

Analýza izotopového pomeru rieši zložité problémy

Laboratóriá ALS ako jedny z mála na svete ponúkajú komerčné služby testovania pomeru izotopov nielen pre rádiogénne systémy (Sr, Nd, Pu, U) a ľahké stabilné izotopy (Li, B, Si), ale aj pre ťažké stabilné prvky, ako sú Ag, Ca, Cd, Cu, Fe, Mg, Mo, Si a Zn. Všetky tieto testy pomeru izotopov môžu slúžiť ako „odtlačok prsta“, ktorý poskytuje informácie o pôvode alebo geologickom veku, a potenciálne ich možno využiť na sledovanie zdrojov znečistenia a expozície.



Obrázok 1: Ilustračný obrázok

Úvod do analýzy izotopového pomeru

Izotopové zloženie prvku môže byť ovplyvnené faktormi ako je jeho zdroj, vystavenie zvetrávaniu, biologické a biochemické procesy alebo geologický vek materiálu a môže poskytnúť cenné charakteristické a diagnostické informácie.

Analýza izotopových pomerov sa používa na presné meranie veľmi malých rozdielov v pomeroch rôznych izotopov prvkov a je mocným nástrojom v mnohých odboroch, ako sú geológia, geochronológia, geochemia, forenzná veda, ľudská výživa, zdravotníctvo a archeológia. Väčšina ľudí pozná rádiouhlíkové datovanie, pravdepodobne najznámejšie využitie analýzy pomeru izotopov pri ktorom pomer rádioaktívnych izotopov uhlíka-14 a uhlíka-12 dokáže presne určiť vek organických materiálov až do obdobia približne 60 000 rokov. Hmotnostná spektrometria izotopových pomerov (IRMS) sa používa na meranie pomerov stabilných izotopov najbežnejších ľahkých prvkov, vrátane C, N, S, O a H. Meranie pomerov stabilných izotopov ťažších prvkov býva náročnejšie, vyžaduje špecializované prístroje a zvyčajne vyžaduje predkoncentráciu, pretože koncentrácie ťažkých prvkov sú vo väčšine typov vzoriek veľmi nízke. Niektoré z najbežnejších testov a aplikácií pomeru izotopov ťažkých prvkov sú uvedené v tabuľke 1. Rozsiahlejší prehľad ťažkých prvkov a ďalších netradičných aplikácií stabilných izotopov pre podzemné vody možno nájsť v článku Elemental stable isotope assessment of groundwater contamination:

Tabuľka 1. Bežné netradičné aplikácie izotopového pomeru

Izotopový systém	Merané izotopy	Bežné aplikácie izotopového pomeru
Bór	$^{10,11}\text{B}$	Kontrola obohacovania v jadrovej energetike, sledovanie zdrojov znečistenia
Olovo	$^{204,206,207,208}\text{Pb}$	Sledovanie zdrojov znečistenia a expozície, geológia, geochronológia, štúdium pôvodu, forenzná veda, archeológia
Neodym	$^{143,144}\text{Nd}$	Geológia, geochronológia, štúdium proveniencie
Selen	$^{77,78,82}\text{Se}$	Zisťovanie a monitorovanie útlmu selénu po ťažbe v ťažobných lokalitách
Stroncium	$^{86,87}\text{Sr}$	Geológia, geochronológia, štúdium pôvodu, forenzná veda
Urán	$^{234,235,238}\text{U}$	Kontrola obohacovania v jadrovej energetike, sledovanie zdrojov znečistenia a expozície
Ostatné ťažké kovy	Stabilné izotopy Ag, Ca, Cd, Cu, Fe, Mg, Mo, Si, Zn	Geológia, sledovanie zdrojov znečistenia a expozície

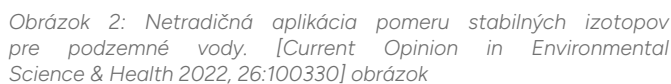
Možnosti ALS na analýzu izotopového pomeru

Odborníci spoločnosti ALS majú viac ako 30 rokov skúseností s výskumom a komerčnými testami na analýzu pomeru stabilných izotopov pomocou prístrojov ICP-MS s vysokým rozlíšením (ICP-SFMS) a ICP-MS s viacerými kolektormi (MC-ICP-MS). Náš tím odborníkov významne prispel do oblasti analýzy izotopových pomerov 170 recenzovanými publikáciami.

