

**Ing. Libor Dušek, PhD. - habilitace**

**Pokročilé oxidační a elektrochemické procesy pro technologické úpravy a čištění procesních a odpadních vod**

oponentský posudek habilitační práce

Habilitační práce ing. L. Duška představuje shrnutí jeho vlastního výzkumu i získané praxe v oblasti oxidačního čištění odpadních vod jednak pomocí OH radikálu generovaného chemicky, elektrochemicky nebo fotochemicky, jednak pomocí dalších oxidantů hlavně na bázi chloru a síranového radikálu. Habilitační práce je doplněna popisem nedávno realizované skutečně funkční, značně univerzální poloprovozní jednotky.

Oceňuji logickou stavbu habilitační práce od základního výzkumu týkajícího se odstraňování polutantů (cílem je čistá voda) přes separaci kovů (cílem je jejich získání a recyklace) až po technologickou jednotku (cílem je univerzální použití pro různé polutanty).

U předložené habilitační práce je možné rozlišit čtyři části, které na sebe logicky navazují:

Úvod a kapitoly 1.1 až 1.3 představují spíše referát nebo pokročilá skripta, kde se čtenář seznámí se základními fakty, procesy a mechanismy, jakož i s důležitou literaturou (vlastní i cizí.). Sám jsem se toho z ní hodně přiučil.

Za druhou část považuji kapitolu 1.4, která je velmi podrobná, kdy autor na součinnosti a synergii OH a síranových radikálů ukazuje na složitost a mnohorozměrnou tvář čištění různých typů průmyslových odpadních vod. Na základě vlastních experimentů porovnává vhodnost, účinnost i ekonomickou stránku jednotlivých procesů, hodnotí typy anod a diskutuje význam použitého pH.

Kapitola 1.5 jakožto třetí část pak představuje rozbor podmínek a možností izolovat a recyklovat některé kovy – zejména Zn – z odpadních vod. Toto téma považuji za velmi důležité (viz níže čtvrtý námět k diskusi).

Čtvrtá, poměrně rozsáhlá část habilitační práce je ryze praktická – aplikační. Autor v ní popisuje návrh a realizaci poloprovozní jednotky, jež je díky modulárnímu charakteru velmi univerzální a kde autor uplatňuje svoje praktické zkušenosti.

Je dobré, že se autor věnuje jak základnímu výzkumu degradačních, separačních a analytických metod a mechanismům reakcí na molekulární úrovni, tak i převedení těchto poznatků a principů do poloprovozního měřítka. Autor přitom nejen představuje a popisuje jednotlivé postupy, hned ale je kriticky zhodnotí a porovnává s dalšími metodami či s odlišnými reakčními podmínkami. V závěrečné části habilitační práce kandidát prokazuje svoji velikou vědeckou i manažerskou komplexnost, kdy přes potíže způsobené ryze vnějšími (a to silnými) vlivy mezi roky 2020-2023 byl schopen vědecky i administrativně vést a zřejmě i úspěšně dokončit velký grant TAČR

Co mi v této práci chybí (i když je to vlastně spíš technického, formálního rázu), je seznam zkratk a jejich vysvětlení.

Otázky a náměty k diskusi:

1. Jak běžný je elektro-Fentonův proces? Jaká tam je role elektrochemie? Jaká je výhoda proti klasické Fentonově oxidaci?
2. Lze použít elektro-Fentonův postup i pro ionty (těžkých) kovů?
3. Před několika lety jsem se účastnil na tématu využití nulmocného železa (ZVI) pro odstraňování organických i anorganických polutantů. Můžete porovnat (elektro-)Fentonův postup (mechanismus) s použitím ZVI?

4. Co to je CHSK? Co to je TOC? Když CHSK nebo TOC klesá, co vzniká? (tedy, co "roste"?)

Tohle vnímám jako zásadní, až principiální obecný problém. V literatuře často vidím pouze "jásot" nad tím, jak rychle a dokonale ubývá obsah cizorodé znečištěniny, jak barva mizí. Pokud ale nejde o totální mineralizaci, o (mezi)produktech, nárůstu jejich koncentrace, o jejich toxicitě a stabilitě (zejména v případech organických polutantů) se moc nemluví. Můžete se k tomu vyjádřit, případně uvést nějaké pozitivní či negativní příklady?

5. Jaké jsou zkušenosti s elektrochemickou oxidací síranových aniontů? Jde to také přímo na elektrodě nebo jen přes OH radikály?

Při čtení jsem zaznamenal některé formální chyby a překlepy, které nijak neovlivňují kvalitu habilitační práce (a jsou spíše důkazem, že jsem celou práci pečlivě prostudoval):

str. 16, obr. 3: Protože dolní rovnice je stechiometrická, pak v horní rovnici chybí formálně voda jako produkt

str. 18 dole: místo ... dechloraci... má být zřejmě ... dechlorace...

str. 19 uprostřed: místo ...elektro-Fentonovu reakci... by mělo být ... elektro-Fentonovou reakcí ...

str. 27 nahoře: místo ... haloforma... má být ... haloformy ...

níže pak má být: ... byla ... degradována ... (barvíva)

str. 39 dole: místo ...dialýzou... má být ...dialýzu...

str. 40 uprostřed: místo ...vykazující... má být ...vykazují...

str. 41 uprostřed: místo ...hustoty ... má být ...hustotě...

níže pak místo ... popisující... má být zřejmě ... popisují...

níže pak se střídají hodnoty  $E_c$  a  $E_e$ . Je to tak dobře?

Celý odstavec od "Získané 3D..." až po "...3D diagramů." by si zasloužil přeformulovat.

str. 42 nahoře ve větě mezi rovnicemi 31 a 32 chybí slovo "lze".

níže pod rovnicí 32 místo ... energii... má být zřejmě ...energie...

str. 43 dole: má být zřejmě ... zatímco u kontaminujících kovů ...

A nakonec ještě dvě opět formální věci, které se v práci opakují: Podle mých znalostí, plurál od slova ion (či iont), je **ionty** a nikoli iony (kationty, anionty, zwitterionty apod.). Druhá věc je zkratka pro firmu (několikrát použito na konci práce). Cituji z internetu: " Slovo „firma“ se zkracuje jako fa (bez tečky), nikoli fä. – obdobně se zkracuje i slovo „firmy“ (fy, rovněž bez tečky)."

Závěr:

Předložená habilitační práce ukazuje, že autor je velmi zkušený teoreticky i prakticky v tomto oboru a navíc je schopný se úspěšně pohybovat nejen v akademickém, ale i v aplikačním prostředí. Tím je pedagogicky cenný, protože vedle přednášení úspěšně rozvíjí i výzkumně-vývojové zázemí, což je pro školu a hlavně pro studenty technologického zaměření velmi důležité. O jeho aktivní vědecké činnosti svědčí 15 originálních publikací v impaktovaných časopisech uvedených v příloze, navíc má přihlášený patent. Tato práce (i samotný kandidát) podle mého pohledu i podle obecně uznávaných kritérií splňuje bohatě předpoklady pro úspěšné habilitační řízení, proto předloženou habilitační práci ing. Duška plně doporučuji jako základ k získání titulu docent.

29.12.2023

Jiří Ludvík