

# Fotochemie uranu - jak s pomocí světla odstranit uran z odpadních vod?

L. Pobořilová<sup>1</sup> and P. Kozák<sup>2</sup>

<sup>1</sup>Masarykovo gymnázium, Příbor; lucie.poborilova@gypri.cz

<sup>2</sup>Gymnázium, Písek; kozakpetr123@seznam.cz

Ing. A. Horynová, školitel; KJCH FJFI ČVUT

## Abstrakt

Fotochemická redukce je jednou ze separačních metod umožňujících odstraňování uranu ve formě uranylových solí z jejich vodných roztoků. Tato práce se zabývá stanovením účinnosti této metody pomocí modelového vzorku uranylu. Ozářením roztoku UV zářením došlo k vysrážení většiny uranu z roztoku ve formě oxidu uraničitého.

## 1 Úvod

Odstraňování uranu z odpadních vod nabývá na důležitosti s jadernou energetikou a s rostoucím zájmem společnosti o ochranu životního prostředí.

Větší důraz na čistotu vypouštěných odpadních vod má za následek neustálý vývoj separačních metod. Používají se metody založené např. na klasické chemické redukci, na kapalinové extrakci, aj.

Tento článek se zabývá jednou ze separačních metod na základě fotochemické redukce, která byla navržena skupinou McCleskey et al. v Los Alamos [1]. Tato metoda spočívá v redukci uranu UV zářením z uranylového iontu  $UO_2^{2+}$ , kde se vyskytuje s oxidačním číslem VI, na uran v oxidačním stavu IV. Jako redukční činidlo se používá mravenčanový anion, který se oxiduje na oxid uhličitý, tedy ji lze považovat za „čistou“ metodu.

## 2 Experimentální část

### 2.1 Použité chemikálie

Zásobní roztok uranylové soli v  $HNO_3$  (0,1 M); jodid sodný (Sigma-Aldrich, 98%); mravenčan amonný (Sigma-Aldrich, 99,995%); tetraboritan sodný (Lachema, 99,0%)

### 2.2 Pomůcky a přístroje

Ozařovací aparatura se třemi nízkotlakými rtuťovými výbojkami (3x25 W); analytické váhy (Kern, 0,01 mg); centrifuga (Thermo Scientific); UV-VIS spektrometr (Varian, Cary 100 Conc); vakuová filtrační aparatura s filtrem o velikosti pórů  $0,45 \mu m$

