

Recenzja pracy doktorskiej mgr Katarzyny Rzemek

pt. "Badania narażenia personelu obiektów jądrowych i izotopowych w ośrodku Świerk pochodzącego od radioizotopów alfa-promieniotwórczych (aktynowców)".

Pierwiastki promieniotwórcze pojawiły się wraz z uformowaniem Ziemi i ich obecność po dzień dzisiejszy jest nierozdzielnie związana ze wszystkimi istniejącymi ekosystemami. Jednak z roku 1934, gdy małżeństwo Joliot-Curie przeprowadziło pierwszą syntezę nuklidów promieniotwórczych i odkryło promieniotwórczość sztuczną, w radiochemii nastąpiła nowa era. Kolejne badania w oparciu o ich odkrycie zaowocowały syntezą wielu pierwiastków transuranowych, będących jedną z grup sztucznych pierwiastków promieniotwórczych. Spośród transuranowców szczególnie istotne są pluton i ameryk, które zostały wprowadzone do środowiska naturalnego w wyniku próbnego wybuchu nuklearnego, energetyki jądrowej i związanych z nią fabryk przerobu wypalonego paliwa jądrowego oraz wypadków radiacyjnych. Pierwiastki te, prócz toksyczności chemicznej, charakteryzują się również wysoką radiotoksycznością i są nierozdzielnie związane z istnieniem reaktorów jądrowych. Stąd zainteresowanie ich obecnością oraz zachowaniem się w środowisku przyrodniczym jest wciąż bardzo duże i aktualne.

Praca mgr Katarzyny Rzemek pt. „Badania narażenia personelu obiektów jądrowych i izotopowych w ośrodku Świerk pochodzącego od radioizotopów alfa-promieniotwórczych (aktynowców)” została wykonana w Laboratorium Pomiarów Dozymetrycznych (LPD) Narodowego Centrum Badań Jądrowych (NCBJ) w Świerku pod kierunkiem prof. dra hab. Andrzeja Czerwińskiego i promotora pomocniczego dra inż. Jakuba Ośko. Wybór tematu badań jest szczególnie uzasadniony i bardzo aktualny, gdyż ochrona zdrowia człowieka w jego środowisku pracy jest rzeczą nadrzędną i powinna stanowić priorytet w odniesieniu do uzyskiwanych korzyści.

Sformułowane cele i zakres pracy nie budzą zastrzeżeń. Najbardziej istotnym celem naukowym, ale także społecznym, była ocena narażenia pracowników ośrodka na promieniowanie jonizujące pochodzące od izotopów ^{238}Pu , ^{239}Pu i ^{241}Am . W oparciu o analizę próbek biologicznych oraz próbek ze środowiska pracy i na bazie otrzymanych wyników Doktorantka dostarczyła informacji o zagrożeniach występujących na analizowanych stanowiskach pracy, jak również oszacowała wielkości obciążających dawek skutecznych, które mogą otrzymać pracownicy.

Praca sprawia dobre początkowe wrażenie za sprawą strony wizualnej. Jest opatrzona dobrze zaprojektowanymi rysunkami i tabelami, co zawsze znacznie ułatwia zrozumienie materiału. Układ pracy oraz jej skład rozdziałowy są poprawne i nie budzą zastrzeżeń, są zgodne z ogólnie przyjętymi zasadami dla prac doktorskich. Rozprawa łącznie zajmuje 162 strony, składa się z 8-u rozdziałów i zawiera 63 tabele oraz 44 ryciny. Wybór cytowanego piśmiennictwa (103 pozycje, z tego ponad połowa z ostatniego dziesięciolecia) oceniam jako właściwy; cytowanie ich jest poprawne i dobrze ilustruje wnioski doktorantki. Przedłożona rozprawa napisana jest raczej poprawną polszczyzną, jest przejrzysta i zrozumiała, choć zawiera drobne uchybienia stylistyczne (głównie zbyt dużą ilość zdań pojedynczych w części przeglądowej) oraz wybaczalne błędy edytorskie. Wyłącznie z obowiązku recenzenta przytaczam przykładowe błędy zauważone w trakcie czytania rozprawy, reprezentujące wspomniane wcześniej drobne niedopatrzenia:

- rys. 6 (strona 32) – anglojęzyczny opis – niewielkim nakładem pracy Autorka mogła edytować rysunek zamiast zamieszczać dodatkową legendę w j. polskim,
- strona 41 – pozycja literaturowa napisana jest kursywą,
- strona 43 – użyto określenie „współczynnik konwersji dawki ($\text{Sv}\cdot\text{Bq}^{-1}$)”, na stronie 45 już tylko „współczynnik dawki” przy zachowaniu tych samych jednostek,
- strona 58 – jest „... informacje na temat czasu pracowników ...”, powinno być „... informacje na temat czasu pracy pracowników ...”,
- strona 76, rys. 24 – jest „Współstrącenie ... z MnCl_2 ...”, powinno być „Współstrącenie ... z MnO_2 ”,
- strona 94, zapożyczenie z języka angielskiego „blank” zamiast polskiego odpowiednika „ślepa próba odczynnikowa”.

