

Oponentský posudek na rigorózní práci Mgr. Petra Jarky

„Datování minerálů uran-polymetalické mineralizace Jánské žíly, Příbram-Březové Hory, ČR, metodou alfa-spektrometrického stanovení radioaktivních nerovnováh izotopových párů uranové rozpadové řady (odborná část), Radioaktivita v přírodě a její využití v geologických vědách (didaktická část)“

Předkládaná práce Mgr. Jarky je relativně rozsáhlá studie složená ze dvou různě zaměřených částí – odborné studie, která se zabývá stále aktuálním tématem využití radiometrických metod pro datování přírodních vzorků, a části didaktické, která je zaměřena na popis i vysvětlení radioaktivity a jejích projevů v přírodě a jejího využití v geologických vědách.

Odborná část konkrétně pojednává o stanovení přírodních radionuklidů v primární i sekundární mineralizaci Jánské žíly (Březové Hory, Příbram) včetně jejich distribuce a jejím záměrem bylo stanovení obsahu těchto radionuklidů pomocí tzv. destruktivní a nedestruktivní spektrometrie záření alfa.

Nedestruktivní metoda byla použita nejen pro screening vzorků za účelem stanovení radioaktivní rovnováhy mezi vhodnými izotopy uranové ($^{238}\text{U}/^{226}\text{Ra}$ a $^{210}\text{Po}/^{226}\text{Ra}$) i aktino-uranové rozpadové řady, ale také kvantifikaci těchto výsledků navrženým semi-empirickým postupem analýzy získaných spekter. Výpočetní a experimentální postupy této metody byly ověřeny při analýze referenčních materiálů. Na základě těchto analýz byla vybrána skupina minerálů k analýze „destruktivní“ variantou spektrometrie záření alfa pro následné datování metodou $^{230}\text{Th}/^{234}\text{U}$.

K této odborné části mám několik formálních i technických připomínek k různým termínům a definicím uváděných v textu, hlavně v chybně či nepřesně používaných fyzikálních či radiochemických termínech:

- při popisu přeměny alfa se autor je nutné zmínit chyby a nepřesnosti v tvrzeních vysvětlující tuto jadernou přeměnu. Blíže bude připomínkováno v didaktické části.
- je používán termín „rozmytí spektra“, který je převzatý pravděpodobně z chromatografického názvosloví. Zde je spíše na místě termín „ztráta nebo zhoršení rozlišení“ (str. 3 i dále v textu)
- co je myšleno termínem „radiochemická rovnováha“? (např. str. 13)
- místo koeficientu citlivosti se většinou používá méně sporný termín (celková) účinnost detekce

Výše zmíněné nedostatky ukazují, že pisatel není radioanalytik, nicméně z pohledu velkého rozsahu práce, množství experimentálních dat a interpretace výsledků, je považuji za méně významné. Autor v odborné části práce ukázal a ověřil, že je možné rychlým a nedestruktivním způsobem analyzovat vzorky minerálů s obsahem uranu a stanovit tak stav jejich radioaktivní rovnováhy. Navržená semi-empirická metoda analýzy spektra se ukázala jako použitelná. K obsahu odborné části je nutné dále zmínit následující nedostatky, které bych zde chtěl uvést současně jako dotazy na autora:

- není uveden způsob statistického vyhodnocení a kvantifikace chyb stanoveného koeficientu citlivosti. V příloze jsou sice uvedeny náhledy na výpočetní listy MS Excel, není však možné rozklíčovat příspěvky jednotlivých veličin k celkové chybě stanovení, případně její správnost.
- v textu chybí popis nebo odkaz na gamaspektrometrické stanovení koeficientu emanace používaného při analýze standardu PU1.

Výsledkem a hlavním přínosem práce je kromě samotné metody také stanovení stáří 25 minerálů primární a sekundární mineralizace Jánské žíly (1. a 2. patro dolu Prokop), včetně interpretace následné interpretace výsledků a nastínění geologických procesů v tomto útvaru.

Didaktická část práce je koncipována jako výukový text, který má učitelům a žákům středních škol přiblížit radioaktivitu jako nedílnou součást životního prostředí a ukázat její možné praktické využití, konkrétně v geologických disciplínách. Text je také připravován pro publikaci v metodických příručkách pro vyšší gymnázia.

