

dr hab. inż. Jan Skowronek
Instytut Ekologii Terenów Uprzemysłowionych
ul. Kossutha 6
40-184 Katowice

RECENZJA

rozprawy doktorskiej mgr. inż. Michała BOŃCZYKA

Badanie samoabsorpcji promieniowania gamma izotopu ołowiu ^{210}Pb w odpadach przemysłowych o podwyższonej promieniotwórczości

1. Ogólna charakterystyka rozprawy

1.1. Uwagi ogólne

Recenzowana praca została przygotowana pod kierunkiem dr. hab. Bogusława Michalika, prof. GIG, i dr. Krystiana Skubacza, zajmujących się od lat metrologią radionuklidów zawartych w materiałach typu NORM.

Rozprawa liczy 119 stron. Składa się z jedenastu rozdziałów, spisu literatury (bibliografii) i rysunków.

Spis literatury zawiera 87 pozycji, większość z nich - zagraniczne, wśród nich wymieniono 4 pozycje, których współautorem jest doktorant.

1.2 Zawartość rozprawy

W sześciu rozdziałach (1-4 i 6-7) Autor wprowadza czytelnika w zagadnienie.

W rozdziałach 1-4 omawia własności izotopu ołowiu ^{210}Pb , problem jego występowania w towarzystwie innych radionuklidów pochodzenia naturalnego (NORM) w odpadach przemysłowych, metody oznaczania naturalnych radionuklidów a także problemy metrologiczne związane z ich detekcją. Radionuklid ^{210}Pb emituje promieniowania gamma o bardzo niskiej energii. Stąd też przy jego detekcji ilościowej specjalnego znaczenia nabiera zjawisko samoabsorpcji w matrycy, w której jest oznaczany. Rozdział 6 poświęca doktorant na omówienie tego zjawiska a w rozdziale 7 omawia szczegółowo metody wyznaczania poprawki na samoabsorpcję, zarówno teoretyczne jak i eksperymentalne.

W rozdziale 5, który rozdziela rozdziały zawierające przegląd literatury przedmiotu, doktorant przedstawia cele swej pracy, zaś w rozdziałach 8 i 9 przedstawia i omawia

zaproponowaną przez siebie metodę wyznaczania poprawki na samo absorpcję oraz wyniki jej wyznaczenia w różnego typu materiałach odpadowych. Rozdziały 10 i 11 zawierają wnioski i podsumowanie pracy.

W tekście rozprawy Autor nie sformułował hipotezy badawczej. W jej miejsce określił dwa zasadnicze cele swych badań: modyfikację i walidację zaproponowanej przez siebie zmodyfikowanej metody wyznaczania poprawki na samoabsorpcję emitowanego przez izotop ^{210}Pb promieniowania gamma oraz określenie zakresu zmienności samo absorpcji w dostępnych materiałach odpadowych charakteryzujących się jego podwyższoną zawartością.

Zamieszczony materiał ilustracyjny i tabelaryczny dobrze ilustruje sposób prowadzenia badań jak również tok rozumowania przy formułowaniu wniosków.

2. Analiza wypełnienia wymagań artykułu 13 ustawy o tytule naukowym i stopniach naukowych

2.1. Oryginalność rozwiązania zagadnienia naukowego

Do lat 70-ych ubiegłego wieku zagrożenie radiacyjne związane było wyłącznie z energetyką jądrową, wykorzystywaniem sztucznych radionuklidów i metod jądrowych w przemyśle, medycynie i wojskowości. Obecnie wiadomo już, że tradycyjne przemysły, nie korzystające z technik jądrowych, mogą również wpływać na wielkość dawek promieniowania jakie otrzymują zatrudnieni w nich pracownicy a także ludność zamieszkała w strefie ich oddziaływania. Przyczyną tego jest modyfikowanie zawartości radionuklidów w środowisku pracy i środowisku naturalnym w trakcie procesów technologicznych (udostępnianie, wydobycie i przeróbka surowców mineralnych). W efekcie możemy mieć do czynienia ze wzrostem narażenia na promieniowanie jonizujące zarówno w środowisku pracy jak i w środowisku zamieszkania.

