

## **I. Dane opiekuna:**

1. Opiekun ćwiczenia: *Iga Zuba*
2. Tytuł zawodowy: *magister*
3. *Instytut Chemii i Techniki Jądrowej, ul. Dorodna 16, Warszawa*
4. *Laboratorium Jądrowych Techniek Analitycznych, ICHTJ*
5. *Laboratory of Neutron Physics, Joint Institute of Nuclear Research, Dubna, Russia*
6. Dane kontaktowe: [igazuba@gmail.com](mailto:igazuba@gmail.com), [i.zuba@ichtj.waw.pl](mailto:i.zuba@ichtj.waw.pl), tel. +7 (985)8904096

## **II. Nazwa ćwiczenia.**

**„ Synteza i badanie nowych sorbentów magnetycznych do wydzielenia rutenu z próbek wodnych ”**

## **III. Cel ćwiczenia**

Celem powyżej opisanego projektu jest synteza nowych sorbentów o właściwościach magnetycznych do wydzielenia/zatężania rutenu z roztworów wodnych. W pierwszym etapie pracy podjęta zostanie próba syntezy sorbentów o właściwościach magnetycznych, a następnie wszechstronna charakteryzacja ich składu i struktury. Sorbenty które zostaną zsyntezowane:  $\text{Fe}_3\text{O}_4 - \text{MnO}_2$ ,  $\text{Fe}_3\text{O}_4 - \text{V}_2\text{O}_5$ ,  $\text{Fe}_3\text{O}_4 - \text{PbS}$ ,  $\text{Fe}_3\text{O}_4 - \text{CuS}$ . Charakteryzacja zsyntezowanych materiałów zostanie przeprowadzona z zastosowaniem metod termicznych (TGA, DSC), spektroskopii Ramana. Parametry sorpcyjne zostaną wyznaczone z zastosowaniem metody znaczników izotopowych z wykorzystaniem izotopu Ru-103 ( $T_{1/2}=39,35$  d). Izotop promieniotwórczy rutenu zostanie wytworzony w reaktorze jądrowym w wyniku napromieniowania neutronami soli rutenu. W eksperymentach statycznych z zastosowaniem wskaźników promieniotwórczych wyznaczone zostaną wagowe współczynniki podziału rutenu na zsyntezowanych sorbentach. Dodatkowo zbadana zostanie także kinetyka zachodzącego procesu sorpcji. Etapem kończącym pracę będzie sprawdzenie selektywności nowego sorbentu w stosunku do jonów rutenu, wyznaczona poprzez sorpcję pierwiastka z roztworów zawierających inne jony.

## **IV. Opis ćwiczenia.**

Ruten jest pierwiastkiem chemicznym należącym do grupy metali przejściowych, platynowców. Pierwiastek ten charakteryzuje się unikalnymi właściwościami fizycznymi i chemicznymi, wśród których można wymienić wysoką temperaturę topnienia, wytrzymałość, dobre przewodnictwo, właściwości katalityczne. Metal często używany jest w elektronice (styki elektryczne, rezystory chipowe), elektrochemii i przemyśle chemicznym (katalizatory Grubbsa). Należy wspomnieć także o jego związkach kompleksowych, które stosowane są w terapiach

antynowotworowych [1,2,3]. Ruten w środowisku występuje w postaci izotopów takich jak: Ru-96, Ru-98, Ru-99, Ru-100, Ru-101, Ru-102, Ru-103, Ru-104, Ru-106. Dwa spośród nich: Ru-103 ( $T_{1/2}=39$  d) oraz Ru-106 ( $T_{1/2}=368$  d) są izotopami otrzymanymi sztucznie. Oba izotopy związane są z szeroką pojętą energetyką jądrową [4].

Podczas procesu ekstarcji uranu oraz plutonu (tkzw. PUREX – plutonium and uranium recovery by extraction) produkowane są wysokoaktywne odpady płynne (*ang.HLLW high level waste*), które zawierają znaczne ilości platynowców takich jak Ru, Rh i Pd. Oszacowano, że 1 tona HLLW powstająca podczas procesu przeróbki wypalonego paliwa jądrowego z reaktorów typu LWR (*ang.light water reactor*) zawiera ok. 4kg metali z grupy platynowców, zaś z reaktorów typu FBR (*ang. fast breeder reactor*) zawiera już 19 kg/1 tona metali z grupy platynowców [5,6]. Wśród produktów rozszczepienia ruten jest jednym z najbardziej kłopotliwych do usunięcia nuklidów. Powodem tego jest wysoki współczynnik rozszczepienia, względnie długi czas połowicznego zaniku (Ru-103  $T_{1/2}=39$  dni oraz Ru-106  $T_{1/2}=368$  dni), liczne stopnie utlenienia (od 0 do +8) oraz tworzenie dużej liczby związków kompleksowych [4]. Zwiększone stężenie rutenu-106 w środowisku jest wskaźnikiem awarii w elektrowniach jądrowych, zakładów przeróbki wypalonego paliwa jądrowego, czy też prób jądrowych. Przykładem może być tutaj katastrofa elektrowni atomowej w Fukushima w 2011r., w wyniku której nastąpiło skażenie wód i gleby wokół terenu elektrowni radioaktywnymi produktami rozszczepienia w tym rutenem. W związku z rozwojem energetyki jądrowej, oraz możliwymi wypadkami w instalacjach reaktorów jądrowych całkowicie uzasadnione jest poszukiwanie nowych, lepszych sorbentów radionuklidów, w tym także rutenu. Powinny one charakteryzować się dobrą zdolnością sorpcyjną, wytrzymałością mechaniczną oraz możliwością sorpcji w dużym zakresie pH [7].

