

Měření ^{90}Sr , ^{90}Y a ^{89}Sr kapalinovou scintilační spektrometrií

I. Světlík ¹⁾, A. Belanová ²⁾, L. Tomášková ¹⁾, N. Megisová ¹⁾

¹⁾ ODZ ÚJF AV ČR, v.v.i., Na Truhlářce 39/64, 180 86 Praha 8, svetlik@ujf.cas.cz

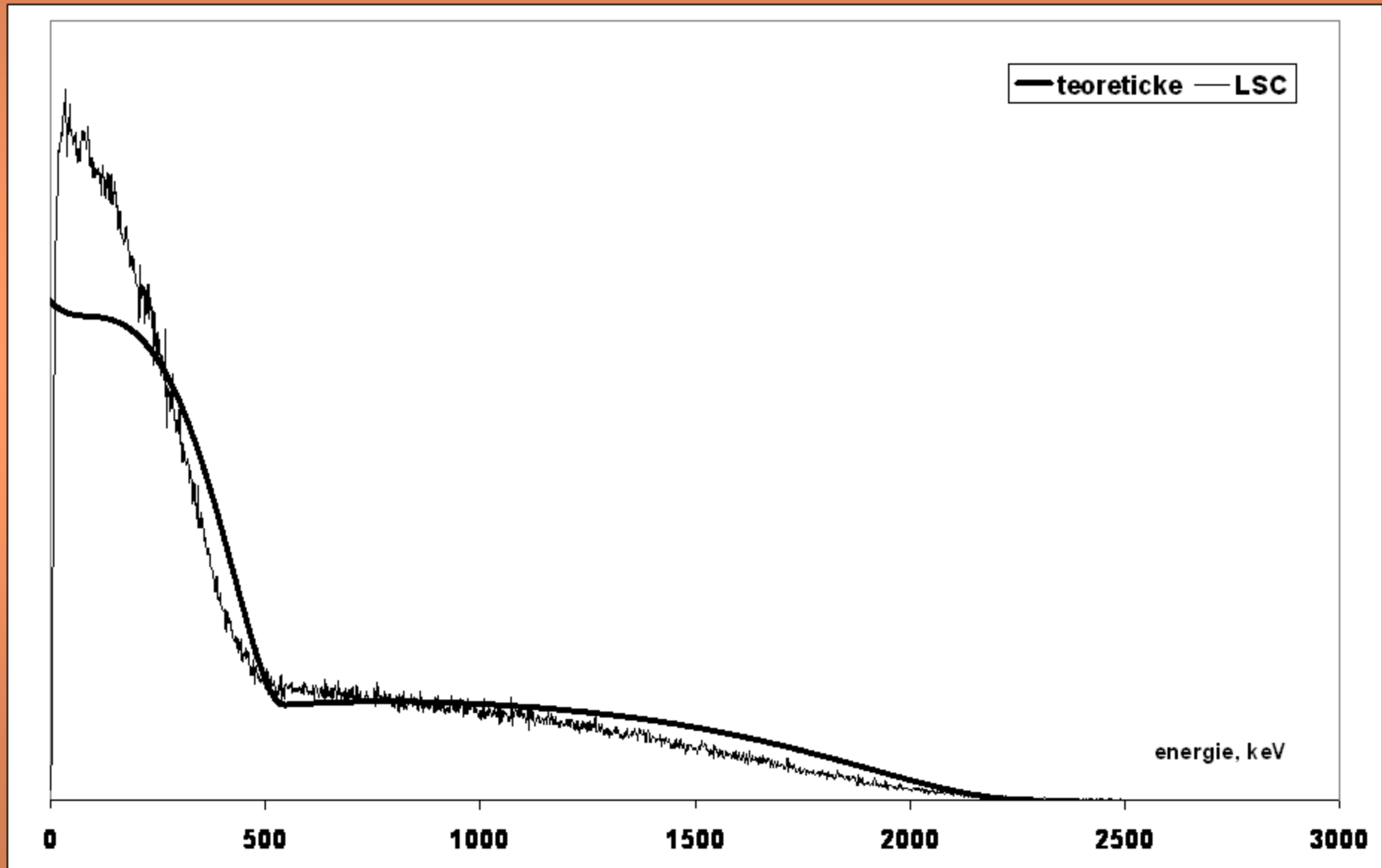
²⁾ VÚVH, Nábřežie arm. gen. L. Svobodu 5, 812 49 Bratislava

