

Možnosti využitia autorádiografie na meranie aktivity

A. Javorník^{1,2}, A. Švec¹

1 Slovenský metrologický ústav, Bratislava, Slovenská republika

2 Slovenská technická univerzita, Strojnícka fakulta, Bratislava

Slovenský metrologický ústav (SMU) ako národná metrologická inštitúcia v zmysle zákona o metrologii 142/2000 Z.z. a vyhlášky Úradu pre normalizáciu metrologiu a skúšobníctvo (UNMS) 210/2000 Z.z. zabezpečuje koncepciu rozvoja metrologie, uskutočňuje výskum a vývoj v oblasti metrologie.

Oddelenie Ionizujúceho žiarenia SMU sa v poslednom období venovalo spôsobu stanovenia aktivity plošných zdrojov alfa/beta žiarenia pomocou okienkového scintilačného detektora (Javorník, Švec, 2014; Švec 2015). V rámci tohto výskumu sa skúma aj možnosť merania aktivity plošných zdrojov alfa/beta pomocou autorádiografie. Autorádiografia sa používa najmä pre medicínske zobrazovacie účely ako aj pre zobrazenie rozloženia aktivity v molekulárnej biológii a rádiofarmaceutickom výskume.

Pre metrologické účely možno využiť autorádiografiu na hodnotenie homogenity štandardov a vzoriek, ale aj na meranie aktivity. Príspevok zhrňa základné poznatky o zobrazovacej metóde pomocou pamäťovej fólie BAS-MS 2025 na zariadení Typhoon 9210 a výsledky prvých meraní so štandardmi typu EM s rádionuklidmi ²⁴¹Am, ¹³⁷Cs, ²⁰⁴Tl a ⁹⁰Sr.

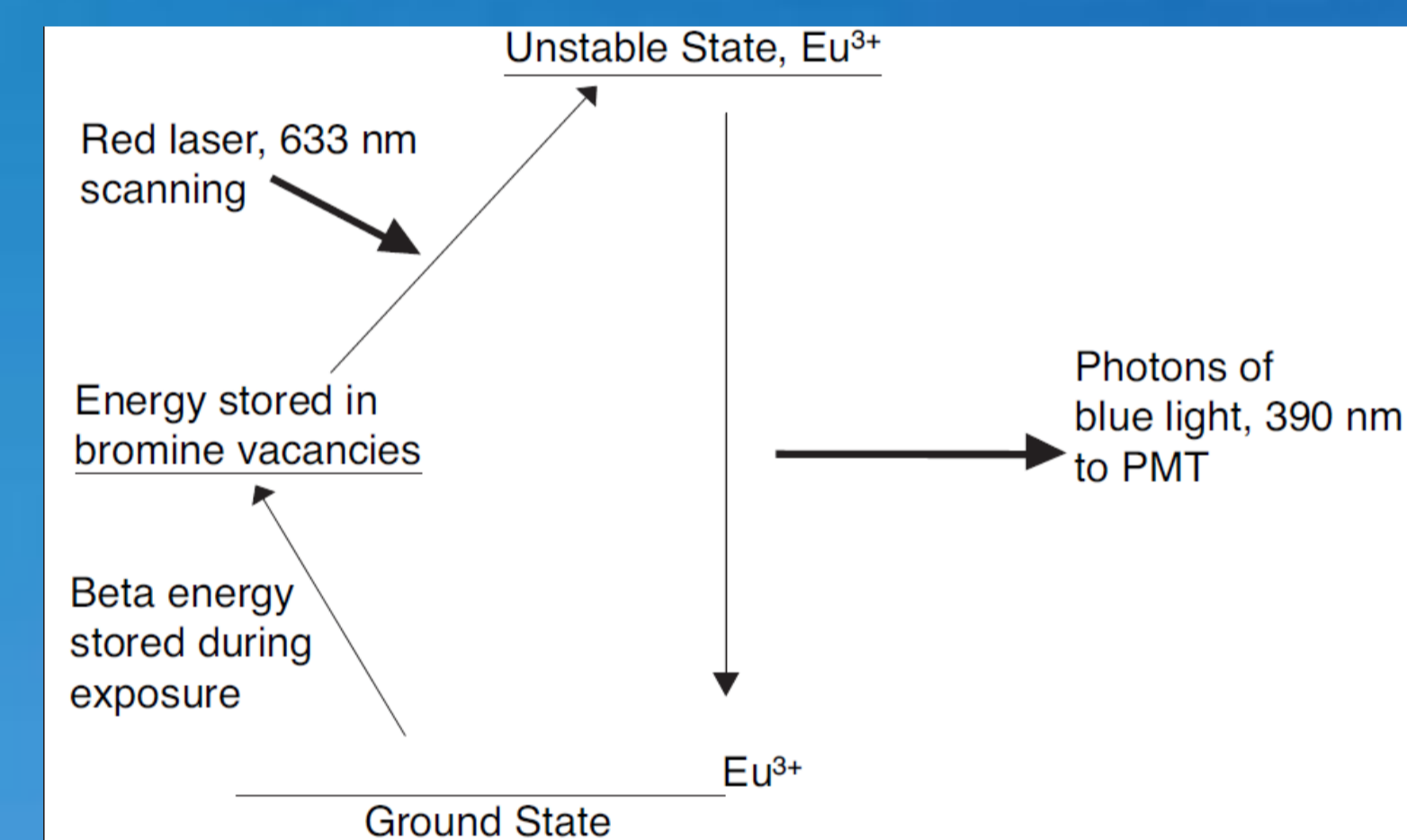
Autorádiografia ako detektor využíva fotostimulačný fosfor. Detektor je citlivý na alfa, beta, gama a RTG žiarenie a odozva je lineárna v širokom rozsahu (>10⁵) s rozlíšením až do 50 μm. Expozičiou sa v pamäťovej fólii fotostimulačný materiál dostáva do vzбудenej hladiny. Pri skenovaní je fólia exponovaná svetlom v oblasti UV, čo fotostimulačnému materiálu umožní prechod do východiskového stavu za emisie svetla vo viditeľnom spektre. Toto svetlo je zosilnené cez fotonásobič a prevedené na signál s koordinátami do obrázka. Ilustratívne je tento proces zobrazený na obr. č. 2.

