

Podstawienia pierwiastków ziem rzadkich i U w apatytycie ołowiowym $Pb_5(PO_4)_3Cl$

Pierwiastki ziem rzadkich (REE) uważane są za materiały o znaczeniu krytycznym, ponieważ znajdują rosnące wykorzystanie w sektorze energetycznym, komponentach elektronicznych i zaawansowanych technologiach takich jak ogniwa paliwowe, telefony komórkowe, wyświetlacze, baterie o dużej pojemności, magnesy stałe, urządzenia do wytwarzania energii wiatrowej, urządzenia wykorzystujące energię ekologiczną, oświetlenie LED itp. W ciągu ostatnich kilku lat problem dostępności REE znacznie się nasilił, szczególnie w Europie, ponieważ Chiny osiągnęły monopolistyczną rolę we wszystkich segmentach łańcucha produkcji REE. Jednocześnie jednak, ze względu na brak technologii odzyskiwania, bogate w REE apatyty związane z rudami żelaza w Europie i innych częściach świata są składowane w dużych ilościach jako odpady a nie odzyskiwane i wykorzystywane. Apatyt jest również głównym źródłem nawozów fosforowych i kwasu fosforowego. Jednakże większość metali ziem rzadkich związanych z apatytem jest tracona podczas procesów produkcyjnych z powodu nieefektywnych i kosztownych technologii odzyskiwania.

W literaturze dostępne są wyniki analiz ponad 150 próbek różnych naturalnych apatytytów ołowiowych wykazujących, że apatyty te mogą wzbogacić się w REE i U aż milion razy w odniesieniu do roztworów których powstały. Jest to bardzo niezwykle odkrycie, ale znaczenie tego odkrycia w geochemii i technologii nie zostało jeszcze docenione. Do tej pory jest to również jedyny opublikowany materiał na temat obecności REE i U w ołowiowych apatytych. Nasza wiedza na temat obecności REE w apatytych ołowiowych, np. w piromorficie $Pb_5(PO_4)_3Cl$ jest bliska zeru. Jest to szczególnie ważne z punktu widzenia środowiska naturalnego (interakcje woda-mineralne) oraz materiałoznawstwa i przyszłych zastosowań Pb-apatytytów w remediacji odpadów radioaktywnych lub rozwoju technologii odzyskiwania REE.

Dlatego proponujemy projekt badawczy, w którym po raz pierwszy przeprowadzona zostanie ilościowa charakterystyka mechanizmów i ilości wbudowania i strukturalnego położenia REE oraz U w piromorficie $Pb_5(PO_4)_3Cl$ przy krystalizacji z roztworów wodnych. Ogólnym celem tych badań jest przyspieszenie postępu naukowego w kierunku sprostania wyzwaniom związanym z pierwiastkami krytycznymi oraz umieszczenie polskich badań naukowych w tej dziedzinie w znacznie szerszym, międzynarodowym kontekście. Cel ten zostanie osiągnięty dzięki badaniom eksperymentalnym: wytrącanie piromorfitu w obecności rozpuszczających się naturalnych apatytytów wapniowych zawierających REE oraz synteza piromorfitu z roztworów zawierających REE lub U, połączona z dokładną analizą ilościową roztworów i charakterystyką ciał stałych pod względem ich składu i struktury.

Trzy główne hipotezy zostaną zweryfikowane:

- 1 - mechanizm powstawania: PY wytrącający się z roztworu wodnego zawierającego REE lub U wbudowuje preferencyjnie te metale do struktury, znacznie obniżając ich stężenie w roztworze. Dzięki bardzo wysokiej efektywności usuwania, PY działa jak filtr w odniesieniu do REE i U. Dotychczas brak danych na temat mechanizmu i ograniczeń powstawania bogatych w REE lub U apatytytów przy wytrącaniu z roztworów wodnych. Pozwoli to również na wyjaśnienie zależności między bogatymi w REE piromorfitami a stężeniem REE w naturalnych wodach opisanych w literaturze. Skuteczność usuwania jest również ważna z punktu widzenia przyszłych potencjalnych zastosowań usuwania REE lub U z roztworów wodnych.
- 2 - pozycja strukturalna: pomimo podobieństw między Ca-apatytytami i piromorfitem, mechanizm podstawienia i pozycja strukturalna REE i U w krystalizującym z roztworów wodnych o niskiej temperaturze różni się od tej znanej z magmowych i hydrotermalnych Ca-apatytytów. Ograniczenia strukturalne w tych warunkach są nieznane zarówno dla systemów ołowiowych jak i wapniowych. Jest to szczególnie ważne z punktu widzenia U i przyszłych zastosowań Pb-apatytytów w remediacji odpadów radioaktywnych.
- 3 - zakres podstawień: PY może zawierać więcej (i mniej frakcjonowanych) REE lub U niż Ca-apatyt ze względu na większe rozmiary komórki elementarnej kryształu. Chociaż minerały te są obecne jedynie jako akcesoryczne w wielu systemach geologicznych, znaczenie tego procesu może być ogromne z punktu widzenia zrozumienia uwalniania REE do wód naturalnych, odzyskiwania REE podczas produkcji nawozów fosforowych lub rozwoju technologii przechowywania aktynowców ekstrahowanych z odpadów jądrowych.

Naukowcy muszą zintensyfikować badania nad pierwiastkami REE i ich odzyskiwaniem aby dotrzymać kroku potrzebom surowcowym dla nowoczesnych technologii. W tym projekcie zdefiniowano ważny i szeroki obszar braku wiedzy i zaproponowano badania podstawowe mające na celu jego ograniczenie. Międzynarodowy zespół, który podejmuje się tego zadania, składa się z najlepszych ekspertów w dziedzinie mineralogii eksperymentalnej oraz badań REE, U i apatytytów co gwarantuje to najwyższą jakość wyników. Wyniki poszerzą wiedzę na temat środowiska naturalnego oraz materiałów wykorzystywanych w technologiach przemysłowych a nowatorski charakter badań otworzy możliwości przyszłych zastosowań.