Kapalinová scintilační spektrometrie

- Umožňuje poměrně snadné měření aktivit beta zářičů.
- Proměřovaný radionuklid musí být rovnoměrně distribuován ve scintilační směsi (zpravidla tvořené komerčním scintilačním koktejlem a měřeným radionuklidem ve vodném roztoku či v dispergované sraženině).
- Energetická spektra emitovaných elektronů beta záření jsou spojitá a lze je charakterizovat maximální energií.
- U radionuklidů, které se běžně vyskytují v přírodě, se maximální energie beta emisí pohybují od jednotek keV (^3H , ^{55}Fe) až do dolních jednotek MeV. ^{90}Y , dceřinný radionuklid od ^{90}Sr má E_{max} 2284 keV, což je nejvyšší maximální energie u těchto radionuklidů.
- Radionuklidy s ještě vyššími maximálními energiemi se vyznačují poměrně krátkými poločasy a proto dochází k téměř kvantitativnímu vymření záhy po jejich produkci.

⇒ Čím vyšší energii v kapalinově-scintilačním spektru sledujeme, tím je nižší pravděpodobnost rušení přítomností dalších radionuklidů.

Porovnání teoretického a kapalinově scintilačního spektra ^{90}Sr s rovnovážným ^{90}Y



Nestabilita scintilační směsi



Skleněná měřicí kyveta o objemu 20 mL. Na snímku je patrný rozpad scintilační směsi na dvě nemísitelné složky. Nehomogenní obsah kyvety se projevuje deformací výsledných spekter a může způsobovat i značné podhodnocení výsledků.

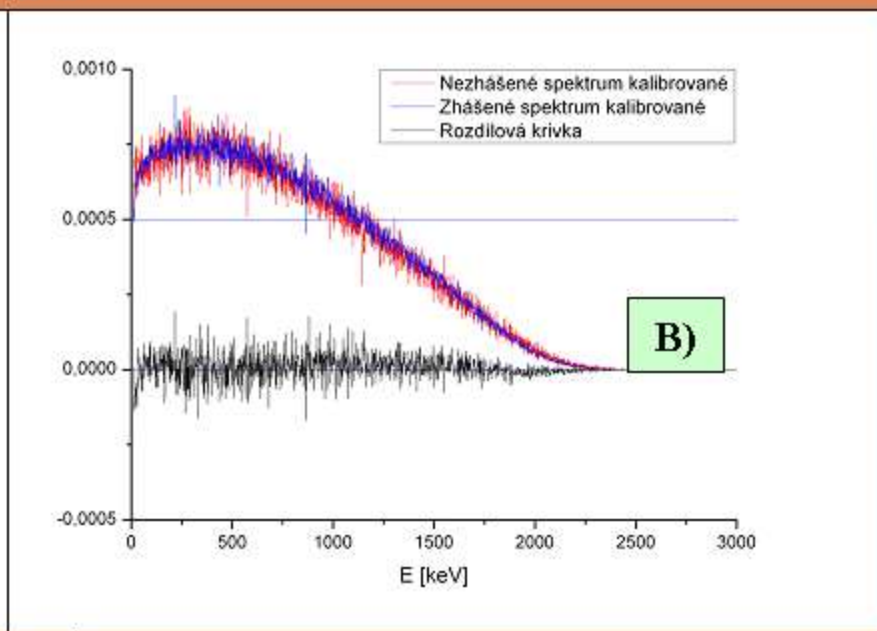
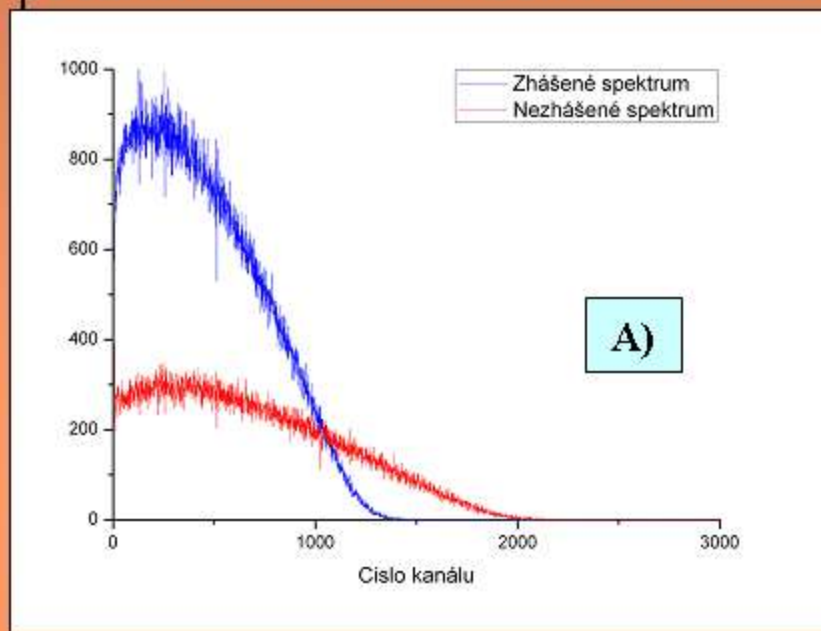
Je proto zapotřebí ověřit dostatečnou stabilitu scintilační směsi po dobu nejméně několika dnů. Pokud dochází k rozpadu, je zpravidla zapotřebí snížit obsah vodného roztoku ve směsi.

