

## VYUŽITÍ FLUORESCENČNÍHO PRÁŠKU K URČENÍ ÚČINNOSTI KONTAMINACE A DEKONTAMINACE

## USE OF FLUORESCENT POWDER TO DETERMINE CONTAMINATION AND DECONTAMINATION EFFICIENCY

Josef Holeček<sup>a\*</sup>, Petr Otáhal<sup>a</sup>

<sup>a</sup> Státní ústav jaderné chemické a biologické ochrany v. v. i., Kamenná 71, Milín, Česká republika

\*Korespondující autor: e-mail: holecek@sujchbo.cz, tel.: +420 318 600 229

### Abstrakt

Pro stanovení parametrů charakterizujících dekontaminační proces, jakými jsou hodnota dekontaminační účinnosti či hodnota dekontaminačního faktoru je používáno zdrojů ionizujícího záření. Použití těchto zdrojů je finančně náročné a nese sebou i jisté riziko kontaminace okolí a v neposlední řadě ohrožení zdraví. V textu je popsáno využití fluorescenčního pigmentu jako náhrady zdrojů ionizujícího záření pro vyhodnocení míry kontaminace povrchu a stanovení parametrů definujících proces dekontaminace.

**Klíčová slova:** fluorescenční pigment, kontaminace, účinnost dekontaminace, analýza obrazu

### Abstract

The ionizing radiation sources are being used to determine the parameters characterizing the decontamination process, such as decontamination efficiency or decontamination factor value. The use of these resources is costly and also involves a certain risk of contamination of the environment and, last but not least, health threats. The text describes the use of fluorescent pigment as a substitute for ionizing radiation sources for the evaluation of the level of surface contamination and the determination of parameters defining the decontamination process.

**Key words:** fluorescent pigment, contamination, decontamination efficiency, image analysis

### 1. ÚVOD

Pro likvidaci následků mimořádné radiologické události, zde není rozhodující, zda se jedná o úmyslný čin či havárii, ale je rozhodující použití optimálního prostředku, který v maximální míře odstraní následky této události. Tento prostředek zvaný dekontaminační činidlo je zvolen dle hodnoty dekontaminační účinnosti či hodnoty dekontaminačního faktoru. Tyto hodnoty jsou stanoveny na základě experimentálních zkušeností při použití dekontaminačního činidla na odstranění radioaktivního zdroje o krátkém či středně dlouhém poločasu rozpadu z definované plochy. Použití radioaktivního zdroje jako kontaminantu sebou nese mnoho problémů. Prvním z nich je vysoká finanční náročnost výroby ke kontaminaci vhodného radionuklidu. Dalším je

časové omezení spojené s provozem jaderného zařízení použitého pro produkci vhodného radionuklidu. V neposlední řadě problémem je i rozsah kontaminace. Při kontaminaci povrchu nedochází jen kontaminaci vybrané oblasti, kontaminovány jsou jak okolní plochy či přípravky použité ke kontaminaci a k dekontaminaci. To vede k nutnosti realizovat mimořádná opatření zabezpečení ochrany zdraví obsluhy před ozáření. Jedním z ochranných faktorů obsluhy je použití radionuklidu pouze buď ve vodním roztoku u ve vodě rozpustných materiálů, nebo ve formě vodné suspenze u vodou nerozpustných materiálů. To vede k nižší rovnoměrnosti kontaminace povrchu. Tyto všechny důvody vedly k hledání náhrady radioaktivního kontaminantu neaktivním kontaminantem.

