrowej im. H. Niewodniczańskiego Polskiej Akademii Nauk w Krakowie, a wyniki pomiarów przedstawione w Jej rozprawie doktorskiej „Identyfikacja aktualnych źródeł plutonu w powietrzu”, IFJ PAN, Kraków, 2010. To źródło literaturowe jest wymienione w recenzowanej pracy pod pozycją [80], ale tylko w kontekście stosowanych metod analitycznych. A przecież celowym było, przedyskutowanie ewentualnego wpływu tego zjawiska na wyniki analiz wykonanych w ramach recenzowanej pracy, tym bardziej, że preparatyka próbek w pracy była wykonana z dużą starannością. I tak, w podrozdziale 3.2 (rozdział IV) opisano metodykę wykonania ślepych prób w odniesieniu do stosowanych materiałów oraz odczynników, w tym również w odniesieniu do filtrów. Warto było wykonać podobne analizy dla filtrów umieszczonych w innym pomieszczeniu (poza strefą demontażu czujek), bądź na otwartym terenie skąd czerpane było powietrze wentylacyjne.

Wydaje się, że Autorka pracy zbyt mało uwagi poświęciła omowieniu mechanizmów i analizie dróg przechodzenia badanych radionuklidów do środowisk, z których były pobierane próbki (powietrza w przypadku demontażu izotopowych czujek dymu oraz wody z obiegów wodnych). Warto było rozpatrzyć np. ciąg czynności pracownika w trakcie demontażu czujek (dobrze zilustrowany przez

schemat przedstawiony na rys.18) i określić, czy stosowane środki zabezpieczenia osobistego, co zapewne jest ujęte w instrukcji technologicznej, są wystarczające. Niepokojący jest fakt stwierdzenia skażenia drogą pokarmową u jednego z pracowników (P2\_D).

Jeśli chodzi o pobór próbek wody z obiegów chłodzenia basenu reaktora i chłodzenia elementów paliwowych, warto było zamieścić prosty schemat reaktora Maria z zaznaczeniem tych obiegów i miejsc zamontowania pomp. Warto było również opisać czynności wykonywane przez personel podczas prac demontażowych oraz dekontaminacyjnych, ponieważ dostęp do powierzchni wewnętrznych był ograniczony i skażenie było mało prawdopodobne. Potwierdziły to zresztą wyniki pomiarów. Uzyskane wyniki pomiaru aktywności próbek wody z obu obiegów wymagają komentarza, stosunki aktywności właściwej poszczególnych izotopów w próbkach wodnych nie powinny tak się różnić, jak to wynika z uzyskanych rezultatów pomiarów :

	$^{239+240}\text{Pu} : ^{238}\text{Pu} : ^{241}\text{Am}$	$^{239+240}\text{Pu} : ^{238}\text{Pu}$
Woda z chł. reaktora	1,05 : 1,15 : 1	0,91
Woda z chł. p. paliwowych	6,00 : 11,6 : 1	0,52

nawet przy przyjęciu pewnych różnic czasowych przedostania się do obiegów wodnych izotopów o różnych okresach półrozpadu (długich zresztą). Jednostkowe efekty kinetyczne, w dyfuzji (transporcie masy) izotopów plutonu nie są duże. Autorka na stronie 61 podaje wyjaśnienie dotyczące możliwych źródeł pochodzenia tych izotopów w obiegach wodnych, z którego treści nie może wynikać przedstawiona w tabeli różnica w stosunkach stężeń (aktywności) poszczególnych izotopów. Zastanawiający jest również fakt stwierdzonej pięciokrotnie większej aktywności właściwej w próbce pobranej z wody chłodzącej basenu reaktora. Ważna byłaby informacja co do objętości wody cyrkulującej w poszczególnych obiegach i obliczenie sumarycznej aktywności izotopów alfabromieniotwórczych w zgromadzonych w tych strumieniach.

We wzorze (1) symbol A to masa atomowa (gramoatom) a nie liczba masowa, warto sprawdzać wymiary wielkości, bo z zastosowanego zapisu nie uzyska się

wymiaru aktywności, jeśli za wymiar A przyjmie się wg. podany w pracy [ $\text{mol} \cdot \text{g}^{-1}$ ].

W tabeli 21 podana jest charakterystyka źródła i aktywność zapisana w [dpm]; (disintegration per minute), podczas gdy na następnej stronie  $A_{wz}$  podane jest w [Bq], należało skomentować ten fakt (w przypadku tabeli).

W opisie symboli dotyczącym wzoru (12) błędnie jest zapisane oznaczenie pierwszej z definiowanych wielkości.

Jaki sens ma wielkość z wymiarem [ $\text{Bq} \cdot \text{d}^{-1}$ ], wzór (4).

Brak jest zbiorczego spisu symboli, brak jest wyjaśnienia symbolu  $t$  występującego we wzorach (26) i (28),  $N_j$  i  $N_{tr}$  – podane są jako wielkości bezwymiarowe, a przecież liczby zliczeń odnoszą się do czasu trwania pomiaru?

Mimo powyższych uwag, opinia o przedstawionej do oceny pracy jest bardzo pozytywna, a waga i konieczność prowadzenia tego typu badań zostały przedstawiona na wstępie. Należy dodać, że wyniki prac zostały przedstawione w dwu publikacjach:

- 1) K. Rzemek, A. Czerwiński, M. Dymecka, J. Ośko, T. Pliszczyński "Validation of the method for plutonium isotopes determination in urine samples and its application in nuclear facility in Otwock", Nukleonika 60(1) (2015) 181 -186.
- 2) K. Rzemek, A.Czerwiński, J. Ośko, K.Tymińska, M. Dymecka, T.Pliszczyński Determination of  $^{238}\text{Pu}$ ,  $^{239+240}\text{Pu}$  and  $^{241}\text{Am}$  in air filters, Journal of Radioanalytical and Nuclear Chemistry 311(2) (2017), 1271- 1276.

W obu Autorka rozprawy jest autorem korespondencyjnym. Ponadto prezentowała Ona wyniki swych badań na konferencjach naukowych w Polsce i na Węgrzech. Jest współautorką trzech prac publikowanych w Polish Journal of Medical Physics and Engineering.

Recenzent może zatem z pełnym przekonaniem stwierdzić, że przedłożona do oceny rozprawa doktorska spełnia warunki określone w art. 13 Ustawy z dnia 14 marca 2003 r. o stopniach naukowych i tytule naukowym oraz o stopniach i tytule w zakresie sztuki ( Dz. U. nr 65, poz. 5 z późniejszymi zmianami).

Zwracam się do Wysokiej Rady Wydziału Chemicznego Uniwersytetu Warszawskiego z wnioskiem o dopuszczenie Pani mgr Katarzyny Rzemek do dalszych etapów przewodu doktorskiego.