Väčšina testov izotopových pomerov vyžaduje vysokú presnosť, pretože rozdiely pozorované v izotopových pomeroch väčšiny prvkov sú malé. MC-ICP-MS sa používa pre najnáročnejšie meranie izotopových pomerov, kde je vyžadovaná čo najvyššia presnosť. Napríklad datovanie veku hornín a meteoritov pomocou izotopových pomerov samária a neodýmu si vyžaduje presnosť najmenej 0,002 %, ktorú je možné dosiahnuť len pomocou MC-ICP-MS. Neistoty u ICP-SFMS sú vyššie a pohybujú sa v rozmedzí približne 0,05-1 % (v závislosti od testu), ale pre niektoré aplikácie sú dostatočné. Výsledky skúšok izotopových pomerov sa obvykle uvádzajú ako hodnoty delta (δ) v jednotkách tisícín (‰), ktoré sa vzťahujú k medzinárodne prijatým referenčným štandardom pre každý izotopový systém.

Testy pomeru izotopov sú k dispozícii pre širokú škálu matric, vrátane prírodných a technologických vôd, odpadových vôd, pôd, sedimentov, aerosólov, vegetácie, bioty, potravín, klinických vzoriek, archeologických objektov, kovov a zliatin.

Spoločnosť ALS ponúka najrýchlejšie dostupné testovanie na analýzu izotopového pomeru ťažkých prvkov s bežnou dobou spracovania 6–10 pracovných dní (od prijatia vzoriek do laboratória) a pri niektorých testoch je možná aj urgentná analýza - veľa rýchlejšie ako vo väčšine univerzitných laboratórií pre analýzu izotopového pomeru.



Izotopový systém		Merané izotopy	ICP-SFMS	MC-ICP-MS	
			Minimum absolútne množstvo (ng celkom)	Minimálne absolútne množstvo (ng celkom)	Doporučená hodnota Absolútne častka (µg celkom)
Bór	B	10, 11	100	1000	10
Vápnik	Ca	42, 43, 44		2500	25
Kadmium	Cd	110, 112, 113, 114		250	2.5
Chróom	Cr	52, 53		5000	50
Meď	Cu	63, 65		2500	25
Železo	Fe	54, 56, 57		5000	50
Olovo	Pb	204, 206, 207, 208	0.5	250	2.5
Lithium	Li	6, 7	50	500	5
Horčík	Mg	24, 25, 26		2500	25
Ortuť	Hg	199, 200, 201, 202		100	1
Molybdén	Mo	92, 94, 95, 96, 97, 98		250	2.5
Neodym	Nd	146, 148202		250	2.5
Nikel	Ni	60, 62		7500	75
Osmium	Os	187, 188, 189, 190, 192	0.0005	50	0.5
Plutónium	Pu	239, 240, (242)	0.00025		
Rádium	Ra	226, (228)202	0.00005		
Rhenium	Re	185, 187		250	2.5
Selén	Se	77, 78, 82		5000	50
Kremík	Si	185, 187		250	2.5
Stroncium	Sr	86, 87, (88)	250	1000	10
Tállium	Tl	203, 205		100	1
Thorium	Th	230, 232	50	200	
Urán	U	234, 235, 236,	0.05	100	1
Zinok	Zn	64, 66, 68		5000	50

Hodnotenie kontaminácie podzemných vôd pomocou stabilných izotopov prvkov: Recent developments, Ilia Rodushkin, Emma Engström, Simon Pontér, and Maddalena Pennisi, *Current Opinion in Environmental Science & Health* 2022, 26:100330.