Oddíl je rozdělen na několik částí, kde autor vysvětluje a definuje základní pojmy, které jsou potom použity v navrhovaných tématických úlohách v příloze. Ty jsou uvedeny jak ve studentské tak metodické verzi. K tomuto oddílu mám následující připomínky a komentáře:

- Kap. 2.1: Autor zde zaměňuje několik fyzikálních pojmů a chybným způsobem definuje jednotlivé druhy záření. V daném kontextu je nutné dělit záření na korpuskulární a elektromagnetické, potom na přímo a nepřímo ionizující. Záření gama a rentgenové záření patří do spektra elektromagnetického záření a to do oblasti velmi krátkých vlnových délek nebo naopak vysokých energií. Jedinou odlišností je, že původem záření gama je jádro atomu, v případě rentgenového záření je to jeho obal.
- Kosmické záření je tok všech druhů záření, ne jenom gama.
- Kap. 2.2: V textu (i dalších kapitol) jsou zaměňovány či nepřesně používány termíny nuklid, prvek, izotop. Atomová hmotnost a hmotnostní číslo A jsou různé pojmy.
- Radioaktivitu nelze definovat jako lidským okem neviditelný tok ionizujících částic.
- Přeměna alfa je vysvětlována silným odpuzováním protonů v jádře a její energie pomocí stavů se zápornou energií. Nelze psát například, že: ...alfa přeměna se vyskytuje u ... prvků, kdy se v jádrech projevuje silné odpuzování protonů. To je jen jedna z podmínek, kterou navíc splňuje drtivá většina jader. Stejně tak není fyzikálně správné popisovat stav nukleonů pomocí pojmu „záporná energie“ bez dodatečné definice tohoto pojmu. (str. 2). V citované literatuře (Hála 1998) je tento termín zaveden a definován v popisu a vysvětlení tzv. potenciálové jámy, kdy jde o soustavu o nižší potenciální energii proti klidovému stavu. Tento popis přeměny alfa je použit v odborné i didaktické části. Obě tato tvrzení jsou ne zcela přesná a z hlediska vysvětlení buď nedostačující nebo naopak příliš abstraktní, zvláště v didaktické části určené středoškolským učitelům.
- Kap. 2.2.3: Tvrzení uvedená v kapitole vzbuzují dojem, že nemoc z ozáření může být způsobena jen zářením gama a že to jediné je/bylo zodpovědné za všechna úmrtí při použití jaderných zbraní (Hirošima a Nagasaki).
- Kap. 2.2.4: Autor uvádí jako jediné přírodní zdroje neutronů spontánní štěpení těžkých jader a uvádí, že kosmické záření na zem po zachycení van Allenovými pásy nedopadá. Toto tvrzení je nesprávné, právě pro některé typy (^{10}Be , ^{26}Al , ^{36}Cl , ^{14}C) geologického datování je nezbytný tok neutronů (hlavně sekundárních) z kosmického záření.
- Kap. 2.2.6: nedochází ke spontánnímu rozpadu protonu
- Kap. 5: Je zde zmiňována metoda izochron, nicméně ani ve slovníčku není popsán její princip.
- Kap. 7: Detekce radioaktivity je v uvedeném kontextu nesprávný pojem, detekuje se ionizující záření.

V didaktické části se významně projevilo, že pojmy používané v jaderných vědách nejsou autorovi vlastní. Z toho vyplývají formulační nepřesnosti a zavádějící spojování spíše nepřímou souvisejících pojmů do společných vět či odstavců. Na druhou stranu je třeba více než ocenit, že autor se pokouší přispět ke vzdělání právě v oblasti, která vyvolává obavy či odmítavé reakce v populaci právě díky neporozumění či špatnému výkladu. Nicméně, právě v těchto případech je nezbytné uvádět správné formulace, definice a jednoznačné, správné a nezavádějící popisy jevů, dějů a vlastností s radioaktivitou souvisejících. Úlohy navrhované autorem jsou jednoduché, ty výpočetní uspokojivě ukazují základní zákony radioaktivních přeměn, praktická úloha velmi pěkně a s minimálním

vybavením ilustruje, jak běžně se radioaktivní látky a ionizující záření vyskytují okolo nás.

Z výše uvedených důvodů uvedených v komentářích a poznámkách k oběma částem předkládané práce a vzhledem k dobré kvalitě odborné části a účelu didaktické části práce, doporučuji tuto práci k obhajobě s výhradou, která se týká hlavně didaktické části. Je nezbytné tuto část před jejím potenciálním publikováním v avizované metodické příručce doplnit a provést korekce, které uvedou text na vhodnou úroveň z hlediska správnosti pojmů a informačního obsahu pro středoškolskou výuku.

V Praze 22.2.2011

Ing. Mojmír Němec, Ph.D.