



Prof. RNDr. Ivan Němec, Ph.D.

Přírodovědecká fakulta
Univerzita Karlova

Studijní odbor
Oddělení doktorského studia
Albertov 6
128 00 Praha 2

V Praze dne 3. prosince 2024

Oponentní posudek disertační práce Mgr. Lukáše Petery

Předkládaná disertační práce se zabývá vlivem impaktů těles na prebiotickou evoluci, ať již přímo prostřednictvím původního materiálu dopadnuvšího tělesa, tak interakcí s atmosférou při dopadu či ovlivněním prostředí planety po dopadu samotném.

Disertace je psána srozumitelnou a poutavou formou s akceptovatelným množstvím překlepů a nepřesností. Práce je velice rozsáhlá a je opatřena obsáhlým 50stránkovým úvodem do problematiky světa prebiotické evoluce a meziplanetární hmoty – s důrazem na studium její organické složky. Úvod je následován zhruba 20stránkovým popisem experimentálních technik a uspořádání, po němž následuje samotná výsledková část – členěná na tři hlavní okruhy:

- 1) Zřejmě nejzajímavější část věnující se studiu složení i topografii především organické hmoty ve vzorku zrnka pojmenovaného *Radegast* z asteroidu *162173 Ryugu*, k jehož výzkumu získala skupina školitele přístup (což jistě svědčí o mimořádné mezinárodní prestiži, již se těší) od japonské kosmické agentury JAXA, které je odebrala *in situ* a následně přivezla kosmická sonda *Hayabusa 2* v roce 2020. Souběžně k tomuto vzorku je provedena komparativní studie se vzorkem z meteoritu *Ivuna*, o kterém bylo lze předpokládat, že bude podobného typu jako výše zmíněný asteroid. Autor se kromě analýzy a 3D rozložení organické hmoty ve studovaných vzorcích též velmi pečlivě věnuje možnému ovlivnění vzorků samotným procesem experimentálního studia, především pak ovlivnění vzorku použitými

elektronovými a iontovými svazky. Tyto poznatky doznají jistě praktického využití v dalších studiích jakéhokoli meziplanetárního i planetárního materiálu v budoucnu. Celkové výsledky tohoto studia publikoval mezinárodní tým, včetně disertanta, v prestižním časopise *Nature Communication* (impakt faktor (IF) = 14,7).

- 2) Logicky navazující část sleduje vliv dopadajícího tělesa, vytvářejícího impaktní plazma, na chemické složení planetárního prostředí (především atmosféry). Pro tyto účely byla na pracovišti školitele zkonstruována průtoková aparatura ELISE, umožňující studium plynné fáze pomocí infračervené spektroskopie a simulující vznik impaktního plazmatu prostřednictvím pulzního Nd:YAG laseru. Výsledné práce, zaměřující se na chemické dráhy HCN v bezvodém prostředí a za přítomnosti vodních par byly/budou publikovány v několika článcích, přičemž nejprestižnější publikace, již je disertant navíc prvním autorem, byla publikována v *Astrophysical Journal* (IF = 4,8). Poznatky by mohly najít uplatnění v budoucnu při interpretaci detailních dat získaných pozorováním exoplanetárních atmosfér.
- 3) Poslední část práce se pak zaměřuje na situaci po velkém impaktu, kdy vzniklý kráter poskytuje vhodné prostředí pro zajímavou termochemii, zde především s důrazem na formamid studovaný jako jeden ze základních prekurzorů prebiotické chemie pomocí infračervené spektroskopie. Mimořádně zajímavým postřehem z oblasti post-impaktního prostředí (publikovaným v roce 2022 v časopise *Astrobiology*, IF = 3,4) je studium binárních kovových nanočástic, které mohou sehrát roli kvantových teček v prebiotické termochemii.

Vše je navíc doplněno o velice rozsáhlý aparát použité literatury, který čítá 492 referencí. I když je disertace psána poutavě, občasné opakování některých pasáží (především v části výsledků a diskuse) ji zbytečně prodlužuje, a tak by jí i v obecné rovině zestručnění jistě neuškodilo. Vzhledem k velkému počtu autorových publikací by jistě byla vhodnější i disertace formou předmluvy a komentářů k publikovaným článkům.

K disertační práci mám následující otázky, které by měly doplnit některé aspekty předkládané práce a případně podnítit diskusi:

- 1) Autor v úvodu zmiňuje jako perspektivní experimentální techniky ke studiu organické složky v meteoritech či odebraných vzorcích z těles Sluneční soustavy Ramanovu spektroskopii a především zcela novou formu infračervené spektroskopie založené na mikroskopii atomárních sil (AFM-FTIR). Žádná z těchto technik však

v práci nebyla užita. Mohl by autor komentovat přednosti a úskalí těchto technik a vysvětlit, proč právě tyto techniky byly opomenuty?