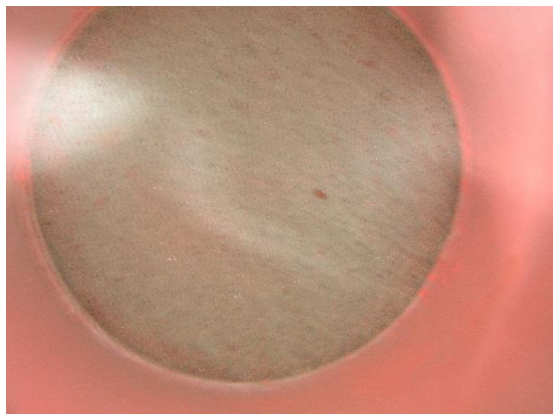
### 2. VÝBĚR NEAKTIVNÍ NÁHRADY

Při hledání vhodné náhrady radioaktivního materiálu byl kladen důraz především na skutečnost, že náhrada musí mít podobné fyzikální vlastnosti jako používaný radionuklid. Proto byl hledán materiál kovového charakteru, jelikož většina radionuklidů, pevných radionuklidů, jsou kovy. Současně s tím tento materiál musí být snadno identifikovatelný. Tento materiál musí být detekovatelný v malém množství, to znamená v desítkách miligramů na sledovanou plochu. V rámci výběru byly testovány různé materiály. Například volná kyselina, která při styku s vodou mění barvu, její nevýhodou je nízká hustota. Tato hustota umožňuje být částicím kyseliny být dlouhou dobu ve vzduchu. Byl testován například manganistan draselný, jehož nízká koncentrace barví vodné roztoky. Tato látka je sice velmi dobře rozpustná ve vodě, ale stanovení její plošné hustoty bylo problematické. Nakonec byl vybrán fluorescenční pigment, založený na bázi europia. Tento pigment je tvořen drobnými kovovými šupinkami. Jeho jednotlivé částice se neshlukují a díky jejich reakci na osvit lze snadno stanovit hustotu těchto částic na ploše. V rámci sledování fyzikálních vlastností při výběru náhrady za zdroj ionizujícího záření bylo sledováno chování pigmentu ve vodě. Bylo zjištěno, že pigment se vodě nerozkládá a vykazuje podobné vlastnosti jako ve vodě rozpustný radioaktivní kontaminant. Mezi výhody tohoto pigmentu patří jeho snadná rozpustnost ve vodě. Při výběru pigmentu bylo zjištěno, že i relativně malé množství pigmentu lze snadno identifikovat.

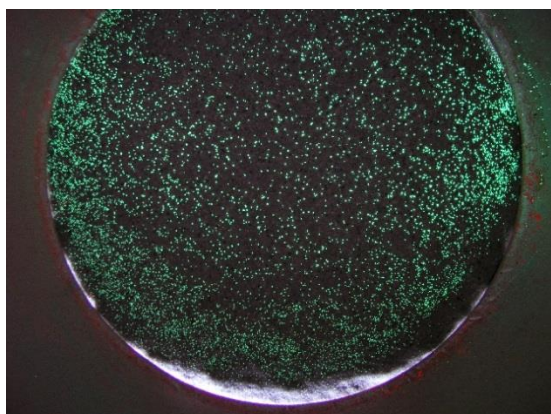
### 3. VÝBĚR ZPŮSOBU KONTAMINACE

Po výběru náhrady radionuklidu byl řešen způsob jejího nanesení na povrch vybraný ke kontaminaci. Na rozdíl od radionuklidu byl zvolen způsob nanesení pigmentu na povrch v suchém stavu. Tento způsob kontaminace se více blíží kontaminaci způsobené při mimořádné radiační situaci. Pro zajištění rovnoměrného pokrytí povrchu kontaminantem byl pigment rozptýlen rázem, který byl vyvolán pomocí tlaku vzduchu. Vlastní způsob nanesení pigmentu na testovanou plochu je realizován pomocí kontaminační nádoby, ta má tvar z jedné strany uzavřeného dutého válce s přírubou. Uzavření válce je realizováno dvojicí lepících pásek umístěných na válec ze strany příruby, které tvoří uzavřená vrata. Na dno, tvořené těmito páskami, je nasypána volná kyselina. Úkolem částic této látky je vymezit kontaminovaný prostor. Na tuto vrstvu je nanesen fluorescenční pigment. Jeho vrstva jeho vrstva je následně překryta

hrubozrnnými částicemi, tvořenými například korozí. Tyto částice slouží jako výmětnice a nosič kontaminantu, představují například střepiny z výbušného zařízení. Takto upravený válec je vsunut do kontaminační komory. Kontaminační komora je i s náplní umístěna na vybraný povrch a válec obsahující kontaminační náplň je připojen na zdroj tlakového vzduchu. Pomocí krátkého impulsu je kontaminační náplň vymetena vzduchem z trubky přímo proti povrchu. Po určeném čase je kontaminační komora sejmuta. Na Obr. 1 je zachycen povrch po kontaminaci.



