

Ozvěny života

Obří antény observatoří jako ALMA většinou nenaslouchají potenciální rádiové komunikaci mimozemšťanů, přesto jednou snad objeví známky života v kosmu. Možná nezachytí vzkaz dávno zaniklé civilizace, ale postačí něco mnohem menšího: signál životodárné molekuly. Přišel nyní tento signál ze souhvězdí Hadonoše?

text a snímky **MARTIN FERUS**

V NEZMĚRNÝCH HLUBINÁCH vesmíru vědci nalézají stále se opakující děje. Můžeme porozumět principu zrodu těžkých prvků při smrti masivní hvězdy ve stádiu supernovy, neboť tu lze čas od času ve vesmíru pozorovat. Dozvíme se tak, odkud se berou atomy, ze kterých je tvořena naše planeta i život sám. Nejen to, pozorujeme obrazy pestré chemie molekulárních oblaků. Jeden z nich v naší vlastní minulosti stál u zrodu naší Sluneční soustavy. Vidíme v přímém přenosu tvorbu protohvězd a protoplanetárních systémů, které mohou napovědět, jak vypadala mladá Sluneční soustava. Byly již tehdy k dispozici základní stavební kameny pro vznik života? Lze je nalézt i jinde ve vesmíru? Je možné, že Alexandr Oparin, Stanley Miller a mnozí další, kteří přišli s myšlenkou syntézy biomolekul a vzniku života na naší planetě, neměli pravdu? Přišly ve skutečnosti chemikálie pro život z vesmíru? Lze hovořit o něčem, co by se dalo nazvat chemickou panspermii? A nepřišel z vesmíru v podobě skutečné panspermie život sám?

Ve dvou studiích, přijatých k publikaci v prestižním žurnálu Královské astronomické společnosti Monthly Notices of the Royal Astronomical Society (MNRAS) [1, 2] informují astronomové univerzity v nizozemském Leidenu a Centra pro astrobiologii ve španělském Madridu o tom, že detekovali v okolí mladých protohvězdných dvojčat slunečního typu IRAS 16293-2422 A a B molekulu metylizokyanátu (obr. 4)

Stalo se tak pomocí observatoře ALMA v pásmu kolem 330 GHz ve vlnových délkách blízkých mikrovlnné oblasti. Vědci navíc pomocí laboratorních pokusů zjistili, že tato látka vzniká v mezihvězdném prostoru na povrchu zrníček prachu rozkladem metanu za vzniku radikálu CH_3 a jeho reakce s kyselinou izokyanatou. Co je ale možná

nejdůležitější - má se za to, že detekce této látky má přímou souvislost s potenciálním vznikem biomolekul kolem mladých hvězd slunečního typu. Dostáváme se zde k odpovědi na fascinující otázku, odkud se vzal život na naší planetě. Podle astronomů metylizokyanát představuje spolu s kyselinou izokyanatou model vazby, kterou lze najít v bílkovinách (obr. 2). Existence takto komplexních látek tedy nemůže být ničím jiným než důkazem možného vzniku biomolekul v mezihvězdném prostoru.

A VÍCE ZAJÍMAVÝCH CHEMIKÁLIÍ

Ve zmíněné soustavě IRAS 16293-2422 byly skutečně nalezeny velice zajímavé chemické látky, například glykolaldehyd, formaldehyd, metanol, acetonitril, keten, acetaldehyd, dimetyleter či metylformiát, a hlavně formamid - látka dost možná důležitější a pro současné představy o chemické evoluci biomolekul relevantnější. Claudine Kahane z observatoře ve francouzském Grenoblu již v roce 2013 bez patřičné pompy referuje o detekci formamidu v blízkosti této protohvězdy. [1]

Počátkem 21. století italští badatelé Raffaele Saladino a Leonardo Di Mauro přišli se zajímavou myšlenkou, že právě formamid by mohl být mateřskou molekulou pro vznik základních biomolekul. [3] V řadě pokusů



dokázali, že dokonce za podmínek panujících v mezihvězdném prostoru (např. pokud je formamid vystaven v přítomnosti vzorků meteoritů proudů protonů simulujících hvězdný vítr) vzniká z této sloučeniny řada biomolekul. Jiné studie označují za mateřskou sloučeninu pro vznik základních chemikálií života kyanovodík, nicméně ve skutečnosti jsou zřejmě chemismy vzniku biomolekul z obou sloučenin vzájemně provázané.