- 2) V experimentální části je při popisu aparatury ELISE určené pro studium simulací impaktního plazmatu uvedeno, že je pro infračervenou spektroskopii užita kyveta s okénky ze ZnSe o optické dráze 30 cm (str. 68), ale již o 4 stránky dále se uvádí optická dráha 26,7 cm. Přitom je zmiňováno více možností kyvet. Mohl by autor tuto situaci vyjasnit a zároveň diskutovat vhodnost použití okének ze ZnSe, které je méně transparentní, vs. CaF_2 či BaF_2 , které jsou transparentnější, ale mohou zřejmě mít nevhodné vlastnosti s ohledem na prováděné experimenty?
- 3) Ze studia rozložení organických částic ve vzorku zrnka *Radegast* neplyne žádná významná souvislost mezi organickou složkou a okolní mineralogií. Přesto se konstatuje jistá možnost pozorování takového vztahu, pokud by se potvrdil výskyt karbonátapatitu. Mohl by autor blíže komentovat tuto možnost a přiblížit problematiku vztahu chemie uhlíku a okolních minerálů v průběhu raného vývoje meziplanetární hmoty?
- 4) Je zmiňováno, že data z EELS (*electron energy loss spectroscopy*) byla zpracovávána pomocí faktorové analýzy (PCA algoritmus). Mohl by autor blíže popsat tento způsob použití a obhájit tvrzení, že takováto spektra (včetně například první hlavní komponenty) nemají fyzikální význam?
- 5) V disertaci se popisuje pozorování vzniku nspecifikované pevné fáze v aparatuře ELISE během různých typů experimentů. Plánuje se bližší analýza této pevné fáze, a pokud ano, jakými experimentálními prostředky? Jaké jsou obecné předpoklady o tomto typu materiálu a jeho možném vlivu na probíhající experimenty v aparatuře?
- 6) Pohlédneme-li uceleně na prebiotické syntézy bází nukleových kyselin, i v disertační práci například zmiňované syntézy na bázi formamidu, měli bychom získávat dominantně puriny – především adenin. Přesto zřejmě převažující bází ve vzorcích přivezených *Hayabusou 2* z planety *Ryugu* je uracil (viz Y. Oba *et al.*, *Nature Communications* **14** (2023) 1292). Mohl by autor diskutovat tuto problematiku a vyslovit svůj názor na pozorovanou diskrepanci?
- 7) Dvě z vědeckých prací (2, 5), které jsou součástí disertace (L. Petera *et al.*, *Meteoritics & Planetary Science* a L. Petera *et al.*, *ACS Earth and Space Chemistry*), byly v době posuzování uvedeny jako v přípravě. Jaký je publikační stav těchto článků ve chvíli obhajoby?

8) Poslední otázka je spíše k obecné diskusi – autor mezi svými publikacemi souvisejícími s problematikou disertace (práce tedy není přímo součástí disertace) uvádí práci no. 9, která byla publikována v roce 2021 v časopise *Molecules* v nakladatelství MDPI na které Univerzita a většina vědeckých institucí v ČR nahlíží jako na nakladatele *non grata*. Jak přistupovat k takové publikaci v rámci posuzování disertace?

Výše zmíněné komentáře nikterak nesnižují kvalitu předložené práce – mají pouze otevřít prostor k diskusi nad zajímavým tématem. Vysokou kvalitu vědecké práce předkladatele dokládá rovněž jeho trvalý zájem (již od bakalářské práce, přes diplomovou) o vědecká témata spojená s prebiotickou evolucí a výzkumem meziplanetární hmoty. O jeho soustavné a široké vědecké činnosti svědčí i impozantní počet 20 článků v impaktovaných vědeckých časopisech na výše zmíněná témata, jichž je předkladatel spoluautorem, a z nichž pouze 5 je zahrnuto do disertační práce.

Disertační práce jasně prokazuje, že si předkladatel osvojil jak teoretické, tak především praktické aspekty experimentální vědecké práce a je tak způsobilý k samostatné tvůrčí vědecké činnosti. Předložená disertační práce Mgr. Lukáše Petery dle mého názoru splňuje veškeré požadavky kladené na práci tohoto typu, a proto ji s potěšením mohu doporučit k obhajobě.



RNDr. Vladimír Kopecký Jr., PhD.