

**Zbigniew Jan Czupyt**

Jest fizykiem. Pracuje w Laboratorium Analiz w Mikroobszarze na mikrosondzie jonowej SHRIMP IIe/MC. Wykonuje pomiary na urządzeniu, zmienia konfigurację instrumentu w zależności od wykonywanych badań, pracuje nad wdrażaniem nowych metod pomiarów, a także dba o instrument, wykonując niezbędne przeglądy i naprawy. [zbigniew.czupyt@pgi.gov.pl](mailto:zbigniew.czupyt@pgi.gov.pl)

# ODCZYTYWANIE CZASU

Pod koniec XX w. dzięki wykorzystaniu metod fizycznych ludzkość uzyskała możliwość wykonywania dokładnych pomiarów czasu minionego za pomocą niezwykle czułych urządzeń.

**Zbigniew Jan Czupyt**

Państwowy Instytut Geologiczny  
– Państwowy Instytut Badawczy w Warszawie

**G**eologia jest nauką, która m.in. zajmuje się historią Ziemi. Bezpośrednie pomiary wieku skał do połowy XX w. były niemożliwe. Czas powstawania skał, gór czy innych tworów był określany jedynie szacunkowo. Naukowcy posilkowali się względną skalą czasu opartą na kolejności pojawiania się w historii Ziemi charakterystycznych organizmów w postaci skamieniałości. Dokładny pomiar czasu geologicznego uzyskano po wynalezieniu czułych metod chemicznej analityki izotopowej, wykorzystujących zjawiska naturalnych przemian promieniotwórczych

do bezpośredniego pomiaru czasu geologicznego. Same analizy chemiczne także nie należały do najłatwiejszych. Wymagały dużo żmudnej preparatyki oraz wielu instrumentów i aparatów, dlatego trudne analizy chemiczne zostały zastąpione przez znacznie wygodniejsze i wydajniejsze metody fizyczne. Pozwalają one nie tylko na skrócenie czasu testów, lecz także wymagają mniej materiału do badań. Urządzenia analityczne najnowszej generacji kosztują miliony dolarów, a unikatowe egzemplarze funkcjonują tylko w kilkunastu najlepszych ośrodkach badawczych na świecie.

**Czułość**

Jednym z takich instrumentów jest czuła mikrosonda jonowa SHRIMP (Sensitive High Resolution Ion MicroProbe) IIe/MC, pracująca w Laboratorium Analiz w Mikroobszarze w Pracowni Mikrosondy Jonowej Państwowego Instytutu Geologicznego. SHRIMP jest

Czuła wysokorozdzielcza mikrosonda jonowa SHRIMP IIe/MC waży ponad 13 ton, a tor lotu jonów, od próbki do detektora, to ponad siedem metrów. Krzywizna wynika z zastosowania olbrzymich sektorów analizujących, sektora elektrostatycznego o promieniu 1272 mm (analizatora energii) i sektora magnetycznego o promieniu 1000 mm (analizatora pędu)



ZBIGNIEW JAN CZUPLYT

spektrometrem mas jonów wtórnych (SIMS – z ang. *secondary ion mass spectrometry*) z dwoma sektorami analizującymi. Najważniejszą cechą mikrosondy jono-wej SHRIMP jest jej niesamowita czułość przy bardzo wysokiej rozdzielczości. Pozwala ona na pomiar prawie punktowy. W polu o średnicy 20 mikronów bez niszczenia próbki analizuje precyzyjnie skład izotopowy, co pozwala na określenie wieku nawet poszczególnych stref niewidocznych gołym okiem w obrębie ziaren minerałów.

Pierwiastki promieniotwórcze występują powszechnie w skałach i minerałach. Rozpadając się w stałym, niezmiennym tempie (to tzw. czas połowicznego rozpadu), zmieniają się w inne pierwiastki. Najczęściej wykorzystywanym minerałem do badań geochronologicznych jest cyrkon. Zawiera w swojej strukturze krystalicznej atomy uranu i toru, a ołów jest silnie odrzucany. Oznacza to, że każdy atom tego pierwiastka znajdujący się w tym mineralu jest radiogeny i pochodzi z atomów uranu. Ponieważ znana jest dokładna szybkość, z jaką uran rozpada się na ołów, aktualny stosunek ołowiu do uranu w próbce minerału można wykorzystać do wiarygodnego określenia jego wieku. SHRIMP do pomiaru czasu geologicznego używa właśnie takich przemian, wykorzystując izotopy uranu, które zmieniają się w izotopy ołowiu oraz w tor, który także zamienia się w izotop ołowiu. Porównując proporcje składnika macierzystego, którym jest uran, do potomnego, czyli ołowiu, z okresem półtrwania 4,47 mld lat, można określić wiek bezwzględny badanej próbki.