Jak vidí nález metylizokyanátu a jeho relevanci pro vznik života významní vědci specializující se na astrobiologii, astronomii a chemickou evoluci? John Sutherland z Laboratoře molekulární biologie britského Institutu pro medicínský výzkum v Cambridge je předním odborníkem v oblasti

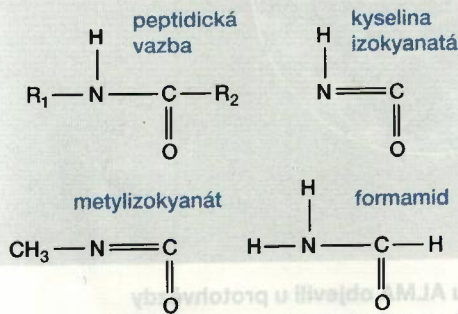
RNDr. MARTIN FERUS, Ph.D., (*1983) vystudoval fyzikální a environmentální chemii na UK v Praze. V roce 2005 začal pracovat v oddělení spektroskopie Ústavu fyzikální chemie J. Heyrovského AV ČR, kde se dnes věnuje experimentální aplikaci spektroskopie v materiálové chemii, detekci, analýze či vývoji vysoce výkonných pevnolátkových zdrojů světla. Hlavním tématem jeho výzkumů je nicméně kosmochemie se zaměřením na chemickou evoluci biomolekul a jejich prekurzorů během formování a vývoje planet. Za práce dokazující jejich syntézu účinky rázové vlny při dopadu asteroidů byl oceněn Prémii Otta Wichterleho a cenami Hlávkovy nadace a Učené společnosti ČR. Je amatérským astronomem a astrochemií jako relativně nový vědecký obor se snaží veřejnosti přiblížit v řadě popularizačních přednášek.





1. MLADÁ PROTOHVĚZDA obklopená prachovým diskem.

prebiotické syntézy. Podle jeho mínění článek přináší zajímavé výsledky, nicméně aby byly relevantní pro chemii raných planet, musel by se metylizokyanát dostat do jejich atmosféry ve velmi vysokých koncentracích. To je však v rozporu s výraznou nestabilitou této látky ve vodním prostředí. Methylizokyanát se totiž snadno hydrolyzuje. Dr. Sutherland vnímá skepticky též roli této látky v samotné protobiologické syntéze vedoucí ke vzniku života. Podotýká ale, že se



2. PODOBNOST peptidické vazby se strukturou molekuly metylizokyanátu a dalších relevantních sloučenin. (Ilustrační obrázek neukazuje skutečnou geometrii molekul.)

samořejmě může mýlit. Vzhledem k tomu, že v materii obklopující zmíněnou mladou hvězdu byl detekován také formamid, Rafael Saladino, jeden z „otců“ teorie o formamidové syntéze základních komponent pro vznik života, zaujímá k relevanci metylizokyanátu jako prebiotické molekuly rovněž kritické stanovisko. Methylizokyanát nemá významnou prebiotickou relevanci, neboť je pouze prekurzorem N,N-dimethylmočoviny a kyseliny N-metylkarbamové. Přiznává, že pokud jeho znalosti sahají, nikdy nebyla v souvislosti s metylizokyanátem dokázána syntéza základních komponent života, tedy nukleových bází, aminokyselin nebo cukrů. Nicméně právě formamid, u něhož bylo na základě řady experimentů dokázáno, že z něj biomolekuly vzniknout mohou, byl detekován v mezihvězdných oblacích a v okolí mladých hvězd (včetně diskutovaného systému IRAS 16293-2422 A a B). Podle Saladina postrádá vzhledem k současnému stupni poznání jakýkoliv smysl srovnávat prebiotickou relevanci metylizokyanátu a formamidu.

Bylo ovšem potvrzeno, že přímo samotné biomolekuly se mohou vyskytovat na tělesech v meziplanetárním prostoru. Zita

Martinsová z Královské univerzity v Londýně zjistila, že uhlíkaté meteority, tedy materiál reprezentující poměrně primitivní meziplanetární hmotu, obsahují základní komponenty živých struktur, jako jsou nukleové báze, aminokyseliny, uhlovodíky a karboxylové kyseliny.

Je možné, že tyto biomolekuly pocházejí z metylizokyanátu, který se snad nacházel v okolí mladého protoslunce v našem mateřském protoplanetárním oblaku před asi 4,57 miliardy let?