Kapalinové scintilační spektrometry - vlastnosti

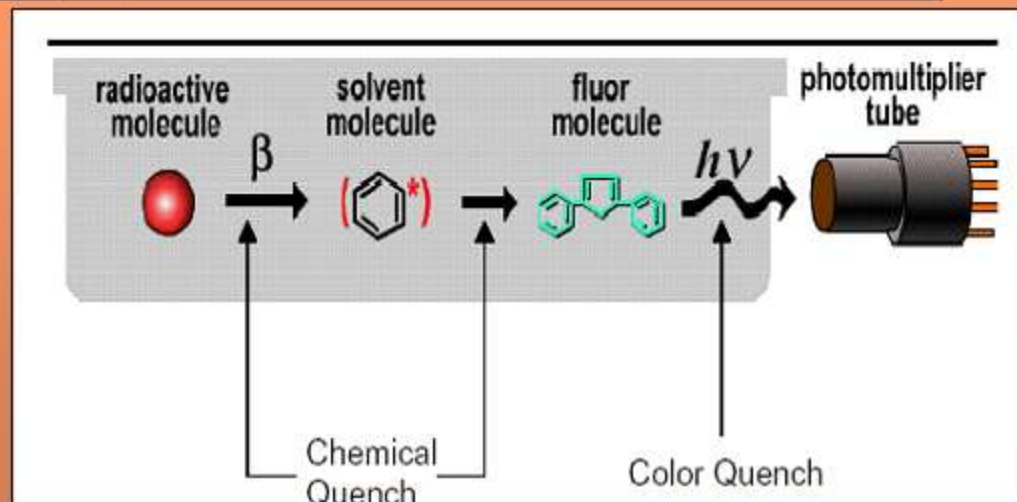
- pozad'ová spektra (stínění pasivní, antikoincidenční, analýza impulsů);
- měřená spektra - tvar lineární a logaritmický;
- stanovení zhášecího parametru - externí standard;
- korekce - chemiluminiscence, poločasy přeměny, změny zhášecího parametru (AEC);
- rozlišení alfa – beta.

Efekt zhášení

V reálných kapalinově scintilačních impulsových spektrech se zhášení projevuje posunem směrem k nižším číslům kanálů.