Typhoon 9210 so softvérom ImageQuant spracováva odozvu zo skenovanej pamäťovej fólie do 16-bitového obrázka vo formáte *.gel, čo je dynamický molekulárny súborový formát. Je to v podstate formát súboru tiff, ale s niekoľkými špeciálnymi príznačkami. Signál vo formáte gel nie je lineárny, ale je komprimovaný druhou odmocninou a teda pred ďalším spracovaním je potrebné obrázok linearizovať. Pre tento účel sa osvedčil softvér ImageJ. Intenzita odozvy je úmerná intenzite tmavnutia obrazca na obrázku. Kvantitatívne je odozva reprezentovaná ako integrálna hustota *rawintden*, čo je suma hodnôt všetkých pixelov.

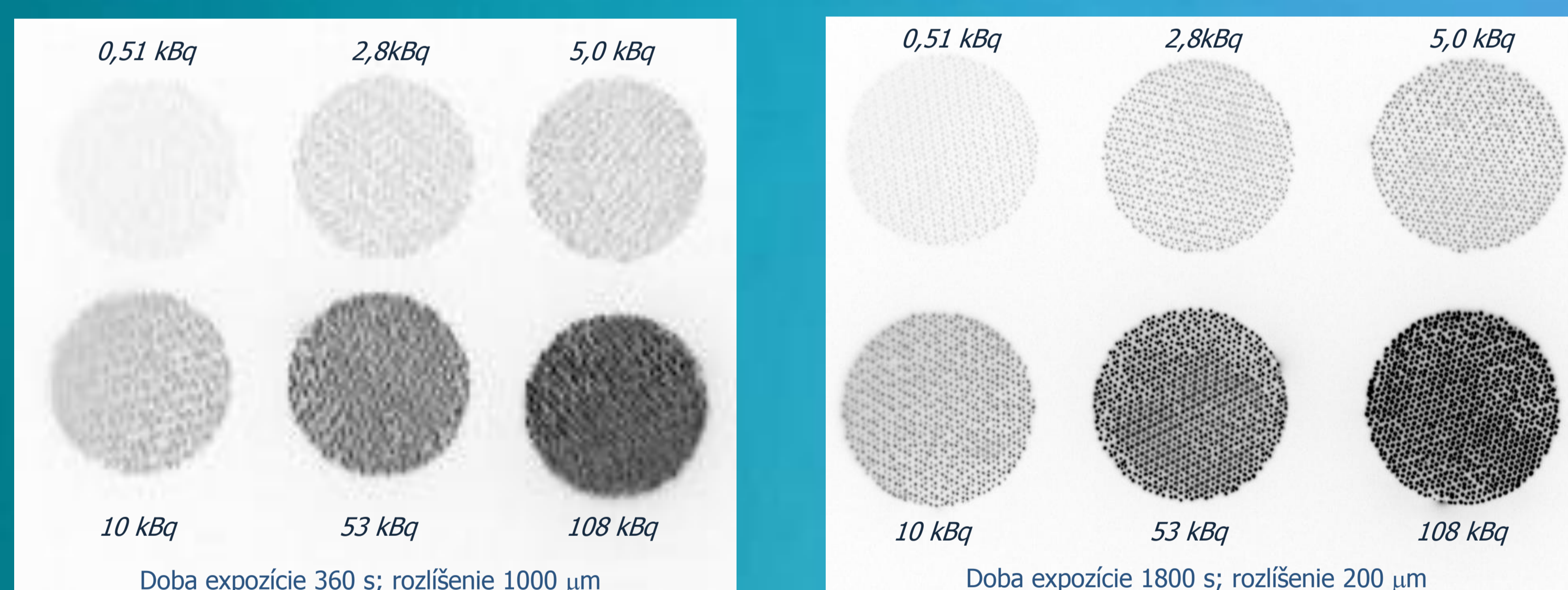
Linearita odozvy pamäťovej fólie bola skúšaná etalónovými žiaričmi typu EM 145 s priemerom aktívnej plochy 48,5 mm s rádionuklidom ¹³⁷Cs. Sken pamäťovej fólie bol realizovaný pri rozlíšení 1000 μm a 200 μm s expozičiou 360 s resp. 1800 s. Odozva od etalónových žiaričov bola korigovaná o hodnotu pozadia 60,7(66) s⁻¹. Dobu expozičie je potrebné optimalizovať tak aby nedošlo k preexponovaniu pamäťovej fólie. Maximálna teoretická hodnota pixlu pri 16-bit obrázku je 65536. Typhoon 9210 dokáže spracovať signál pri čítaní pamäťovej fólie a previesť na odozvu s pixelom a hodnote najviac 45853. Pri expozičii 1800 s došlo k preexponovaniu už pri etalóne s aktivitou 53 kBq, čo malo vplyv na linearitu.



obr. č. 1: Image scanner Typhoon 9210 s pamäťovou fóliou storage phosphor screen BAS-MS 2025



obr. č. 2: Schematický proces v pamäťovej fólii



obr. č. 3: Zobrazenie aktivity sady etalónov typu EM145 s ¹³⁷Cs

Skúška citlivosti pamäťovej fólie bola otestovaná etalónmi typu EM s rádionuklidmi ²⁰⁴Tl, ⁹⁰Sr, ¹³⁷Cs a ²⁴¹Am. Citlivosť je vyjadrená ako suma hodnôt pixlov za 1 sekundu na 1 Bq pôsobiaceho žiarenia. Najnižšiu energiu beta žiarenia zo skúšaných rádionuklidov má ¹³⁷Cs. Keďže pamäťová fólia je citlivá aj na gama žiarenie, tak v konečnom dôsledku ¹³⁷Cs spôsobí vyššiu odozvu v detektore ako ²⁰⁴Tl. Podobne aj ²⁴¹Am pôsobí vyššiu odozvu v detektore ako ²⁰⁴Tl, napriek tomu, alfa častica musí prekonať relatívne hrubú ochrannú vrstvu pamäťovej fólie. ⁹⁰Sr vďaka dcérskeho ⁹⁰Y pôsobí najväčšiu odozvu.