W miarę poznawania źródeł tego zagrożenia i zachowania się poszczególnych radionuklidów w procesach eksploatacji, przetwarzania i wykorzystywania surowców i materiałów odpadowych coraz większego znaczenia nabiera sprawa wiarygodnej oceny zawartości w nich naturalnych radionuklidów. Z jednej strony – ich niedoszacowanie może doprowadzić do niepotrzebnego wzrostu narażenia na działanie promieniowania jonizującego, zaś – przeszacowanie powodować może niepotrzebne problemy w ochronie radiologicznej.

Przykładem może być radionuklid, którego oznaczenie jest przedmiotem rozprawy prezentowanej przez Doktoranta. Izotop ołowiu ^{210}Pb emituje promieniowanie gamma o bardzo niskiej energii, stąd problem z właściwym wyznaczeniem jego zawartości. Jednocześnie jego radiotoksyczność, wielokrotnie wyższa np. od sztucznych radionuklidów uwalnianych w trakcie awarii jądrowych, powoduje, że jego wkład w do zagrożenia powinien być oceniany z daleko wyższą precyzją niż się to dotychczas wykonywało.

Problemem przy wyznaczaniu aktywności izotopu ^{210}Pb w próbkach jest z jednej strony niska energia emitowanego przezeń promieniowania gamma, z drugiej wpływ matrycy (oraz konstrukcji detektora) na absorpcję tego promieniowania.

Problem detekcji promieniowania gamma o niskiej energii łatwo można rozwiązać przez dobór odpowiedniego detektora. W przypadku efektu matrycy problem jest bardziej złożony, bowiem w próbkach mogą zmieniać się zawartości pierwiastków ciężkich wpływających na absorpcję promieniowania gamma. Istotnego znaczenia nabiera więc wyznaczenie tzw. poprawki na samoabsorpcję niskoenergetycznego promieniowania gamma.

Faktem jest, że uwzględnienie samoabsorpcji w pomiarach zawartości izotopu ^{210}Pb jest od lat przedmiotem zainteresowania wielu badaczy. Doktorant w swej pracy przedstawił nową i oryginalną propozycję rozwiązania tego problemu, ważnego zarówno ze względów naukowych jak i praktycznych.

Z wielu proponowanych na świecie sposobów wyznaczania poprawki na samoabsorpcję Autor do swej pracy wybrał metodykę opartą o bezpośrednie pomiary masowego współczynnika absorpcji, tzw. metodę transmisyjną. Doktorant, po analizie jej mankamentów i błędów, zmodyfikował ją w sposób twórczy i oryginalny. W swej pracy wyprowadził poprawną formułę obliczeniową poprawki a następnie dokonał optymalizacji kluczowych parametrów pomiaru – pojemnika, położenia źródła i wiązki promieniowania.

Poszczególne etapy rozumowania i całego toku postępowania Doktorant szczegółowo przedstawił w rozdziale 8. Z oczywistych względów wszystkie działania odnoszą się do toru pomiarowego będącego w dyspozycji Śląskiego Centrum Radiometrii Środowiskowej GIG.

Autor kończy swe rozważania rachunkiem niepewności pomiaru.

Zaproponowana metodyka i sposób jej zastosowania stanowią o oryginalności rozwiązania przedstawionego problemu naukowego i praktycznego.

2.2. wykazanie ogólnej wiedzy teoretycznej doktoranta

Obszerne studium literaturowe przedmiotu badań doktorant zawarł w rozdziałach 1-4 i 6-7. Odwołuje się w nich do znakomitej większości pozycji literaturowych z wszystkich 87 przywoływanych w rozprawie.

W rozdziale 1 Doktorant opisuje własności ołowiu ^{210}Pb , koncentrując się na danych istotnych z punktu widzenia pomiarów i ochrony radiologicznej. W tym drugim przypadku podkreślić należy dobrą znajomość i biegłość w powoływaniu się na dokumenty i akta prawne europejskie i krajowe. W ostatniej części omawia możliwości wykorzystania ołowiu ^{210}Pb jako znacznika procesów środowiskowych. Szkoda, że w podsumowaniu nie wskazał czy i jakie znaczenie może mieć jego praca w tym obszarze. Jest to o tyle istotne, że omawiając w następnym rozdziale problem odpadów przemysłowych o podwyższonej promieniotwórczości Autor przedstawia nie tylko aspekty dotyczące ochrony radiologicznej ale i aspekty środowiskowe.

Warto podkreślić bardzo dobrą znajomość Doktoranta technik pomiarowych wykorzystywanych w pomiarach środowiskowych (rozdział 3) a także zagadnień związanych z zapewnieniem biegłości i spójności metrologicznej (rozdział 4 i 8.2.6).

