

Wymiana izotopowa tlenu i wodoru w strukturze smektytu w reakcji bentonit-woda zależności od temperatury

Bentonity to skały które powstały z popiołu wulkanicznego, który osiadał i ulegał kompaktacji pod ciężarem nadkładu przez tysiące lat. W tym czasie większość popiołu została zmieniona chemicznie w minerał ilasty, zwany smektytem. Strukturę smektytów tworzy jedna warstwa oktaedryczna znajduje się pomiędzy dwoma warstwami tetraedrycznymi. Tak ułożone warstwy tworzą powtarzające się pakiety minerału. W warunkach naturalnych różne kationy mogą zostać włączone w strukturę warstw minerału, tworząc odchylenia od idealnej struktury krystalochemicznej. Podstawienia te zachodzą w przewidywalny sposób, ponieważ są kontrolowane przez sposób w jakie poszczególne pierwiastki oddziałują ze sobą, oraz przez ich wymiary. W ten sposób powstają różne typy smektytów, różniące się pomiędzy sobą strukturą i chemiczną charakterystyką. Powtarzające się w przestrzeni pakiety smektytów oddzielone są od siebie przestrzenią międzypakietową. Jest ona dostępna dla kationów i cząsteczek wody, a w zależności od dostępności wody, może zwiększać, lub zmniejszać swoją wysokość. Cząsteczki wody składają się z dwóch pierwiastków: wodoru (H) oraz tlenu (O). Wodór w przyrodzie posiada dwa stabilne izotopy: prot (^1H) i deuter (^2H), podczas gdy tlen posiada ich trzy: ^{16}O , ^{17}O i ^{18}O . W przeciwieństwie do izotopów radioaktywnych, izotopy stabilne nie rozpadają się promieniotwórczo, co pozwala na ich zastosowanie w śledzeniu interakcji pomiędzy skałami, minerałami i płynami.

Zawartości izotopów O i H w smektytach umożliwiają odtworzenie interakcji pomiędzy bentonitami i wodą. Jest to możliwe, ponieważ O i H są zawarte zarówno w smektytach (grupy OH) oraz w wodzie. Dzięki temu pomiędzy smektytem oraz wodą może zachodzić wymiana izotopowa, skutkująca zmianą stosunku ^2H do ^1H w smektytach oraz w wodzie, zależąca od warunków reakcji. W przyrodzie intensywniejsza wymiana izotopowa zwykle zachodzi w wysokich temperaturach, a wymiana izotopów H jest szybsza niż wymiana izotopów O. Nie wiadomo, jak podstawienia pierwiastków w strukturach smektytów wpływają na stopień i tempo wymiany izotopowej. Zmiana sposobu, w jaki woda i poszczególne smektyty oddziałują na siebie po zwiększeniu temperatury może wskazywać, że smektyt, a więc i bentonit, utracił zdolność do pęcznienia lub zdolność ta została zmieniona. Przez to efektywność zastosowanego konkretnego bentonitu w podwyższonych temperaturach może być niższa, niż zakładana.

Zdolność do pęcznienia i pochłaniania cieczy stanowi podstawę szerokiego wykorzystywania bentonitów w życiu codziennym. Ich zastosowania rozciągają się od żwirku dla kotów i wyrobów farmaceutycznych po wysypiska śmieci i składowiska odpadów radioaktywnych, gdzie pełnią one rolę geotechnicznej bariery ochronnej. Obecnie odpady radioaktywne składowane są na powierzchni lub na niewielkiej głębokości, gdzie narażone są na działanie czynników środowiskowych i antropogenicznych. Bezpieczniejszą alternatywą jest ich deponowanie w Głębokich Repozytoriach Geologicznych (DGR), będących przedmiotem badań w wielu krajach. Koncepcja ta zakłada umieszczenie metalowych kanistrów z odpadami radioaktywnymi w składowisku położonym na głębokości około 500 metrów pod powierzchnią i pozostawienie ich tam na czas, po którym odpady ulegną naturalnemu rozpadowi do bezpiecznego poziomu, czyli przez ok. 1 mln lat. Bentonity stanowią istotną część tej koncepcji - mają stać się barierą chroniącą metalowe zbiorniki przed przedwczesną korozją, oraz przedostaniem się radionuklidów do wód gruntowych. Muszą być one zarazem odporne na temperaturę do 100°C , podtrzymywaną przez rozpad promieniotwórczy. Zrozumienie oddziaływań bentonitów z wodą w funkcji temperatury ma kluczowe znaczenie dla stwierdzenia ich zdolności zapewniania skutecznej ochrony DGR.

Głównym celem projektu jest prześledzenie wymiany izotopowej wodoru i tlenu pomiędzy strukturami smektytów pochodzących z różnych bentonitów i wodą, w funkcji wzrastającej temperatury, w celu zrozumienia przydatności stosowania bentonitów jako materiału buforowego w DGR. Zostaną do tego wykorzystane bentonity pochodzące z eksperymentu Alternative Buffer Material 2 i 5, prowadzonego przez Äspö Hard Rock Laboratory w Szwecji. Bentonity te przebywały przez 7 lat pod ziemią, poddane działaniu wody i podwyższonej temperatury.

Porównanie danych pochodzących z analiz próbek, wody i materiałów referencyjnych umożliwi prześledzenie wymiany izotopowej tlenu i wodoru w różnych temperaturach, jak również zbadanie, jak chemiczne i strukturalne różnice w smektytach wpływają na wymianę izotopową. Pomoże to zidentyfikować jakiegokolwiek zmiany właściwości bentonitów, w tym zdolności do pochłaniania i zatrzymywania zanieczyszczeń. Połączenie użycia najwyższej klasy sprzętu i metod naukowych (w tym niedawno opracowanych przez aplikantkę) pozwalających na wyznaczanie składów izotopowych O i H, pozwoli na otrzymanie wysokiej jakości danych.

Projekt odpowie na fundamentalne pytania dotyczące interakcji pomiędzy bentonitami i wodą. Dostarczy on też informacji dotyczących stabilności różnorodnych bentonitów, a co za tym idzie - możliwości ich bezpiecznego i długoterminowego wykorzystania do zabezpieczania składowisk odpadów radioaktywnych.