

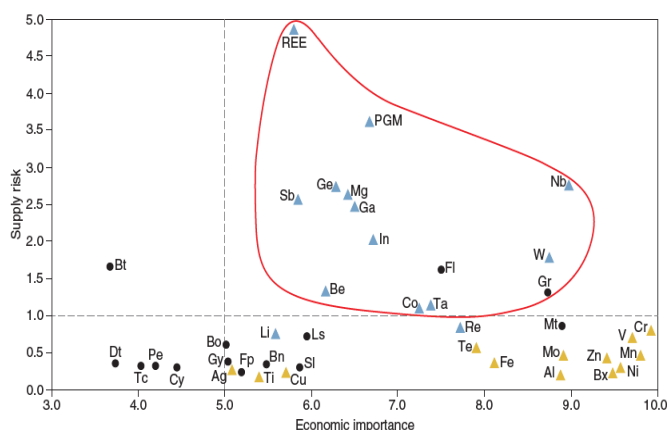
Promotor: prof. Beata Godlewska-Żyłkiewicz  
promotor pomocniczy: dr Elzbieta Zambrzycka –Szelewa

### Metody odzyskiwania metali z grupy platynowców ze ścieków i odpadów stałych oparte na ekstrakcji do fazy stałej

Minerały, metale i materiały naturalne wykorzystywane są przez człowieka w wielu obszarach życia codziennego. Wiele z nich jest niezbędnych do funkcjonowania i integralności różnych systemów przemysłowych. Wśród nich znaczącą rolę odgrywają metale z grupy platynowców (PGE), które ze względu na unikalne właściwości katalityczne i fizykochemiczne znalazły szerokie zastosowanie w syntezie chemicznej, przemyśle motoryzacyjnym, elektrycznym i elektronicznym, ogniwach paliwowych, jubilerstwie, a także diagnostyce medycznej i leczeniu chorób nowotworowych. Są to pierwiastki o małym rozpowszechnieniu w skorupie ziemskiej ( $0,1-10 \mu\text{g kg}^{-1}$ ), razem stanowią  $10^{-6}\%$  jej zawartości. Ich globalne zasoby, szacowane na około 65 000 ton, zlokalizowane są głównie w RPA, Rosji i Kanadzie. Ze względu na znaczenie ekonomiczne oraz obecne i przyszłe zapotrzebowanie, Unia Europejska w 2011 roku zakwalifikowała je do grupy pierwiastków o krytycznym znaczeniu technologicznym (z ang. *Technology Critical Elements, TCE*), czyli takich których dostawy są obarczone wysokim ryzykiem (Rys. 1). Recykling PGE staje się również niezbędny z powodów ekonomicznych, gdyż ceny podstawowych dostaw są wysokie i ciągle wzrastają. W literaturze światowej obserwuje się wzrastające zainteresowanie opracowywaniem i wdrażaniem nowych metod odzyskiwania (recyklingu) PGE ze zużytych wyrobów przemysłowych i odpadów, w celu ich ponownego wykorzystania. W przypadku, gdy metale stosowane są w postaci bardzo rozdrobnionej, jak na przykład platyna i ruten używane w bardzo cienkich warstwach w dyskach twardych, są one

bezpowrotnie tracone, dostając się do środowiska naturalnego.

Rys. 1. Metale krytyczne technologicznie wg. UE



Celem pracy doktorskiej będzie opracowanie (w skali laboratoryjnej) efektywnych metod wydzielenia i odzyskiwania PGE z różnego typu odpadów elektrycznych, elektronicznych oraz katalizatorów opartych na mechanizmie ekstrakcji do fazy stałej. Planowane są badania z wykorzystaniem sorbentów syntetycznych (np. modyfikowane żywice chelatujące, chemicznie funkcjonalizowane nanomateriały, polimery z odwzorowanymi jonami). Znacznie tańszą opcją jest wykorzystanie do wydzielenia dostępnych w dużych ilościach sorbentów pochodzenia naturalnego (biopolimerów), np. odpadów pochodzenia roślinnego lub zwierzęcego. Do wydzielenia PGE zastosowane zostaną również mikroorganizmy ze względu na ich unikalne właściwości w połączeniu z ich różnorodnością, co umożliwi sterowanie procesem biosorpcji

[1,2]. W tym przypadku rozważane są dwa podejścia. Ponieważ wiele odpadów PGM jest agresywnych (np. powstałych w wyniku rozpuszczania kwasem), to potencjał enzymatycznej syntezy bionanocząstek jest dosyć ograniczony. Aby temu zaradzić, możliwe jest dwuetapowe podejście, w ramach którego początkowo bakterie enzymatycznie redukować będą małe ilości jonów platynowców np. Pd(II) do „zarodków” Pd(0); a następnie te nanozarodki mogą działać jako katalizatory chemiczne w późniejszej redukcji i odzyskiwaniu PGM z kwasowych roztworów, takich jak odcieki z odpadów przemysłowych [3,4]. Inną możliwością jest wykorzystanie w badaniach mikroorganizmów beztlenowych (z grupy bakterii redukujących siarkę – SRB), które zdolne są do życia w takich warunkach [5] (badania prowadzone we współpracy z mikrobiologami).

Jako metody oznaczania PGE wykorzystane zostaną atomowa spektrometria absorpcyjna oraz spektrometria mas ze wzbudzeniem w plazmie indukcyjnie sprzężonej.

[1] Godlewska-Żyłkiewicz B., Sawicka S., Karpińska J., *Removal of platinum and palladium from wastewater by means of biosorption on fungi Aspergillus sp. and yeast Saccharomyces sp.*, Water (Switzerland) **11** (2019) 1522

[2] Godlewska-Żyłkiewicz B., Malejko J., *Appraisal of biosorption for recovery, separation and determination of platinum, palladium and rhodium in environmental samples*, in: “Platinum Metals in the Environment” (Ed. F.Zereini, C. Wiseman), Springer-Verlag 2015, pp. 33-52. DOI 10.1007/978-3-662-44559-4\_3

[3] Murray, A.J. , Zhu, J. , Wood, J. , and Macaskie, L.E. (2017) *A Novel biorefinery: biorecovery of precious metals from spent automotive catalyst leachates into new catalysts effective in metal reduction and in the hydrogenation of 2-pentyne*. Mins Eng 113: 102–108.

[4] Yong, P., Mikheenko, I.P., Deplanche, K., Redwood, M.D., and Macaskie, L.E. (2010) *Biorefining of precious metals from wastes: an answer to manufacturing of cheap nanocatalysts for fuel cells and power generation via an integrated biorefinery?* Biotechnol Letts 32: 1821–1828.

[5] Ayangbenro AS, Olanrewaju OS and Babalola OO (2018) *Sulfate-Reducing Bacteria as an Effective Tool for Sustainable Acid Mine Bioremediation*. Front. Microbiol. 9:1986. doi: 10.3389/fmicb.2018.01986