Obr. 1 Povrch po kontaminaci



Obr. 2 Reakce pigmentu na osvit

#### 4. STANOVENÍ MÍRY KONTAMINACE

Pro vlastní stanovení aktivity je zvolen postup digitálního zpracování obrazu pomocí analyzátoru obrazu NIS 3 AR od firmy Nikon. Tento postup je založen na schopnosti analyzátoru obrazu rozlišit a vyhodnotit světelně odlišné body od tmavého pozadí. Proto je po skončení kontaminačního procesu provedeno vyfocení povrchu. Během tohoto focení povrchu je získáno optimální nastavení vzdálenosti fotoaparátu pro zaostření pro detail. Po nastavení optimálních podmínek pro fotografování je kontaminovaná plocha přesunuta do tmavého prostoru. Ve tmavém prostoru je kontaminovaná plocha osvětlena zdrojem světla. Osvit světlem vede k iniciaci fluorescenčního prášku, který po vypnutí zdroje sám svítí, viz Obr. 2. Pomocí digitálního fotoaparátu jsou zachyceny všechny svítící body nacházející se v kontaminované oblasti. Pro vyhodnocení je získaný obraz stažen do počítače s výše uvedeným softwarem pro analýzu obrazu. Pomocí tohoto software je provedeno spočtení svítících bodů na ploše kontaminovaného povrchu. Získaný obraz dává i informaci o rozmístění kontaminantu na povrchu. Pro stanovení hodnoty účinnosti či hodnoty dekontaminačního faktoru je tento postup aplikován na stanovení plošné hustoty pigmentu na povrchu po skončení dekontaminačního procesu.

#### 5. STANOVENÍ PARAMETRŮ DEKONTAMINACE

Pro posouzení kvality dekontaminačního procesu jsou běžně využívány hodnoty dekontaminační účinnosti a dekontaminačního faktoru. Hodnota dekontaminační účinnosti je definována jako procentuální poměr množství odstraněné kontaminace k množství kontaminace nanesené. V případě použití fluorescenčního pigmentu je tato hodnota definována vztahem

$$DÚ = \frac{(N_0 - N_k)}{N_0} \times 100$$

Kde DÚ je hodnota dekontaminační účinnosti v %  
 N<sub>0</sub> je počet svítících bodů po kontaminaci  
 N<sub>k</sub> je počet svítících bodů po dekontaminaci

Hodnota dekontaminačního faktoru je definována jako poměr počátečního množství kontaminantu k množství kontaminantu zbylému na povrchu po skončení dekontaminačního procesu. Pro použití fluorescenčního pigmentu je tato hodnota dána vztahem

$$DF = \frac{N_0}{N_k}$$

Kde DF je hodnota dekontaminačního faktoru  
 N<sub>0</sub> je počet svítících bodů po kontaminaci  
 N<sub>k</sub> je počet svítících bodů po dekontaminaci

Z testů realizovaných s fluorescenčním pigmentem vyplývá, že takto nelze stanovit hodnoty dekontaminační účinnosti přesahující 99,9 % či hodnoty dekontaminačního faktoru vyšší než 1000.

## 6. ZÁVĚR

Využití fluorescenčního pigmentu jako náhrady zdrojů ionizujícího záření velmi spolu s využitím analýzy obrazu umožňuje, jak popis rovnoměrnosti kontaminace povrchu, tak stanovení parametrů charakterizujících kvalitu dekontaminačního procesu.

## Poděkování

Výzkum byl podpořen z projektu VH20182021036 - Moderní metody detekce a identifikace nebezpečných CBRN látek a materiálů, metody snížení jejich nebezpečnosti a dekontaminace; moderní prostředky ochrany osob.