

# Rozwiązywanie złożonych problemów, dzięki analizie stosunków izotopowych

Laboratoria ALS są jednymi z niewielu na świecie, które oferują komercyjne usługi badania stosunków izotopowych nie tylko dla układów radiogenicznych (Sr, Nd, Pu, U) i lekkich stabilnych izotopów (Li, B, Si), ale także dla ciężkich stabilnych pierwiastków, takich jak Ag, Ca, Cd, Cu, Fe, Mg, Mo, Si i Zn.

Wszystkie analizy stosunków izotopowych mogą być wykorzystane jako "odcisk palca" w celu dostarczenia informacji na temat pochodzenia, wieku geologicznego, dzięki czemu mogą być potencjalnie wykorzystane do śledzenia źródeł zanieczyszczenia i narażenia.



Rys.1: Zdjęcie poglądowe

## Wprowadzenie do analizy stosunków izotopowych

Na skład izotopowy pierwiastka może wpływać wiele czynników, m.in. jego źródło, ekspozycja na warunki atmosferyczne, procesy biologiczne i biochemiczne lub wiek geologiczny materiału, co może dostarczać cennych informacji charakterystycznych i diagnostycznych. Analiza stosunków izotopowych służy do dokładnego pomiaru bardzo małych różnic stosunków izotopowych pierwiastka i jest potężnym narzędziem dla wielu dyscyplin, takich jak geologia, geochronologia, geochemia, nauki sądowe, żywienie człowieka, badania zdrowotne i archeologia. Większość ludzi zna datowanie radiowęglowe - być może najbardziej znane zastosowanie analizy stosunków izotopowych - gdzie stosunek radioaktywnych izotopów węgla-14 do węgla-12 może dokładnie określić wiek materiałów organicznych do około 60 000 lat. Spektrometria masowa stosunków izotopowych (IRMS) jest szeroko stosowana do pomiaru stosunków stabilnych izotopów najpopularniejszych lekkich pierwiastków, w tym C, N, S, O i H. Pomiar stosunku stabilnych izotopów cięższych pierwiastków jest zwykle trudniejszy, wymaga specjalistycznej aparatury i zazwyczaj do jego oznaczenia potrzebne jest wstępne zateżenie, ponieważ stężenia ciężkich pierwiastków są bardzo niskie w większości typów próbek. Niektóre z najczęstszych testów stosunków izotopowych i zastosowań dla ciężkich pierwiastków przedstawiono w Tabeli 1.

Bardziej obszerny przegląd pierwiastków ciężkich i innych nietradycyjnych zastosowań stabilnych izotopów w wodach gruntowych można znaleźć w dokumencie dołączonym w referencjach.

Układ izotopowy	Zmierzone izotopy	Typowe zastosowania stosunku izotopów
Bor	$^{10,11}\text{B}$	Kontrola wzbogacania w przemyśle energetyki jądrowej, śledzenie źródeł zanieczyszczeń
Ołów	$^{204,206,207,208}\text{Pb}$	Śledzenie źródeł zanieczyszczeń i narażenia, geologia, geochronologia, badania proveniencji, kryminalistyka, archeologia
Neodym	$^{143,144}\text{Nd}$	Geologia, geochronologia, badania proveniencyjne
Selen	$^{77,78,82}\text{Se}$	Wykrywanie i monitorowanie osłabienia selenu po wydobyciu w miejscach wydobycia
Stront	$^{86,87}\text{Sr}$	Geologia, geochronologia, badania proveniencyjne, kryminalistyka
Uran	$^{234,235,238}\text{U}$	Kontrola wzbogacania w przemyśle energetyki jądrowej, śledzenie źródeł zanieczyszczeń i narażenia

Tabela 1: Niestandardowe zastosowania stosunków izotopowych

## Możliwości ALS w zakresie analizy stosunków izotopowych

Eksperti ALS mają ponad 30-letnie doświadczenie w badaniach i testach komercyjnych w zakresie analizy stosunków stabilnych izotopów przy użyciu zarówno ICP-MS o wysokiej rozdzielczości (ICP-SFMS), jak i Multi-Collector ICP-MS (MC-ICP-MS). Nasz zespół ekspertów wniósł znaczący wkład w dziedzinę analizy stosunków izotopowych, publikując 170 recenzowanych publikacji. Laboratoria ALS oferują analizy stosunków izotopowych dla ponad 20 stabilnych i radiogenicznych systemów izotopowych w różnych matrycach próbek z wysoką precyzją, nawet w przypadku bardzo niskich stężeń izotopów w badanych próbkach.

Większość testów stosunków izotopowych wymaga wysokiej precyzji, ponieważ różnice obserwowane w stosunkach izotopowych dla większości pierwiastków są niewielkie. MC-ICP-MS jest używany do najbardziej wymagających pomiarów stosunków izotopowych, gdzie niezbędna jest wysoka precyzja. Na przykład datowanie wieku skał i meteorytów przy użyciu stosunków izotopowych samaru i neodymu wymaga precyzji co najmniej 0,002%, co można osiągnąć tylko za pomocą MC-ICP-MS.