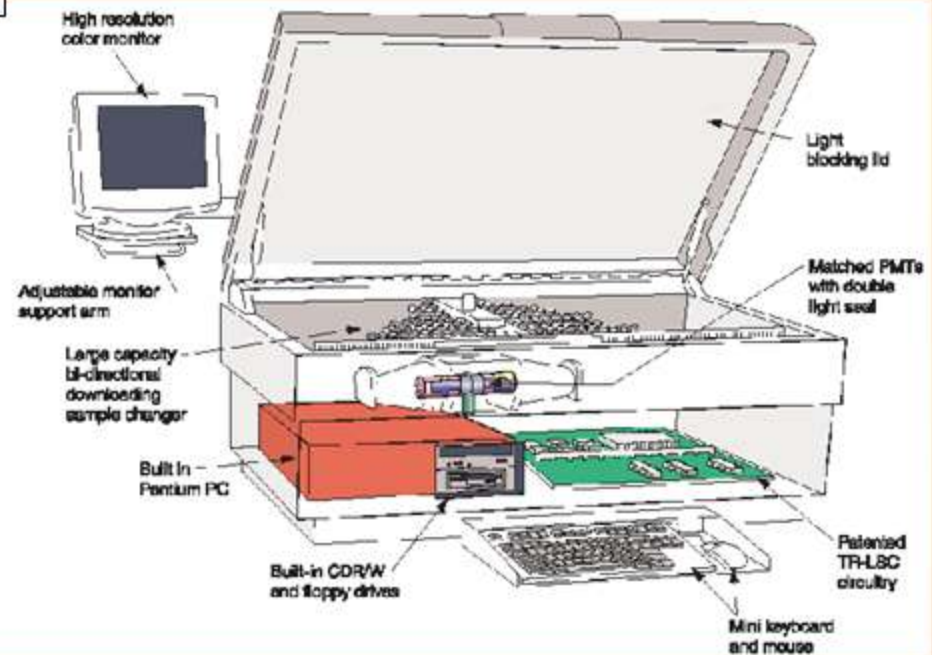
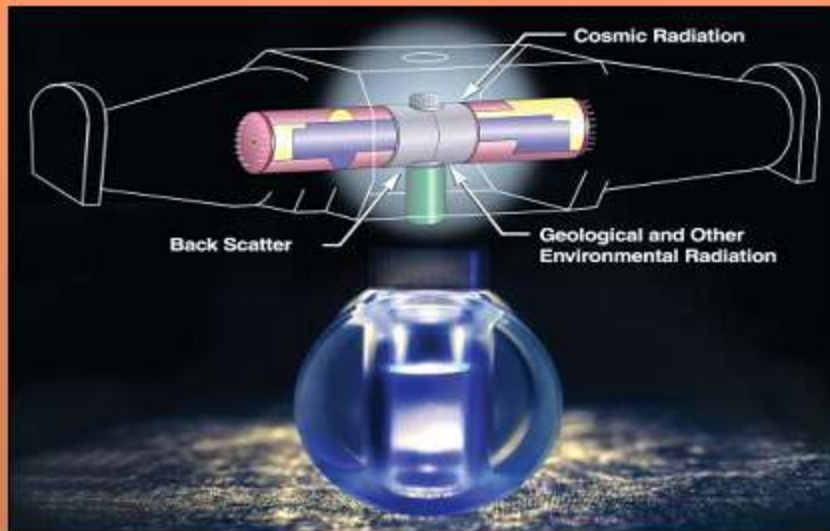
Zhášené a nezhášené impulsové spektrum ^{36}Cl (A), po energetické kalibraci (B), měřeno na přístroji Tri-Carb 3170.