Metoda ta jest jedną z najlepszych do określania wieku skał i minerałów, ale pomiar proporcji pierwiastków musi być bardzo dokładny, ponieważ ilości izotopów są śladowe i różnią się od siebie niewyobrażalnie małymi wartościami masy. SHRIMP umożliwia oznaczanie różnorodnych wskaźników izotopowych. Mikrosonda SHRIMP jest spektrometrem mas, więc jej działanie jest określone przez dobrze znane zasady spektrometrii mas. Jednak użycie przyrządu można zmienić za pomocą różnych konfiguracji, takich jak zmiana polaryzacji i źródeł, by zmaksymalizować czułość.

## Wszechstronność

Mikrosonda jonowa jest narzędziem służącym nie tylko do pomiaru czasu geologicznego. W zależności od konfiguracji instrumentu mogą być analizowane jony pierwiastków od litu do ameryku, czyli o masach od 6,94 do 248. Jej niesamowita rozdzielczość i czułość pozwalają na analizę zawartości izotopów siarki, węgla czy tlenu w próbkach stałych. Stabilne izotopy siarki, tlenu i węgla mają zastosowania w geologii, biologii, archeologii, paleoklimatologii i w badaniach geosrodowiska. Mikrosonda może wskazać, gdzie szukać nowych złóż, zmniejszając ryzyko inwestycyjne w przemyśle surowcowym.

Izotopy tlenu są powszechnie badane, by znaleźć odpowiedź na to, jak kiedyś wyglądał klimat. Proporcje między ciężkim i lekkim izotopem tlenu są podstawowym wskaźnikiem temperatur sprzed milionów lat. Dzięki mikrosondzie można lepiej oszacować zmiany temperatury w dziejach Ziemi i określić wiele innych parametrów paleoklimatu, w tym zawartość dwutlenku węgla w atmosferze. Przybliżyła to naukowców do zrozumienia prawidłowości rządzących współczesnym klimatem.

Stabilne izotopy są również wykorzystywane w badaniach pozaziemskich materiałów, w tym meteorytów. Mikrosondy jonowe stosowano do analizowania materii kosmicznej, skał księżycowych, próbek z Marsa. Bada się nimi przebieg procesów w inżynierii materiałowej. Służą do analizy paliwa nuklearnego

Niesamowita rozdzielczość i czułość mikrosondy jonowej pozwalają na analizę zawartości izotopów siarki, węgla czy tlenu w próbkach stałych.

i skażeń geochemicznych. Wciąż pojawiają się nowe zastosowania. Australijska służba geologiczna (Geoscience Australia) prowadzi badania nad użyciem takiego instrumentu do badań dopingiu. Mierząc izotopy tlenu we krwi, można określić, czy dany sportowiec nie przetoczył sobie krwi w trakcie zawodów.

Wszechstronność analityczna i uniwersalność mikrosondy jonowej SHRIMP IIe/MC sprawia, że może być stosowana z powodzeniem do rozwiązywania problemów naukowo-badawczych w wielu dziedzinach nauk ścisłych i inżynieryjnych, od geologii, nauk o Ziemi i zasobach naturalnych po kosmochemię, paleontologię, biologię, archeologię, ochronę środowiska i energetykę jądrową, inżynierię materiałową w ramach przemysłu półprzewodnikowego. Wyniki prac badawczych dostarczają nowego spojrzenia na skalę czasu na Ziemi i w przestrzeni kosmicznej, na genezę wielu złóż, rozwijają skuteczne metody oceny perspektywiczności potencjalnych złóż surowców naturalnych, zmieniają utarte opinie o warunkach paleosrodowiska i paleoklimatu.

Mikrosondę jonową pracującą w PIG wyprodukowała australijska firma Australian Scientific Instruments, współpracująca z Australian National University w Canberze. Zakup był możliwy dzięki dotacji Ministerstwa Nauki i Szkolnictwa Wyższego.