

mgr inż. Katarzyna Rzemek
Pracownia Elektrochemicznych Źródeł Energii
Wydział Chemii
Uniwersytet Warszawski

Warszawa, dn. 26.10.2017 r.

Autoreferat rozprawy doktorskiej:

„Badania narażenia personelu obiektów jądrowych i izotopowych w ośrodku Świerk pochodzącego od radioizotopów alfapromieniotwórczych (aktynowców).”

Promotor rozprawy: prof. dr hab. Andrzej Czerwiński

Promotor pomocniczy: dr inż. Jakub Ośko (Narodowe Centrum Badań Jądrowych)

Niniejsza rozprawa doktorska dotyczy zagadnień związanych z oceną narażenia osób pracujących z warunkach narażenia na promieniowanie jonizujące. W pracy skupiłam się na ocenie narażenia wewnętrznego pochodzącego od alfapromieniotwórczych izotopów ^{238}Pu , ^{239}Pu lub ^{241}Am . Izotopy te wskutek swojej wysokiej radiotoksyczności i toksyczności chemicznej mogą powodować szkodliwe skutki dla ludzi w przypadku wniknięcia do organizmu. Z tego powodu są przedmiotem licznych badań w zakresie monitoringu radiologicznego osób narażonych zawodowo. Monitoring radiologiczny osób pracujących w warunkach narażenia na promieniowanie jonizujące jest niezwykle istotny, gdyż umożliwia ocenę wielkości narażenia i sprawdzenie, czy nie dochodzi do przekroczenia ustalonych limitów dawek. W przypadku osób, u których może dojść do skażeń wewnętrznych związanych z wniknięciem izotopów ^{238}Pu , ^{239}Pu lub ^{241}Am , monitoring ten powinien być oparty na pomiarach indywidualnych i środowiska pracy.

Głównym celem badań prezentowanych w pracy było przeprowadzenie oceny narażenia dwóch grup pracowników obiektu jądrowego w Otwocku-Świerku, u których istniała potencjalna możliwość wniknięcia izotopów ^{238}Pu , ^{239}Pu lub ^{241}Am . Pierwszą grupę stanowili pracownicy zaangażowani w prace demontażowe i dekontaminacyjne wykonywane przed wymianą pomp pierwszego obiegu chłodzenia reaktora badawczego MARIA. Druga grupa osób zajmowała się demontażem czujek jonizacyjnych ze źródłem ^{238}Pu , ^{239}Pu lub ^{241}Am .

Pomiary, które przeprowadziłam w ramach monitoringu indywidualnego i środowiska pracy, umożliwiły mi oszacowanie obciążających dawek skutecznych, na jakie byli narażeni pracownicy oraz dostarczyły informacji o zagrożeniach występujących na stanowisku pracy. Pierwszy rodzaj monitoringu opierał się na pomiarach aktywności próbek biologicznych (próbek moczu), uzyskanych od pracowników po okresach, w których występowało narażenie. Drugi polegał na pomiarach aktywności próbek pochodzących ze środowiska pracy (np. aerozole z powietrza). Próbki biologiczne oraz próbki pochodzące ze środowiska pracy zostały pobrane w latach 2014-2015.

Dokonanie analizy jakościowej i ilościowej izotopów ^{238}Pu , $^{239+240}\text{Pu}$ lub ^{241}Am jest możliwe dzięki zastosowaniu odpowiedniej preparatyki radiochemicznej oraz metody pomiarowej. Metody pomiarowe, które były stosowane uprzednio w ośrodku jądrowym w Otwocku-Świerku w celu oceny narażenia osób, u których istniało ryzyko niepożądanego wniknięcia do organizmu rozważanych izotopów w trakcie wykonywania obowiązków zawodowych, opierały się głównie na globalnych pomiarach aktywności promieniowania alfa z wykorzystaniem przepływowości liczników proporcjonalnych (pomiar aktywności próbek moczu oraz filtrów powietrza). Za pomocą tych metod nie można przeprowadzić analizy jakościowej, wyznacza się jedynie sumaryczną aktywność większości, występujących w próbce, izotopów emitujących promieniowania alfa.