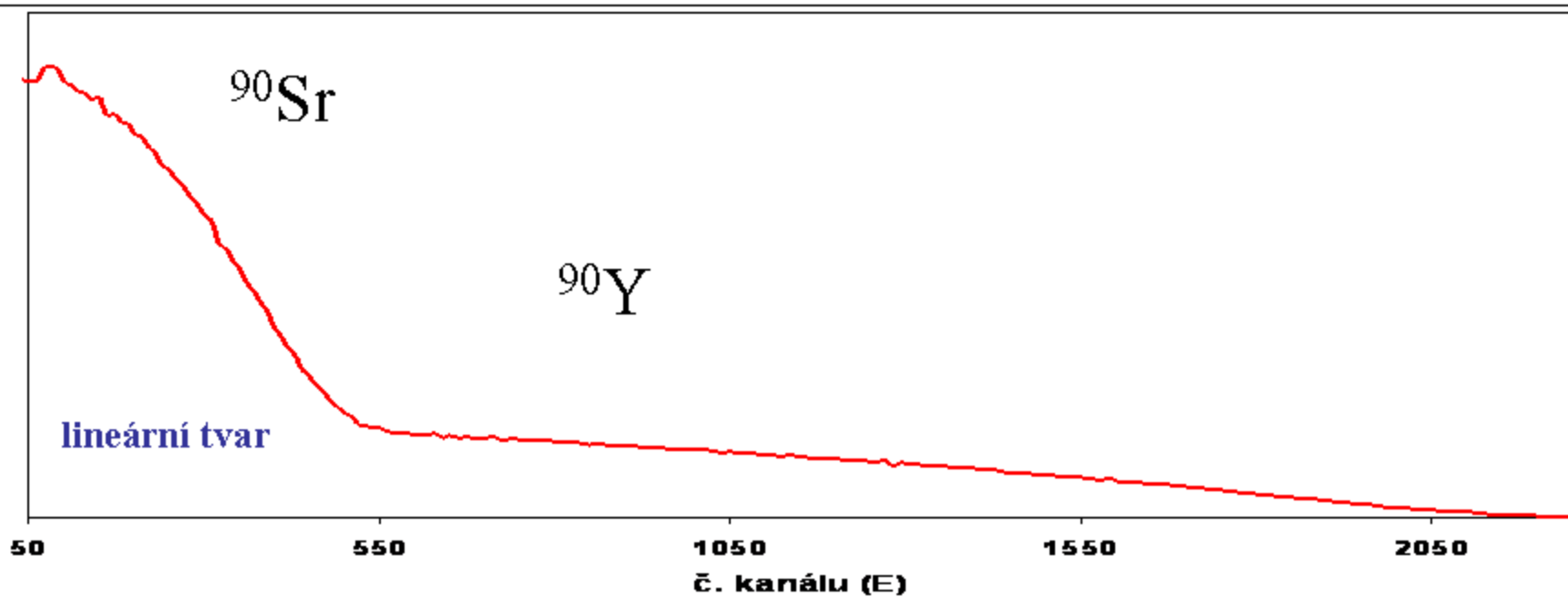
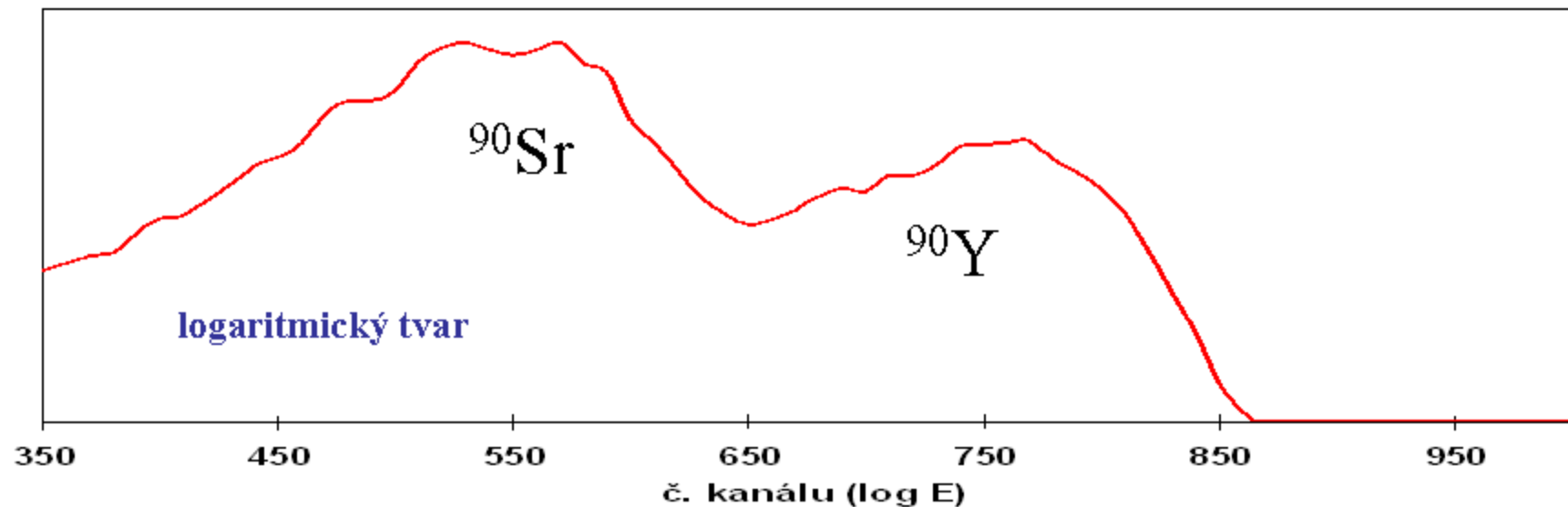
Přístroje řady TriCarb