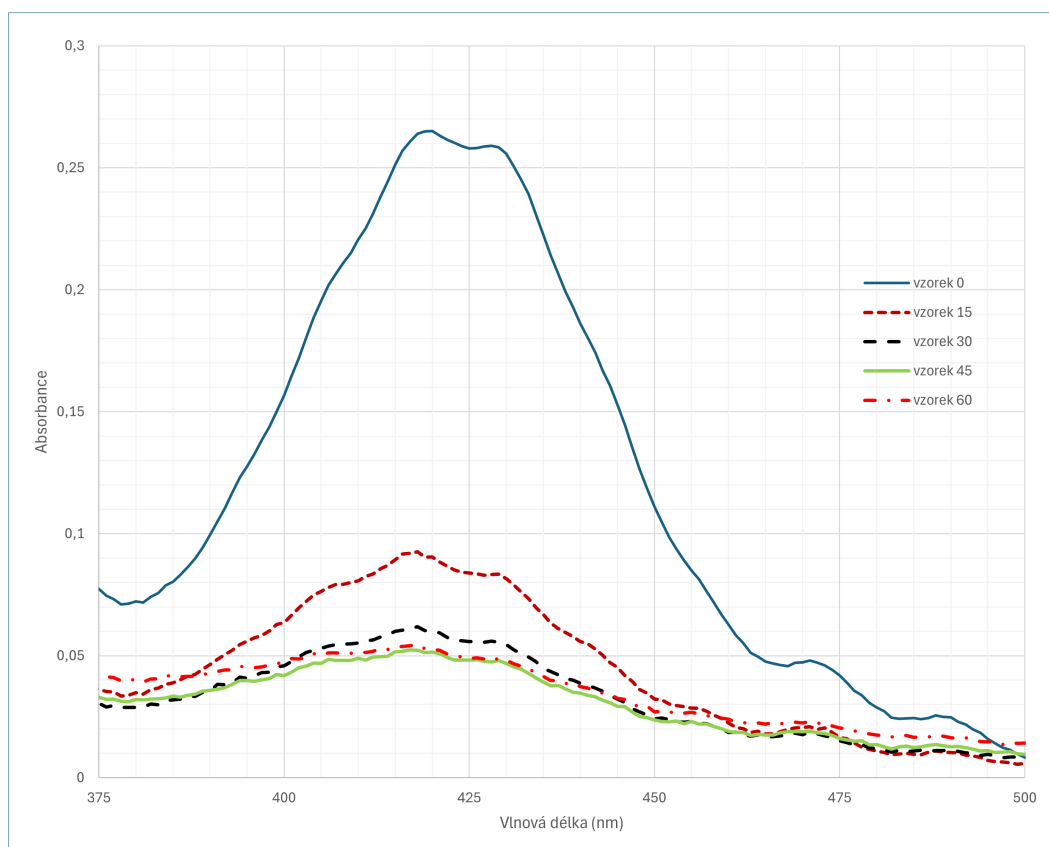
## 2.3 Průběh experimentu

Do plastové ampule byl připraven vzorek o objemu 10 ml, který obsahoval 1 ml zásobního roztoku a do 10 ml byl naředěn destilovanou vodou (0,01 M) a 28,8 mg mravenčanu. Po přípravě roztoku bylo změřeno absorpční spektrum vzorku, který nebyl vystaven UV záření, v oblasti 300 nm až 600 nm. Následně byl vzorek z kyvety navrácen zpět do plastové ampule a umístěn do ozařovací aparatury po dobu 15 minut. Poté byl centrifugován 3 minuty s odstředivým zrychlením 4863 g, aby došlo k sedimentaci vzniklé sraženiny na dně roztoku. Tento postup byl čtyřikrát opakován, dokud celková doba ozařování vzorku nebyla 60 minut (viz obrázek 1).

Pro stanovení toku fotonů byl použit jodid-jodičnanový aktinometr, který obsahoval 0,6 M jodid draselný, 0,1 M jodičnan draselný a 0,01 M borax. Vždy 10 ml vzorku bylo ozářeno UV zářením rozdílnou dobu. V tomto roztoku působením UV záření vzniká trijodidový anion. Po ozáření a pětinasobném zředění byla změřena absorbance při 352 nm.

## 3 Výsledky a diskuze

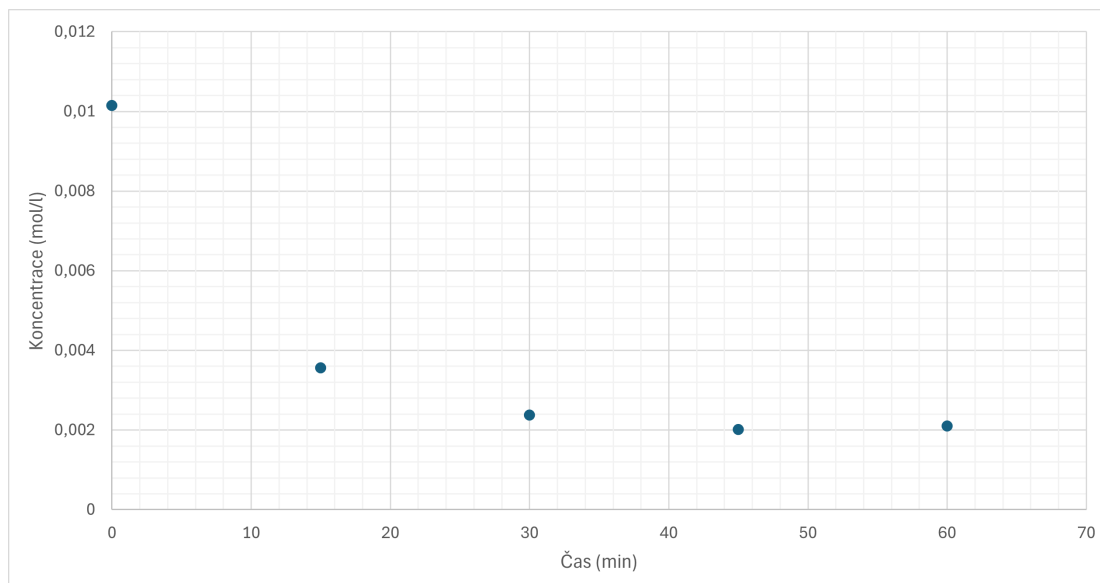
Na absorpčních spektrech je patrný charakteristický peak uranuly v oblasti 400 nm až 450 nm s maximem při 418 nm (viz obrázek 1).



Obrázek 1: Absorpční spektra roztoku uranu v průběhu ozařování.