W ramach niniejszej pracy wdrożyłam metody opierające się na pomiarach aktywności poszczególnych izotopów emitujących promieniowanie alfa z zastosowaniem preparatyki radiochemicznej i pomiaru w spektrometrze promieniowania alfa. Metody te pozwoliły na jakościową analizę badanych izotopów oraz możliwość ich oznaczenia na znacznie niższym poziomie aktywności, co jest szczególnie istotne w pomiarach aktywności próbek moczu. W pracy wykazałam, że wdrożone metody charakteryzowały wysokie wartości wydajności chemicznych. Udowodniłam ponadto, iż za ich pomocą można oznaczyć niskie aktywności rozważanych izotopów plutonu i ameryku. W wyniku zastosowanej preparatyki radiochemicznej otrzymałam oczyszczone źródła. Na widmach energii promieniowania alfa sporządzonych źródeł nie zaobserwowałam zanieczyszczeń pochodzących od innych pierwiastków, które mogłyby interferować z oznaczanymi izotopami. Otrzymane piki charakteryzowała także dobra rozdzielczość energetyczna. Poprawność zastosowanych procedur została potwierdzona dzięki wykonanym przeze mnie analizom próbek biologicznych i środowiskowych podczas udziału w krajowych i międzynarodowych badaniach porównawczych. Uzyskane bardzo dobre wyniki świadczą o dokładności zastosowanych metod.

W wyniku analizy próbek wodnych z pierwotnego obiegu chłodzenia reaktora stwierdziłam występowanie izotopów ^{238}Pu , $^{239+240}\text{Pu}$ oraz ^{241}Am (w wodzie z obiegu chłodzenia elementów paliwowych oraz basenu reaktora) oraz ^{244}Cm oraz ^{242}Cm (w wodzie z obiegu chłodzenia basenu reaktora). W próbkach moczu pochodzących od pierwszej z analizowanych grup, grupie pracowników reaktora, nie stwierdziłam obecności analizowanych izotopów emitujących promieniowanie alfa.

Przeprowadzone pomiary aktywności aerozoli z powietrza pochodzącego z pomieszczenia, gdzie odbywała się praca z jonizacyjnymi czujkami dymu, potwierdziły obecność niskich aktywności izotopów ^{238}Pu , $^{239+240}\text{Pu}$ oraz ^{241}Am w powietrzu. Pomiary aktywności izotopów ^{238}Pu , $^{239+240}\text{Pu}$ oraz ^{241}Am , które wykonałam w ramach monitoringu indywidualnego pracowników zajmujących się demontażem czujek dymu, wykazały, że w tej grupie zdarzają się sytuacje, gdy dochodzi do wniknięcia izotopów ^{238}Pu , $^{239+240}\text{Pu}$ oraz ^{241}Am do organizmu. Nie stwierdziłam przekroczenia rocznej dawki granicznej dla osób narażonych zawodowo na promieniowania jonizujące wśród pracowników należących do analizowanej grupy.

Analiza różnych scenariuszy wnikania pokazała, że ocena narażenia tych osób jest skomplikowana i powinna być uważnie przeprowadzana. Najtrudniejsze okazało się dobranie scenariuszy narażenia pracowników, w celu uzyskania zgodności pomiarów rzeczywistych z modelami dostępnymi w literaturze. Nie we wszystkich przypadkach udało mi się uzyskać taką zgodność, należy mieć jednak świadomość, że metabolizm izotopów promieniotwórczych w ciele człowieka zależy od cech indywidualnych i przez co możliwe jest występowanie odstępstw od przyjętych modeli. Pomocne przy interpretacji wyników okazały się pomiary środowiska pracy, pomiary filtrów powietrza, które umożliwiły weryfikację drogi narażenia. Pomimo że oszacowane dawki skuteczne na podstawie pomiarów filtrów powietrza są znacznie niższe niż te oszacowane na podstawie pomiarów indywidualnych, należy podkreślić, że pomiary środowiskowe ułatwiły interpretację wyników. Stwierdziłam również, że największe zagrożenie stwarza praca z czujkami dymu zawierającymi źródło w postaci ^{238}Pu . Izotop ten był zidentyfikowany w największej liczbie próbek moczu, a także jego aktywność była najwyższa w przypadku pomiarów filtrów powietrza.

Część wyników przedstawionych w dysertacji została zaprezentowana w dwóch publikacjach w czasopiśmie o zasięgu międzynarodowym – *Nukleonika* oraz *Journal of Radioanalytical and Nuclear Chemistry*.