- Lineární kanálové spektrum (vhodné pro analýzu komplikovanějších spekter s možnou indikací přítomnosti rušivých radionuklidů).
- Scintilační sklo na bázi BGO je použito jako antikoincidenční stínění.



Spektrum ^{90}Sr spolu s rovnovážným ^{90}Y



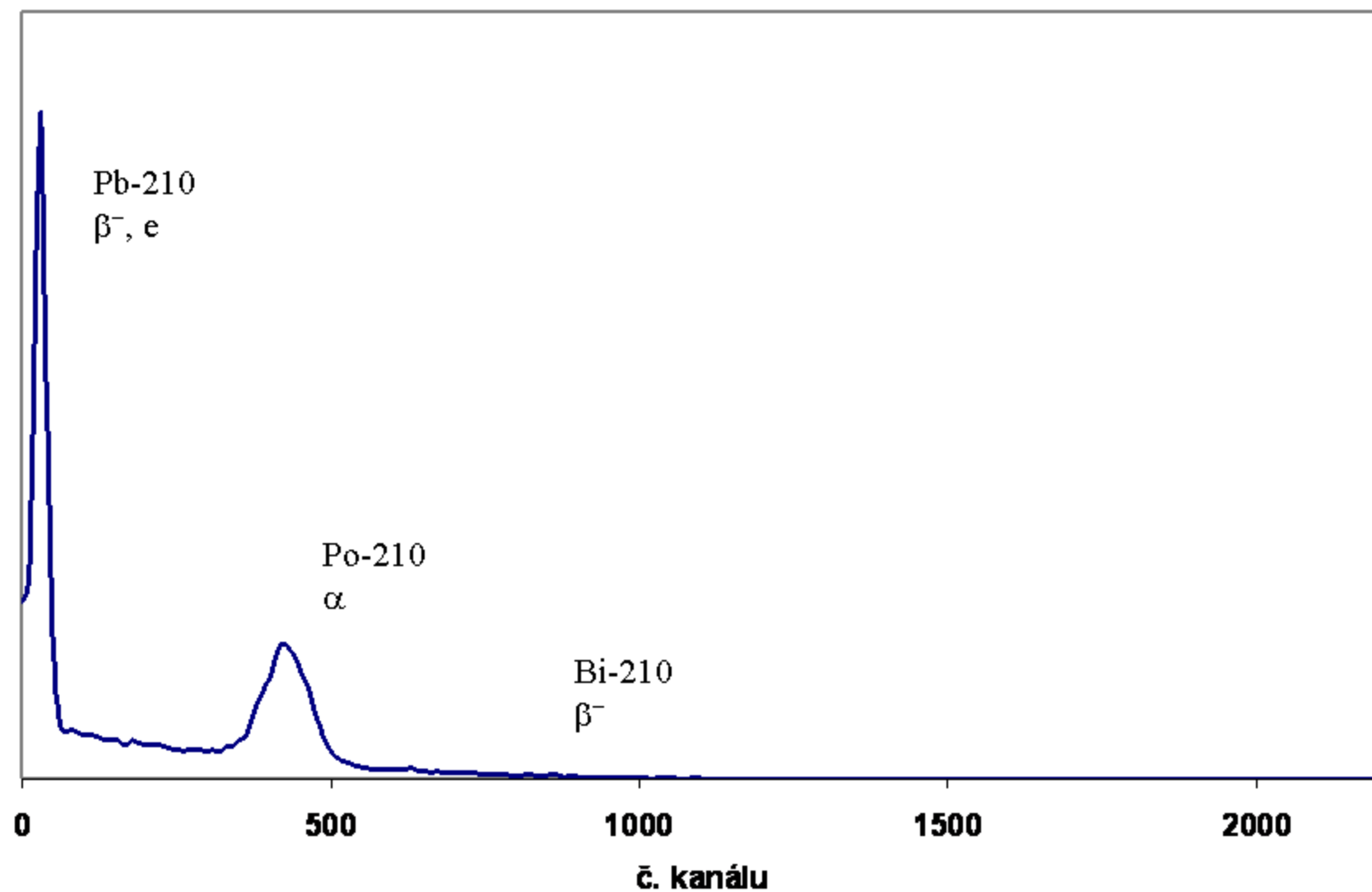
Měření ^{90}Sr a ^{89}Sr - I

Určení odpovídajících charakteristických energií:

