

Metodyka i zastosowanie badań zmienności stosunków lekkich izotopów trwałych w geologii

Mariusz O. Jędrysek*

W badaniach stosunków izotopów trwałych, w próbkach geologicznych najczęściej wykonywane są analizy wodoru D, węgla, tlenu i siarki. Możliwości analityczne dotyczą większości substancji, w tym węglanów, siarczanów, siarczków, siarki rodzimej, materii organicznej (np. torfu, białek), celulozy (np. ze słoików drzew), grafitu, kero-genu, składników grupowych ropy naftowej, ropopochodnych, gazów w atmosferze, wody, krzemianów, tlenków; gazów i roztworów (także substancji rozpuszczonych, inkluzji fluidalnych).

Analiza izotopowa charakteryzuje się wysoką precyzją. Substancja podlegająca analizie jest przeprowadzana do postaci czystego gazu (wodór, dwutlenek węgla, azot, dwutlenek siarki) w wyniku pracochłonnych i relatywnie drogich pod względem materiałowym procesów chemicznych, z których ostatnim etapem są preparatyki w warunkach próżniowych. Ilość próbki potrzebna do analizy jest rzędu mikromoli, tj. miligram do kilku gramów, w zależności od stężenia badanego pierwiastka (standardowa preparatyka) od nanomoli (np. analiza w mikroobszarze). Czynności te stanowią najtrudniejszy etap badań izotopowych i mogą trwać, w przypadku jednej próbki, od kilku godzin do kilkunastu dni. Analizę stosunków izotopowych spreparowanych gazów przeprowadza się, za pomocą spektrometru mas. Mierzone są, względem wzorców (międzynarodowych), stosunki prądów jonowych przynajmniej dwóch wiązek złożonych z cząsteczek o tej samej masie

atomowej (w dużym uproszczeniu są to wiązki monoizotopowe). Analiza taka trwa do ok. 5 min.

Badania stosunków izotopów trwałych pozwalają na charakterystykę genetyczną i dynamiczną substancji, środowiska, opis mechanizmów procesów powstawania substancji itd. Wykorzystywane jest zjawisko efektu izotopowego polegające m.in. na tym, że różne izotopy tego samego pierwiastka mają różną skłonność do reakcji chemicznych (w tym, ich prędkość reakcji chemicznej, migracji, przejść fazowych są inne). Prowadzi to do zróżnicowania stosunków izotopowych w środowisku. Wielkość i kierunek tego zróżnicowania zależy od intensywności i charakteru procesów w zachodzących w tym środowisku. Taka sama substancja, o tym samym składzie chemicznym, może być zidentyfikowana, bowiem będzie mogła mieć różny skład izotopowy w zależności od tego w jaki sposób i w jakich warunkach powstała, jakiego pochodzenia były substraty, jakie procesy i jakie zjawiska modyfikowały jej skład izotopowy. Ostatecznie, każde źródło substancji (naturalne czy sztuczne) ma swoją charakterystykę izotopową zależną od wielu najdrobniejszych nawet czynników.

Analizy izotopowe pozwalają więc odpowiedzieć bardzo precyzyjnie na pytania, np. o pochodzenie substancji, temperaturę (i inne parametry fizykochemiczne) jej powstania, warunki środowiskowe towarzyszące powstawaniu substancji, intensywność parowania i skraplania (wytrącania z roztworu), kierunki i dynamikę migracji, przyczyny wzrostu lub spadku stężenia substancji w środowisku, bilans mas (ile substancji pozostało, a ile uciekło z układu), rekonstrukcje paleośrodowiskowe, metabolizm organizmu, rodzaj i kierunek reakcji chemicznych (np. redukcja, utlenianie), typ fotosyntezy, charakter zjawisk chorobowych i infekcji bakteryjnych. Analiza izotopowa w

*Zakład Geologii Stosowanej, Uniwersytet Wrocławski, ul. Cybulskiego 30, 50-205 Wrocław; morion@ing.uni.wroc.pl

mikroobszarze pozwala wykryć niehomogeniczność składu izotopowego, związaną np. z wielofazowym narastaniem kryształu, rozpuszczaniem i strącaniem, rekrytalizacją, migracją wód itp.