O této spekulaci Martinsová říká: „V tuto chvíli neexistují žádné důkazy. Methylizokyanát nebyl zjištěn v uhlíkatých meteoritech, dokonce ani v těch nejprimitivnějších, které obsahují organické molekuly s prokazatelně mezihvězdným původem nebo některé jejich mateřské sloučeniny. Nicméně je důležité zdůraznit, že přistávací stroj Philae detekoval metylizokyanát na povrchu komety 67P/Čurjumov-Gerasimenko, a tak je možné, že se tato molekula stala součástí prvotních protoplanetárních těles naší Sluneční soustavy.“ Methylizokyanát může také hrát roli jedné ze sloučenin koncentrujících základní biomakroelementy (H-N-C-O). To může být významné, protože vznik biomolekul či nějakých jejich dalších prekurzorů je výhodnější v případě sloučenin, které podobně jako formamid (HCONH₂) či kyselina izokyanatá (HNCO) tyto atomy obsahují spojené chemickou vazbou, a ty proto mohou reagovat pospolu. Sloučeniny pak v mezihvězdném prostoru „čekají“ zamražené do povrchu zrn na příležitost k chemické reakci – možná i vedoucí ke vzniku biomolekul. Tento významný aspekt detekce metylizokyanátu zmiňuje Paul Rimmer z Kavliho ústavu pro kosmologii při Astronomickém institutu Univerzity v Cambridgi.

Ačkoliv existence biomolekul byla beze všech pochyb dokázána v materiálu našeho vlastního meziplanetárního prostoru ve vzorcích prastarých uhlíkatých meteoritů, je nutno zmínit ještě další aspekty týkající se původu a zejména dalšího osudu biomolekul a jejich možných mateřských sloučenin. Ačkoliv se metylizokyanát, formamid, kyselina izokyanatá a další chemikálie nebo i některé biomolekuly pravděpodobně nacházejí ve startovním materiálu mlhoviny, která obklopuje protohvězdu, mezi nimi a přítomností biomolekul či prvotních živých struktur na raných planetách je ještě obrovská nepoznaná propast (obr. 3).

JAK DORAZÍ K CÍLI?

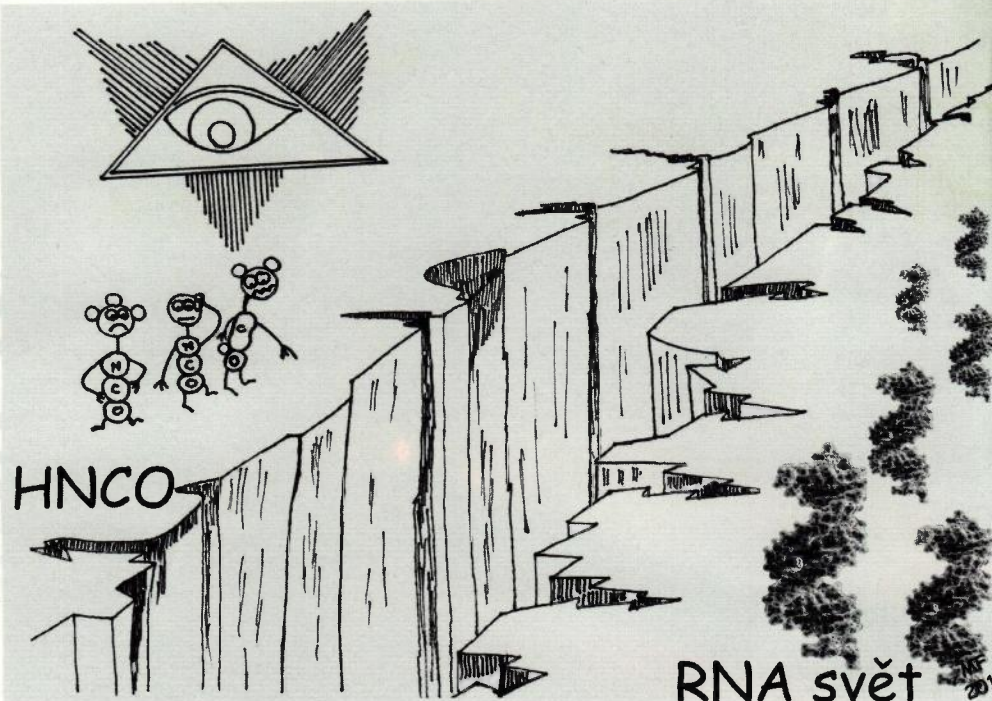
Není například zaručeno, že dorazí ke svému cíli, tj. terestrické planetě, jako je Země. Podle současných teorií stojících na analýzách vzácných nereaktivních plynů nemá atmosféra terestrických planet původ v mateřské mlhovině, ale vznikla odplyněním materiálů asteroidů dopadajících na jejich povrch