- ^{90}Sr ($E_{\text{max}} = 546 \text{ keV}$) s dceřinným ^{90}Y ($E_{\text{max}} = 2284 \text{ keV}$);
- ^{89}Sr ($E_{\text{max}} = 1491 \text{ keV}$);
- vzhledem k chemickému zpracování vzorku možná přítomnost ^{210}Pb s dceřinným ^{210}Bi ($E_{\text{max}} = 1161 \text{ keV}$);
- teoreticky je možná přítomnost dalších rušivých radionuklidů, včetně členů přírodních přeměnových řad, zejména ^{228}Ac , E_{max} (keV): 2079 (Y 8%); 1741 (Y 12%); 1168 (Y 32%).

odhad pravděpodobného intervalu zhášení

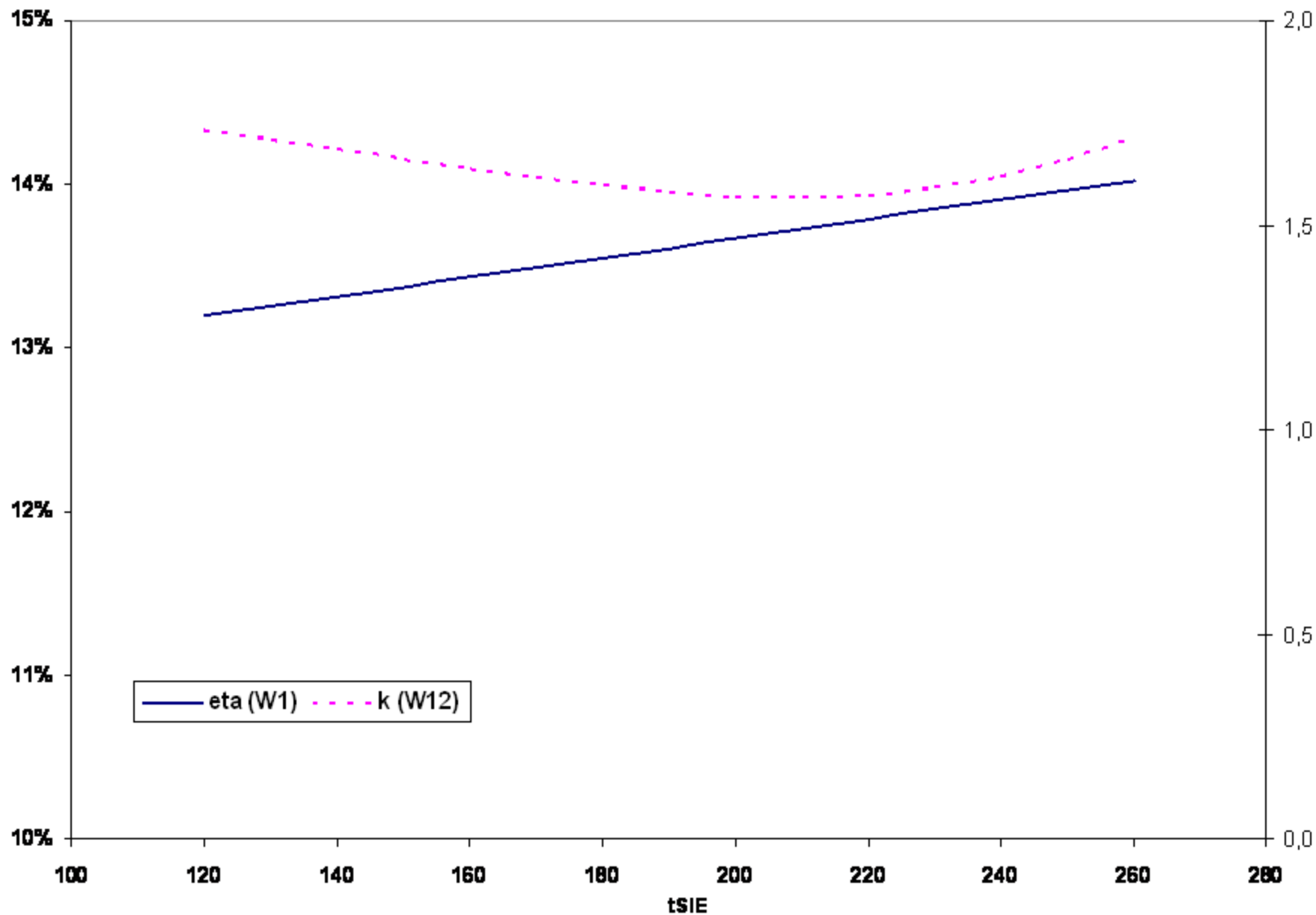
^{210}Pb s dceřinnými radionuklidy, lineární spektrum