W rozdziałach 6 i 7 Doktorant omawia zjawiska wpływające na samoabsorpcję promieniowania gamma i metody określania poprawki na samoabsorpcję. Podkreślając wykorzystanie spektrometrii gamma do pomiarów zawartości izotopu ołowiu ^{210}Pb , pewien niedosyt pozostawia odesłanie Czytelnika na zakończenie rozdziału 6 do studiów literaturowych nad wpływem tych zjawisk na pomiary wykonywane omawianą w pracy metodą.

W rozdziale 7 szeroko zostały omówione metody wyznaczania poprawki na samoabsorpcję. Niezbyt fortunate jest użycie w tytule rozdziału sformułowania „szacowanie” jako w pewien sposób deprecjonującego podejmowane przez wielu naukowców teoretyków i praktyków próby zbliżenia się do wartości prawdziwej.

Podsumowując, doktorant wykazał dobrą ogólną wiedzę w dziedzinie będącej przedmiotem rozprawy.

2.3. umiejętność samodzielnego prowadzenia pracy naukowej

Doktorant w swej pracy nie stawia hipotezy naukowej, którą następnie starałby się udowodnić lub obalić. Zamiast tego określił w rozdziale 5 cele badawcze jakie zamierza zrealizować. Są to:

1. Modyfikacja i weryfikacja eksperymentalnego wyznaczenia poprawki na samoabsorpcję promieniowania gamma izotopu ^{210}Pb w odpadach przemysłowych
2. Zbadanie samoabsorpcji w odpadach przemysłowych charakteryzujących się podwyższonym stężeniem ^{210}Pb .

Rozdziały opisujące sposób dochodzenia przez Doktoranta do postawionych celów studia literaturowe oddzielone są od rozdziału 5 „Cele pracy” dwoma rozdziałami które stanowią studia literaturowe. Odbiega to od przedstawionej we wstępie metodologii (rysunek 1) i nieco utrudnia odbiór całości.

Doktorant zdecydował się na modyfikację metody transmisyjnej zaproponowanej przez Cutshalla, wykorzystującej do wyznaczenia poprawki zewnętrzne źródło promieniowania gamma.

W rozdziałach 8 i 9 doktorant szczegółowo opisuje tok postępowania przy realizacji postawionych celów badawczych.

W rozdziale 8 można wyróżnić trzy elementy: matematyczne wyprowadzenie formuły poprawkowej, opis optymalizacji toru pomiarowego i ocenę danych metrologicznych.

Po przedstawieniu sposobu wyprowadzenia formuły poprawkowej Autor przedstawia wykres teoretycznej wartości poprawki dla różnych gęstości nasypowych. Wykazał się tu umiejętnością teoretycznego opisu i analizy zjawiska. Opis toru i jego optymalizacji odnosi się bezpośrednio do wykorzystywanego wyposażenia pomiarowego. Szczegółowo, w sposób przydatny dla zainteresowanego wykorzystaniem opracowanej przez siebie metody, Doktorant przeanalizował problem redukcji tła. Opis kalibracji to w znacznej części raczej studium literaturowe, poza ilustracją krzywej wydajności zastosowanego w pracy detektora. Dobrze przeprowadzona została analiza i optymalizacja geometrii pomiaru. Podrozdział poświęcony wyznaczeniu aktywności, stężenia i limitu detekcji również jest bardziej teoretyczny niż prezentujący wyniki własnych pomiarów i obliczeń.

Bardzo dobrze opracowany jest podrozdział opisujący sposób wyznaczenia współczynnika samoabsorpcji. Doktorant wykazał tu zgodność wyprowadzonego modelu matematycznego z pomiarami odniesienia. Na koniec Doktorant przeprowadził analizę niepewności wyznaczenia poprawki na samoabsorpcję.

Rozdział 9 zawiera wyniki pomiarów współczynnika samoabsorpcji w odpadach przemysłowych. Do badań Doktorant wybrał dziesięć rodzajów odpadów zaliczanych do materiałów o podwyższonej promieniotwórczości naturalnej (NORM). W sumie zbadał 169 próbek odpadów, przy czym ich liczebność dla poszczególnych rodzajów odpadów zmieniała się od 1 do 60 stąd, ze względu na zebrany materiał statystyczny, różna wartość uzyskanych

wyników i wyprowadzonych na ich podstawie wniosków. Dla każdego rodzaju odpadów Doktorant przedstawia krótką analizę statystyczną uzyskanych wyników.