Rádionuklid	Citlivosť [intden.s ⁻¹ .Bq ⁻¹]
²⁰⁴ Tl	42,1
⁹⁰ Sr	64,9
¹³⁷ Cs	59,2
²⁴¹ Am	44,7

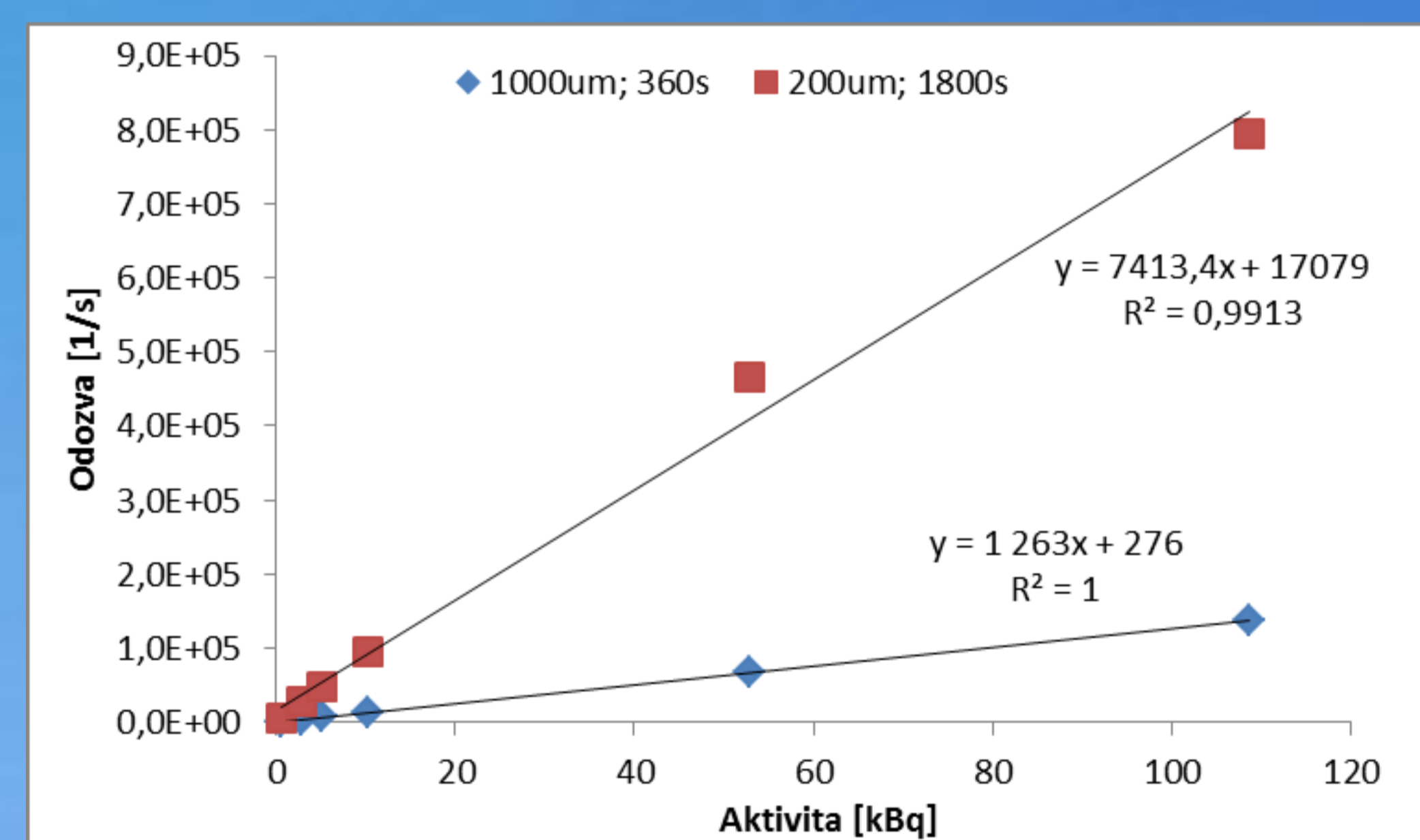
Autorádiografia okrem cennej informácie o polohe a rozložení aktivity vo vzorke, umožňuje aj stanoviť aktivitu vzorky, ktorá je typovo porovnateľná s kalibračnými štandardmi. V doterajšej fáze výskumu bola pozornosť upriamená na spôsob, akým je možné zobrazené dáta spracovať a interpretovať tak, aby boli merania medzi sebou porovnateľné. Ďalej bola overená linearita odozvy detektora v rozsahu 5 rádov a otestovaná citlivosť pre rôzne rádionuklidy beta a alfa žiarenia. V ďalšej fáze výskumu bude pozornosť zameraná na vyhodnotenie aktivity vzoriek, na ktoré nemožno použiť kalibráciu pomocou štandardov, ale aplikovaním diferenciálnej metódy. Diferenciálna metóda sa používa na etalónovom meradle (veľkoplošný scintilačný detektor) plošnej aktivity v SMU na kalibráciu alfa a beta plošných zdrojov.