W literaturze opisane są różne metody wydzielenia rutenu takie jak: ulatnianie, strącanie, ekstrakcja, ekstrakcja do fazy stałej, sorpcja czy też elektro utlenianie/redukcja. W celu selektywnego wydzielenia rutenu często stosowaną metodą jest sorpcja na żywicach jonowymiennych. W literaturze opisano procedury zateżania i wydzielenia rutenu na węglu aktywnym, kationicie Amberlite CG-120, TEVA, anionicie Dowe 1x8, czy też jonitach z odwzorowanymi jonami (np. Ru-TSd czy Ru-AAA) [1]. Na tle różnych technik rozdzielczych izotopów radioaktywnych z roztworów wodnych, korzystnie wyróżnia się metoda sorpcji na sorbentach nieorganicznych. Sorbenty tego typu charakteryzują się bowiem wysoką selektywnością, większą odpornością na promieniowanie jonizujące czy też efekty termiczne. Stosunkowo nową grupą są tu sorbenty o właściwościach magnetycznych. Jony analityków organicznych lub nieorganicznych są adsorbowane na powierzchni adsorbentu magnetycznego w celu oddzielenia lub/i zateżenia z roztworu. W metodzie tej adsorbenty magnetyczne dodaje się do roztworu, w którym znajduje się badany analit, który adsorbowany jest na powierzchni takiego sorbentu, a następnie oddzielany przy użyciu zewnętrznego pola magnetycznego. Sorbent taki

następnie przemywa się roztworem odpowiednio dobranego rozpuszczalnika i prowadzi się proces elucji zaadsorbowanego uprzednio analitu [ 8,9].

#### Literatura:

- [1] B.Godlewska-Żyłkiewicz, E.Zambrzycka, B.Leśniewska, A.Z.Wilczewska, Separation of ruthenium from enviromental samples on polymeric sorbent based on imprinted Ru(III)-allyl acetoacetate complex, Talanta 89, (2012), 352-359
- [2] O.Nestler, KSeverin, A ruthenium porphyrin catalyst immobilized in a highly cross-linked polymer, Organic Letters 3 (2001), 3907-3909
- [3] M.Balcerzak, Analytical Methods for the determination of Ruthenium: The State of the Art, Critical Reviews in Analytical Chemistry, 32 (3), (2002), 181-226
- [4] P.Swain, C.Mallika, R,Srinivasan, U.Kamachi Mudali, R.Natarajan, Separation and recovery of ruthenium: a review, Journal of Radioanalytical and Nuclear Chemistry 298, (2013), 781-796
- [5] IAEA Technological reports series no. 415, 2003 : Status and advances in MOX fuel technology, Wiedeń. Dostępny: <http://www-pub.iaea.org/books/IAEABooks/6562/Status-and-Advances-in-MOXFuel-Technology>
- [6] F.Li, Y.Shnag, Z.Ding, H.Weng, J.Xiao, M.Lin, Efficient extraction and separation of palladium (Pd) and ruthenium (Ru) from silmulated HLLW by photoreduction, Separation and Purification Technology, 182, (2017), 9-18
- [7] D.Yamaguchi, K.Furukawa, M.Takasuga, K.Watanabe, A Magnetic Carbon Sorbent for Radioactive Material from the Fukushima Nuclear Accident, Scientific Reports, 4:6053, (2014)
- [8] G.Giakisikli, A.N.Anthemidis, Magnetic materials as sorbents for metal/metalloid preconcentration and/or separation. A review, Anlytica Chmica Acta, 789, (2013), 1-16
- [9] P.H.Towler, J.D.Smith, D.R.Dixon, Magnetic recovery of radium, lead and polonium from seawater samples after preconcentration on a magnetic adsorbent of manganese dioxide coated magnetite, Analytica Chimica Acta, 328, (1996), 53-59

#### **V. Wymagania wobec praktykanta.**

Status studenta doktoranta, punktualność, zainteresowania: radionuklidy w środowisku, sposoby selektywnego rozdzielania radionuklidów, jądrowe metody analityczne, termiczne metody analityczne

#### **VI. Liczba praktykantów: maksymalnie 3**