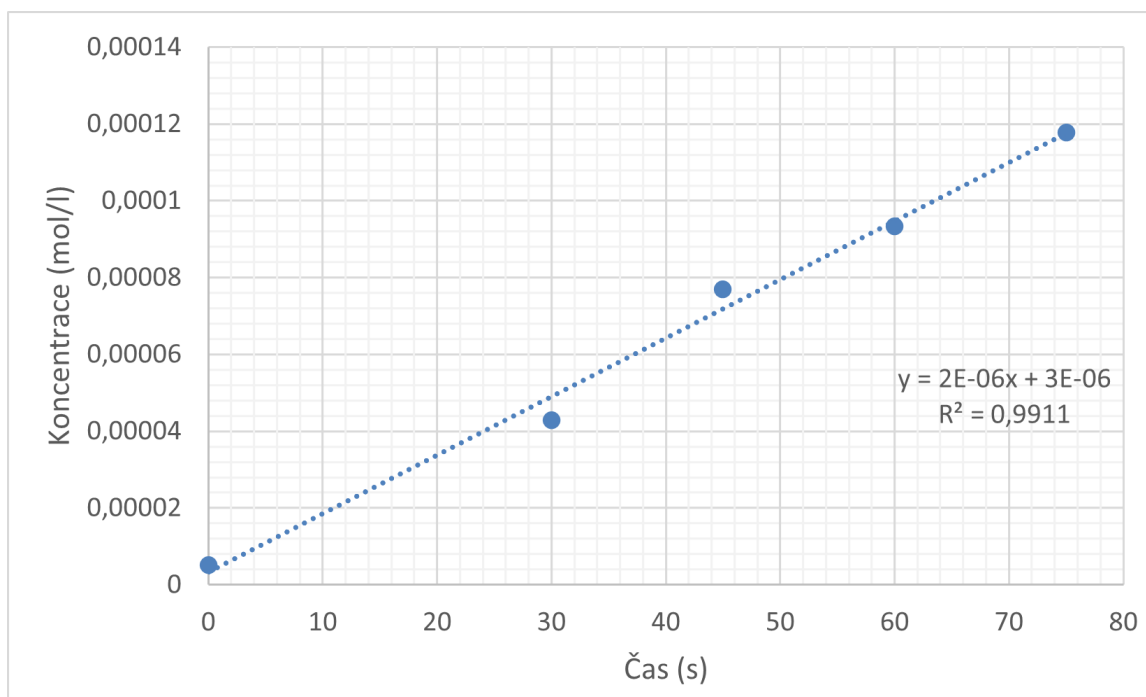
Z absorbance v tomto maximu lze určit koncentrace v daném čase (viz obrázek 2). V průběhu fotochemické redukce s nárůstem celkové doby ozařování se zmenšuje rychlost úbytku uranuly v roztoku. To nasvědčuje skutečnosti, že kvantový výtěžek není v

průběhu reakce konstantní, ale klesá se snižující se koncentrací uranylu. Po 60 minutách se koncentrace uranylu v roztoku snížila o 80% z počáteční hodnoty.



Obrázek 2: Koncentrace uranu v průběhu ozařování.

Za účelem charakterizace ozařovací soustavy bylo provedeno stanovení toku fotonů v reakčním objemu.



Obrázek 3: Koncentrace trijodidového iontu v průběhu ozařování.

Z absorbance jodid-jodičnanového aktinometru byla stanovena závislost koncentrace trijodidového aniontu na čase, po který byl vzorek ozařován (viz obrázek 3). Na základě této závislosti byl stanoven tok fotonů za sekundu na  $1,29 \cdot 10^{16}$  fotonů za sekundu.

## 4 Závěr

Při toku fotonů  $1,29 \cdot 10^{16}$  fotonů za sekundu po 60 minutovém ozařování vzorku UV zářením poklesla koncentrace uranylu v roztoku na 20% původní hodnoty. Tudíž lze považovat fotochemickou redukci za potenciálně uplatnitelnou metodu v odstraňování uranu z vodných roztoků.

## Poděkování

Tímto bychom rádi poděkovali vedoucí našeho miniprojektu za možnost vyzkoušet si tento experiment a organizátorům Týdne vědy na Jaderce za celou akci.

## Odkazy

1. MCCLESKEY, T. M.; FOREMAN, T. M.; HALLMAN, E. E.; BURNS, C. J.; SAUER, N. N. Approaching Zero Discharge in Uranium Reprocessing: Photochemical Reduction of Uranyl. *Environ. Sci. Technol.* 2001. Dostupné také z: <https://doi.org/10.1021/es001078i>. [cit. 2024-06-18].