Niepewności w przypadku ICP-SFMS są wyższe i wynoszą około 0,05-1% (w zależności od testu), ale są wystarczające do niektórych zastosowań. Wyniki testów dla stosunków izotopowych są zwykle podawane jako wartości delta ( $\delta$ ) w jednostkach części na tysiąc (‰), które odnoszą się do międzynarodowych standardów referencyjnych dla każdego systemu izotopowego.

## Wymagania i opcje testowania stosunków izotopowych

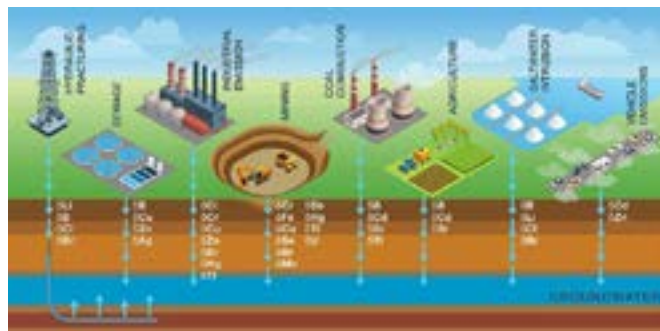
Testy stosunków izotopowych są dostępne dla szerokiej gamy matryc, w tym (ale nie tylko) wód naturalnych i przemysłowych, ścieków, gleb, osadów, aerozoli, roślinności, fauny i flory, produktów spożywczych, próbek klinicznych, obiektów archeologicznych, metali i stopów.

Testy stosunków izotopowych i wymagania aplikacyjne są złożone. Wszyscy zainteresowani eksperci z ALS mogą omówić wymagania z naszymi klientami, w celu określenia najbardziej odpowiednich opcji, które mogą wymagać niestandardowych technik przygotowania próbek, takich jak usuwanie matrycy, wstępne stężenie analitu i oczyszczanie (wyjątek: analizy IRMS). Nasi chemicy mogą doradzić w zakresie ilości próbek i technik przygotowania materiału dla różnych matryc, aby spełnić minimalne lub zalecane ilości wymagane dla naszych metod testowych (jak pokazano w tabeli 2).

ALS oferuje najszybsze testy dostępne w dowolnym miejscu do analizy stosunków izotopowych ciężkich pierwiastków, z standardowym czasem realizacji wynoszącym 6-10 dni roboczych (po otrzymaniu próbek w laboratorium), a także możliwość szybkiej analizy niektórych testów - znacznie szybciej, niż większość laboratoriów trudniących się analizami stosunków izotopowych.

## Referencje:

[Elemental stable isotope assessment of groundwater contamination: Recent developments, Iliia Rodushkin, Emma Engström, Simon Pontér, and Maddalena Pennisi, Current Opinion in Environmental Science & Health 2022, 26:100330.](#)



Rys. 2: Nietypowe zastosowania współczynnika stabilnych izotopów dla wód gruntowych. [Current Opinion in Environmental Science & Health 2022, 26:100330]

Tabela 2: Opcje testu stosunków izotopowych ALS i wymagane ilości próbek

Układ izotopowy	Zmierzone izotopy	ICP-SFMS		MC-ICP-MS
		Minimalna ilość (ng)	Maksymalna ilość (ng)	Zalecana ilość (µg)
Bor	B 10, 11	100	1000	10
Wapń	Ca 42, 43, 44		2500	25
Kadm	Cd 110, 112, 113, 114		250	2.5
Chrom	Cr 52, 53		5000	50
Miedź	Cu 63, 65		2500	25
Żelazo	Fe 54, 56, 57		5000	50
Ołów	Pb 204, 206, 207, 208	0.5	250	2.5
Lit	Li 6, 7	50	500	5
Magnez	Mg 24, 25, 26		2500	25
Rtęć	Hg 199, 200, 201,		100	1
Molibden	Mo 92, 94, 95, 96, 97, 98		250	2.5
Neodym	Nd 146, 148, 202		250	2.5
Nikiel	Ni 60, 62		7500	75
Osm	Os 187, 188, 189, 190, 192	0.0005	50	0.5
Pluton	Pu 239, 240, (242)	0.00025		
Rad	Ra 226, (228), 202	0.00005		
Ren	Re 185, 187		250	2.5
Selen	Se 77, 78, 82		5000	50
Krzem	Si 185, 187		250	2.5
Stront	Sr 86, 87, (88)	250	1000	10
Tal	Tl 203, 205		100	1
Tor	Th 230, 232	50	200	
Uran	U 234, 235, 236,	0.05	100	1
Cynk	Zn 64, 66, 68		5000	50

KLIKNIJ W KOD



Poznaj pozostałe:  
**ALS EnviroMails**

Zapytaj  
**Ekspertów ALS**