Referencie:

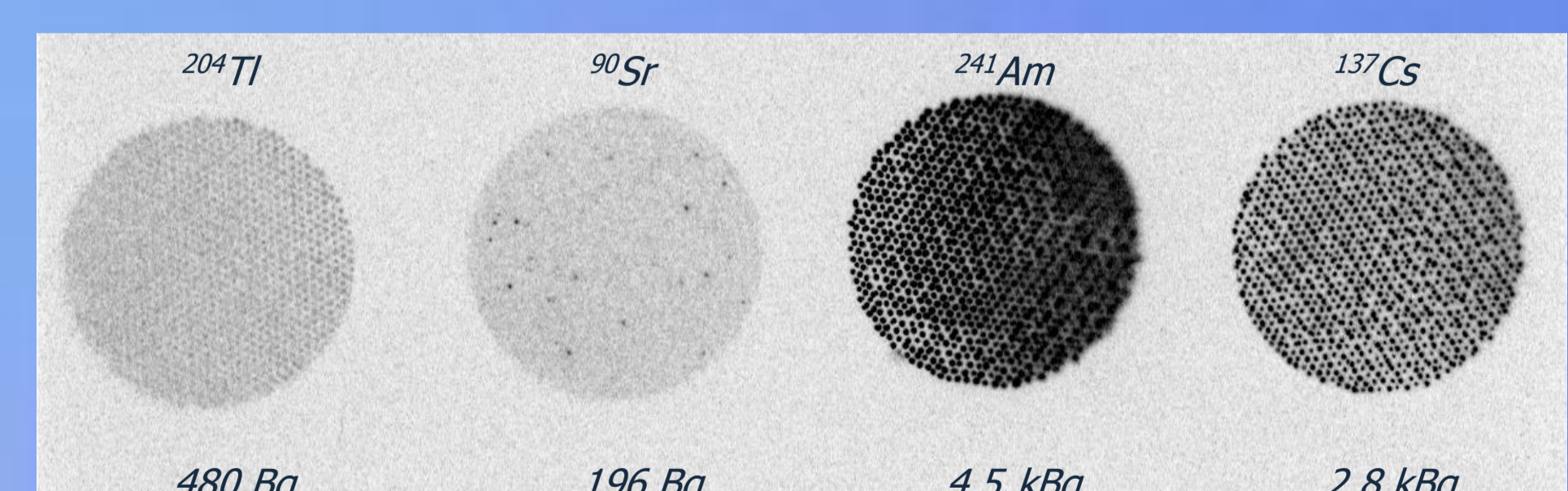
Javorník, A., & Švec, A. (2014). An advanced method of activity determination of large area beta emitting sources. Applied Radiation and Isotopes : Including Data, Instrumentation and Methods for Use in Agriculture, Industry and Medicine, 87, 216–9. doi:10.1016/j.apradiso.2013.11.108

Švec, A. (2015). New analytical solution to calculate linear absorption coefficients of beta radiations. Applied Radiation and Isotopes : Including Data, Instrumentation and Methods for Use in Agriculture, Industry and Medicine, 102, 63–9. doi:10.1016/j.apradiso.2015.04.015

Y. T. CHENG, T. SOODPRASERT and J. M. R. HUTCHINSON (1996). Radioactivity Measurements Using storage Phosphor Technology. Appl. Radiat. Isot. Vol. 47, No. 9/10, pp. 1023-1031, 1996



obr. č. 4: Linearita odozvy pamäťovej fólie; pri 1800s expozičii vidno efekt preexpozičie



obr. č. 5: Zobrazenie aktivity Etalóny typu EM s alfa a beta rádionuklidmi.