Celem pracy stanowiącej treść rozprawy doktorskiej mgr Katarzyny Rzemek, opisanym w rozdziale „I. Cel pracy”, było przede wszystkim określenie stopnia narażenia pracowników ośrodka na promieniowanie jonizujące pochodzące od izotopów ^{238}Pu , ^{239}Pu lub ^{241}Am oraz oszacowanie wielkości obciążających dawek skutecznych, które mogą oni otrzymać. Przy czym Autorka nie skupiła się tylko i wyłącznie na wykorzystaniu istniejących procedur oznaczania alfa emiterów plutonu i ameryku, ale przeprowadziła pełną adaptację i walidację istniejącej metodyki radiochemicznej.

Rozdział „II. Wprowadzenie”, to zwięzły, wręcz podręcznikowy opis analizowanych pierwiastków promieniotwórczych oraz wprowadzenie w zagadnienia ochrony radiologicznej osób narażonych zawodowo na promieniowanie jonizujące. W rozdziale tym Doktorantka zawarła również opis wykorzystanej techniki pomiarowej – spektrometrię alfa, choć moim zdaniem powinna ona być scharakteryzowana w rozdziale „III. Materiały i metody badań”.

Część rozprawy poświęcona badaniom własnym, przedstawiona w rozdziałach III-IV, opracowana jest na 94 stronach i zawiera opis metodyki badań oraz uzyskane wyniki i ich gruntowną interpretację. W rozdziale „III. Materiały i metody badań” bardzo szczegółowo został przedstawiony tok analizy radiochemicznej. Jednak pomimo ogromu informacji, które chciała przekazać mgr Katarzyna Rzemek, jest on napisany w sposób klarowny, a wszelkie drobiazgi podawane przez Autorkę świadczą o jej dużej wiedzy w temacie badanego materiału oraz stosowanych metod analitycznych i dowodzą 100 %-owego udziału w pracy laboratoryjnej. Analiza plutonu i ameryku w próbkach biologicznych jest jedną z najtrudniejszych w przypadku metod radiometrycznych, a niewielkie ilości analitów wymagają zateżnienia próbek o dużej objętości lub masie. Cały proces radiochemicznego oznaczania tych pierwiastków jest niezwykle żmudny i czasochłonny, a od analityka wymaga niemałego doświadczenia i dokładności. Uzyskane widma pomiarowe dowodzące bardzo dobrej dokładności rozdzielności pierwiastków i obliczona wydajność analityczna, świadczą o doskonałym przygotowaniu Autorki do pracy z tak trudnym materiałem badawczym. Na szczególne uznanie zasługuje również przeprowadzenie rzetelnej walidacji stosowanych metod. W tym miejscu nasunęły mi się 3 jednak uwagi związane z metodyką oznaczania emiterów alfa:

1. W Tabeli 1 Autorka prezentuje podstawowe informacje o analizowanych izotopach, nie podając jednak ich energii rozpadu; natomiast w podrozdziale 5.1 szczegółowo opisuje zasadę pomiaru z wykorzystaniem spektrometrii alfa i w Tabeli 14 podaje, jako wadę, „brak możliwości oznaczenia aktywności ^{239}Pu i ^{240}Pu , możliwa jest do oznaczenia tylko ich sumaryczna aktywność”. Proszę wyjaśnić, z czego wynika ten fakt. Dlaczego na ogół podaje się ich aktywność w postaci sumy $^{239+240}\text{Pu}$.
2. We wspomnianej wcześniej Tabeli 14, Doktorantka podaje wady spektrometrii alfa i jako jedną z nich wymienia „długi czas pomiaru”. Nie mogę się z tym do końca zgodzić, gdyż czas pomiaru wynika przede wszystkim z aktywności analizowanych radioizotopów, a nie typu ich rozpadu. Aczkolwiek, być może za lakonicznym stwierdzeniem „długi czas pomiaru” kryje się coś jeszcze.
3. Czy niezbędne było ponowne wyznaczenie warunków elektrolizy plutonu i ameryku? Procedury te są bardzo dobrze znane i szeroko dostępne w literaturze.

