

Projekt ten dotyczy struktury, stabilności i zachowania w warunkach środowiskowych syntetycznych analogów apatytów zawierających jod. Jego celem jest opracowanie nowatorskich i chemicznie trwałych faz do unieruchamiania radioaktywnego izotopu, jodu-129. W miarę rozwoju polskiej energetyki jądrowej w trakcie realizacji projektu rządowego ATOM, wpisujemy się w trendy światowej polityki energetycznej przechodzącej na rozwiązania niskoemisyjne. Bezpieczne zarządzanie radionuklidami zagrażającym organizmom żywym staje się coraz ważniejsze. Jod-129 stanowi szczególne wyzwanie ze względu na swoją wysoką mobilność, długi czas połowicznego rozpadu i potencjalne zagrożenie dla ekosystemów oraz zdrowia publicznego. Skuteczne strategie unieruchamiania wymagają opracowania materiałów zdolnych do trwałego wbudowania jodu w strukturę krystaliczną i zachowania stabilności w warunkach wyższych ciśnień i temperatur przez tysiące lat.

Minerały z supergrupy apatytu, powszechnie występujące w przyrodzie i znane ze swojej trwałej struktury krystalicznej, mogą akomodować szeroki zakres pierwiastków chemicznych - ponad połowę układu okresowego. Ich strukturalna elastyczność, odporność na promieniowanie i trwałość chemiczna czynią je obiecującymi kandydatami do immobilizacji nie tylko jodu-129, ale także innych problematycznych radionuklidów, takich jak stront-90 czy chlor-36. Ostatnie badania wykazały, że wybrane analogi apatytów zawierające jod mogą być otrzymywane na drodze syntezy w niskiej temperaturze z roztworów wodnych. Jednak podgrupa apatytów jodowych pozostaje bardzo słabo zbadana. Niewiele wiadomo na temat ich długoterminowej stabilności, mechanizmów wbudowywania jodu oraz ich możliwych kombinacji składu chemicznego.

Celem projektu jest pogłębienie wiedzy na temat sposobów inkorporacji jodu w strukturę apatytów, stabilności tych materiałów w warunkach symulujących długoterminowe składowanie oraz ich odporności na zmiany chemiczne i działanie promieniowania. W przeciwieństwie do większości wcześniejszych badań, projekt ten łączy syntezę w warunkach niskotemperaturowych, zaawansowaną charakterystykę strukturalną oraz pomiary kalorymetryczne w celu zrozumienia wpływu podstawień jodu na podstawowe właściwości fizyko-chemiczne. Kluczowe cele to: synteza wybranych apatytów zawierających jod i ich roztworów stałych, określenie pozycji i wiązań jodu w sieci krystalicznej oraz ocena właściwości termodynamicznych i trwałości chemicznej tych materiałów.

Testowane będą trzy hipotezy naukowe:

1. Apatyty zawierające jod, otrzymywane w warunkach syntezy z roztworów wodnych, tworzą fazy analogiczne do dobrze znanych apatytów chlorowych i hydroksylowych, co sugeruje możliwość ich występowania jako stabilnych faz oraz istnienia roztworów stałych.
2. Badania strukturalne i termodynamiczne pozwolą stwierdzić jak obecność jodu wpływa na stabilność faz oraz zachowanie lotnego jodu w fazach stałych w różnych temperaturach.
3. Materiały te cechują się wysoką odpornością na zmiany chemiczne oraz niskimi współczynnikami wymywania w warunkach przewidywanych dla składowisk odpadów jądrowych, co czyni je lepszymi niż wiele obecnie stosowanych materiałów.

Badania będą realizowane we współpracy z międzynarodowymi partnerami z Austrii, Niemiec i Stanów Zjednoczonych, których wiedza specjalistyczna w zakresie właściwości termodynamicznych minerałów i materiałów stosowanych w gospodarce odpadami radioaktywnymi zapewni istotne wsparcie merytoryczne oraz dostęp do zaawansowanych technik analitycznych. Poprzez dostarczenie nowych danych dotyczących struktury i właściwości termodynamicznych apatytów jodowych, projekt przyczyni się do udoskonalenia modeli predykcyjnych opisujących zachowanie radionuklidów w formach odpadowych i barierach geologicznych. Uzyskane wyniki nie tylko pogłębią wiedzę naukową na temat zatrzymywania anionów w minerałach, ale także wesprą rozwój bezpieczniejszych i bardziej zrównoważonych strategii postępowania z odpadami jądrowymi. W obliczu wchodzenia Polski w erę energetyki jądrowej, krajowe środowisko naukowe powinno aktywnie włączyć się w rozwój bezpiecznych i trwałych metod zagospodarowania odpadów promieniotwórczych. Projekt ten podejmuje to wyzwanie, budując krajowe kompetencje i wspierając rozwiązania służące społeczeństwu oraz ochronie środowiska.