Měření ^{90}Sr a ^{89}Sr - II

- postup určení koncového bodu spektra (okraje čtyř měřicích oken jsou dány polohou koncových bodů spekter a pohybují se v závislosti na hodnotě zhášecího parametru, měřicí okna se dotýkají);
- příprava sad zhášených vzorků (^{90}Sr s rovnovážným ^{90}Y , ^{89}Sr , ^{85}Sr , ^{210}Pb s rovnovážným ^{210}Bi , slepé vzorky);
- stanovení posunu měřicích oken v závislosti na hodnotě zhášecího parametru;
- stanovení detekčních účinností, hodnot příspěvků od slepých vzorků, oprav na příspěvky z vyšších měřicích oken, opravy na příspěvky od ^{85}Sr
- nejistoty a detekční meze;
- diagnostika založená na porovnávání výsledků z více a méně robustních částí naměřeného spektra.

^{90}Y , detekční účinnost na W1 a příspěvek z W1 do W2



Vymezení měřicích oken pomocí E_{\max}

- W1: $E_{\max}^{90\text{Y} - 89\text{Sr}}$;
- W2: $E_{\max}^{89\text{Sr} - 210\text{Bi}}$;
- W3: $E_{\max}^{210\text{Bi} - 90\text{Sr}}$;
- W4: $E_{\max}^{90\text{Sr}}$ – kanál 25.

Pouze poloha dolního okraje W4 nezávisí na hodnotě zhášecího parametru, v části spektra pod kanálem 25 se nejvýrazněji projevují příspěvky od používaného stopovače (^{85}Sr).

Měřicí okna, jejich kombinace a využití pro indikaci

Je využito porovnávání výsledků z oblastí s vyšší a nižší robustností (vyšší a nižší části impulsového spektra). Indikovaná přítomnost rušivých radionuklidů může být využita pro modifikaci preparačních postupů.

- W1** Pokud se počet impulsů na W1 významně liší od pozadí. Po opravách porovnání s výsledky na oknech W2 a W3. Pokud jsou hodnoty na nižších oknech významně vyšší je indikována přítomnost dalších radionuklidů. Pokud nebyla indikována přítomnost dalších radionuklidů na W2 a W3, je vypočtena aktivita ^{90}Y z údajů na složeném okně W12.
- W2** Pokud byla indikována přítomnost na W2, je vypočtena oprava na počet impulsů na W3 za předpokladu přítomnosti ^{89}Sr . Pokud na W3 není indikována přítomnost dalších rušivých radionuklidů, je vypočtena aktivita ^{89}Sr z údajů na W23.
- W4** Lze použít pro rychlé měření izolovaného ^{90}Sr s malým nerovnovážným obsahem ^{90}Y , v tomto případě je vypočtena oprava na příspěvky z W1 od ^{90}Y a případně i od ^{89}Sr (na základě indikace na W2). ^{90}Sr lze také měřit po ustálení rovnováhy s ^{90}Y , kde významně vyšší aktivita ^{90}Sr indikuje přítomnost rušivých radionuklidů.

Děkuji za pozornost