Rozdział „IV. Wyniki badań i dyskusja” przedstawia wyniki przeprowadzonych badań wraz z oceną narażenia pracowników obiektu jądrowego w Otwocku-Świerku na promieniowanie jonizujące pochodzące od izotopów ^{238}Pu , ^{239}Pu lub ^{241}Am . W rozdziale tym znalazł się, według mnie niefortunnie, podrozdział IV.3 „Kontrola prowadzonych pomiarów”, który powinien zostać zamieszczony w rozdziale „III. Materiały i metody badań”. Tematyka monitoringu radiologicznego jest niezmiernie ważna, choć wciąż niedoceniana i pomijana w świecie naukowym. Autorka na podstawie uzyskanych danych, zarówno dla pracowników reaktora jak również osób zajmujących się demontażem czujek dymu, rozważa różne scenariusze narażenia, co w efekcie końcowym pozwala na oszacowanie dawek skutecznych dla badanych osób. Badania prowadzone nad radiotoksycznością są bardzo trudne, wciąż nie mamy wiedzy na temat skutków oddziaływania małych dawek promieniowania na organizm człowieka. Znikome ilości analizowanych radioizotopów sprawiają, że niełatwo oznaczyć je w próbkach biologicznych, nie wspominając o określeniu ich form chemicznych. Stąd też mnogość scenariuszy, wynikająca z konieczności rozważenia różnorodnych dróg wchłonięcia i potencjalnych form chemicznych analizowanych izotopów. Na tej podstawie, Autorka ocenia stopień narażenia dla każdej z grup pracowników, podaje maksymalne dawki skuteczne określone na 0,32 mSv dla pracowników reaktora oraz 6,6 mSv dla osób demontujących czujki dymu i stwierdza, iż nie zostały przekroczone dawki

dopuszczalne dla pracowników narażonych zawodowo na promieniowanie jonizujące określone w Rozporządzeniu Rady Ministrów z dnia 18.01.2005 roku w sprawie dawek granicznych promieniowania jonizującego.

Ze względu na dosyć obszerne omówienie uzyskanych wyników, Doktorantka zdecydowała się na umieszczenie w pracy rozdziału „V. Wnioski”, w którym zawarła główne osiągnięcia wynikające z przeprowadzonych badań. Podsumowując stwierdzam, że pomimo niewielkich uchybień, przeprowadzona przez Autorkę dyskusja wyników, jak i wnioski z niej wyływające, są poprawne i dobrze udokumentowane. Najbardziej wartościowym jest:

- opracowanie wydajnej, sekwencyjnej metody oznaczania aktywności izotopów ^{238}Pu , $^{239+240}\text{Pu}$ oraz ^{241}Am w różnych matrycach,
- ocena narażenia wybranych grup pracowników obiektu jądrowego w Świerku na promieniowanie jonizujące,
- wykazanie, iż monitoring indywidualny prowadzi do dokładniejszej oceny narażenia pracowników,
- wdrożenie monitoringu radiologicznego jako kombinacji pomiarów *in vitro* oraz środowiska pracy.

Reasumując, moje krytyczne uwagi oraz drobne błędy edytorskie pojawiające się w pracy nie wpływają na ogólną, dobrą merytoryczną ocenę rozprawy doktorskiej. Przedstawioną do recenzji pracę doktorską oceniam wysoko pod względem naukowym i uważam, że Autorka wykazała się dojrzałością naukową, rzetelnością analiz chemicznych i dobrą znajomością omawianych zagadnień. Zrealizowała wszystkie zaplanowane badania, a przedstawione wyniki potwierdzają umiejętności Doktorantki w zakresie planowania pracy eksperymentalnej. Zamieszczone w rozprawie wyniki badań i wnioski z nich wynikające stanowią oryginalny i twórczy wkład mgr Katarzyny Rzemek w badania dotyczące monitoringu radiologicznego i ochrony radiologicznej, a ponadto zostały opublikowane w 2 oryginalnych artykułach naukowych, w których Doktorantka jest pierwszym autorem. Pomimo tego, że praca jest zasadniczo napisana w trybie bezosobowym (wykonano, określono, itd.), Doktorantka nie przypisuje sobie wszystkich czynności związanych z interpretacją danych i jednoznacznie określa autorstwo w miejscach,

w których jest ono wymagane. Jest to kolejnym atutem rozprawy i świadczy zarówno o etyce pracy, jak i dojrzałości mgr Katarzyny Rzemek.

Podsumowując stwierdzam, że **przedstawiona do recenzji rozprawa spełnia zwyczajowe i ustawowe wymogi stawiane pracom doktorskim w Ustawie z dnia 14 marca 2003 r. o stopniach naukowych i tytule naukowym oraz o stopniach i tytule w zakresie sztuki** i z przekonaniem wnoszę do Rady Wydziału Chemii Uniwersytetu Warszawskiego o dopuszczenie mgr Katarzyny Rzemek do dalszych etapów przewodu doktorskiego.

Dagmara
Strumińska - Rorka