Rozdział 10 zawiera wnioski z przeprowadzonych badań a rozdział 11 – krótkie podsumowanie.

3. Uwagi

Przedstawiona rozprawa jest interesująca zarówno z badawczego jak praktycznego punktu widzenia. Doktorant starannie przeanalizował czynniki mogące wpływać na dokładność wyznaczania aktywności izotopów emitujących niskoenergetyczne promieniowanie gamma i zaproponował metodę, dostosowaną do posiadanego toru pomiarowego, pozwalającą na ich dokładniejsze oznaczenie. Opisując zarówno studia literaturowe jak i swój warsztat badawczy i wyniki badań, Doktorant jest konkretny, w większości staranny w opisie zarówno od strony językowej (nieliczne błędy redakcyjne lub językowe) jak i edytorskiej.

Zawartość rozprawy różni się od zadeklarowanej metodyki. Doktorant dwa rozdziały podsumowujące stan wiedzy (rozdziały 6 i 7) zamieszcza po przedstawieniu celów pracy a przed rozdziałami opisującymi sposób przeprowadzenia i wyniki własnych prac.

Sformułowane w pracy wnioski są zgodne z deklarowanymi celami pracy. Jednakże omawiając powody, które skłoniły go do podjęcia tego zagadnienia Doktorant podał znaczenie dokładności oznaczenia aktywności ^{210}Pb dla potrzeb ochrony radiologicznej. Nigdzie jednak dalej nie dokumentuje, na ile dokładniejsze oznaczenie tego radionuklidu wpływa na wyniki oceny zagrożenia radiacyjnego nim powodowanego.

Podając sposób obliczenia aktywności, stężenia oraz limitu detekcji, Doktorant prezentując wyniki swoich pomiarów powinien podać te wartości. Tymczasem w pracy Autor nie podaje wartości dolnego limitu detekcji dla swego układu pomiarowego ani też wyznaczonej aktywności (tabele rozdziału 9).

Rozprawa doktorska ma powiększyć zasób wiedzy w badanym obszarze. Modyfikując metodę pomiarową na bazie posiadanego wyposażenia pomiarowego warto byłoby podać we wnioskach czy, w jakim zakresie i przy jakich założeniach proponowana metoda może zostać przeniesiona do innych laboratoriów.

Na zakończenie kilka uwag:

1. w tabeli 2-1 powinny być podane wszystkie źródła danych o wartościach stężeń radionuklidów,

2. przywołując pozycje literaturowe odnoszące się do wyników badań, Autor powinien starać się podać źródło które najwcześniej podało te wartości (np. podając na str. 26 maksymalną zmierzoną wartość stężenia radu ^{226}Ra),
3. na str. 27 publikacja Hilala z 2014 przywołana jest nie w tym miejscu co powinna,
4. na czym opiera Autor stwierdzenie, że formuła Joshiego daje wyniki niższe niż wzór Cutshalla?
5. w podpisie rysunku 8-2 brak informacji że chodzi o teoretyczną/wyliczoną wartość poprawki na samoabsorpcję,
6. str. 77; charakteryzacja a charakterystyka to dwa różne pojęcia,
7. rysunki 8-10 i 8-11 i str. 80: należałoby konsekwentnie stosować albo pojęcie grubość, albo wysokość,
8. przygotowując rozprawę do druku usunąć błędy (str. 10, 15, 26, 43).

4. Podsumowanie

Doktorant w sposób oryginalny rozwiązał postawiony problem naukowy i zadeklarowane cele praktyczne. Wykazał bardzo dobrą ogólną wiedzę teoretyczną. Udokumentował w pracy, że potrafi zaplanować i prowadzić badania naukowe.

Przedstawione uwagi krytyczne nie mają istotnego wpływu na pozytywną ogólną ocenę pracy.

5. Wniosek końcowy

Stwierdzam, że przedstawiona rozprawa doktorska mgr. inż. Michała Bończyka spełnia wymagania ustawy z dnia 14 marca 2003 r. o stopniach naukowych i tytule naukowym oraz stopniach i tytule w zakresie sztuki (tekst jednolity Dz.U. 2014 poz. 1852) i wnioskuję o dopuszczenie jej do publicznej obrony.

Piekary Śląskie, 10 grudnia 2016r.