v prvotních desítkách až stovkách milionů let existence Sluneční soustavy, kdy se meziplanetární hmota pohybovala na nestabilních drahách (v období tzv. silného bombardování). Každá chemikálie tak byla vystavena podmínkám dopadu asteroidu. Je možné, že jakýkoliv materiál z vesmíru je během dopadu asteroidu rozložen na jednoduché látky a chemie raných planet je významně ovlivněna jeho přenosem z vesmíru a také rázovými vlnami. Ty ovšem mohou poskytnout energii pro opětovnou syntézu organických látek a biomolekul zničených impaktem. Ačkoliv se chemikálie při dopadu jednoho asteroidu rozloží, je možné, že následně při dopadu jiného opět povstanou jako fénix z popela? Autor tohoto článku spolu se Svatoplukem Civišem a Judit a Jiřím Šponerovými v celé řadě studií dokázali, že právě z formamidu či kyanovodíku za takových podmínek biomolekuly vzniknout mohou. [4, 5] Metylizokyanát ale v této souvislosti zkoumán nebyl. Nicméně i kdyby tento výzkum přinesl pozitivní výsledky, byla by tato chemikálie pouze jednou z mnoha mateřských sloučenin pro vznik biomolekul, vedle formamidu, kyanovodíku s vodou a různých mnohem jednodušších směsí, jako jsou čpavek a oxid uhelnatý, metan a dusík, oxid uhličitý s dusíkem a další.

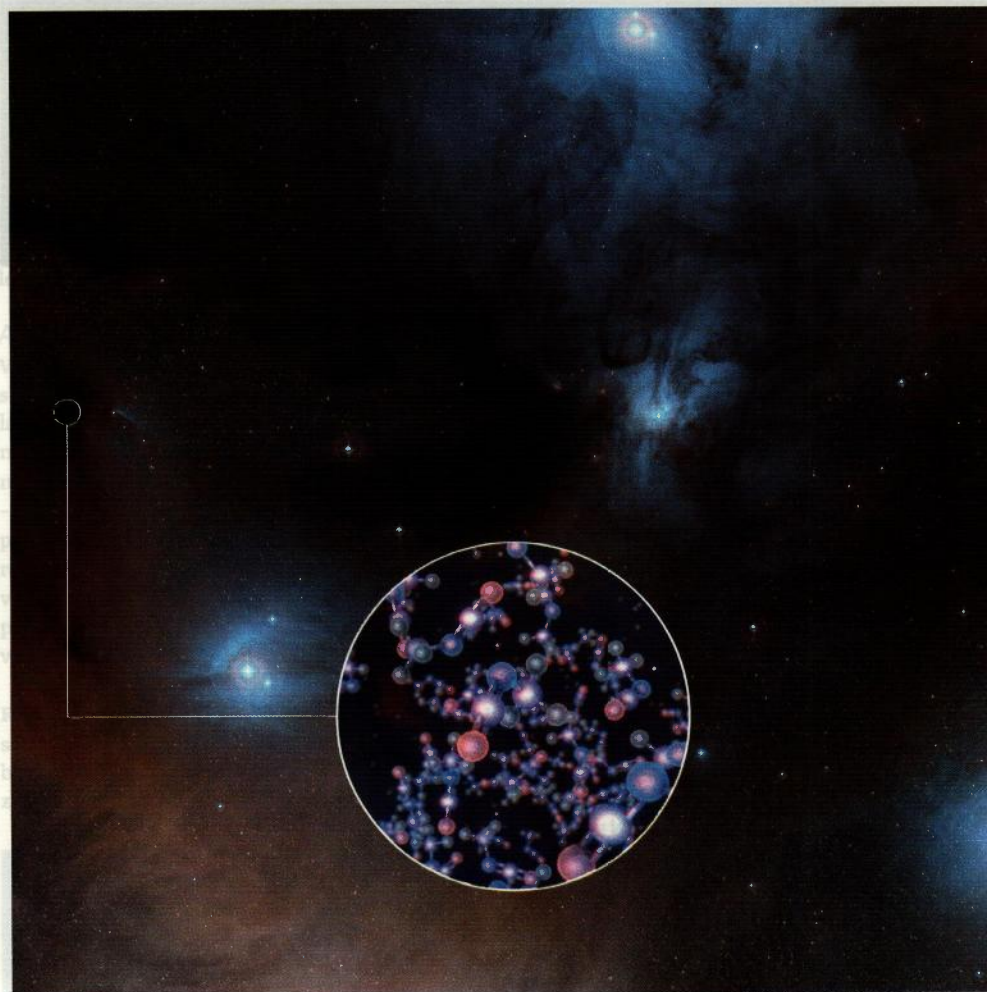
Též je nutno zmínit, že podle současných představ byl prvotní život založen na ribonukleové kyselině, pro niž jsou základními stavebními kameny ribóza, nukleové báze a fosfát, nikoliv aminokyseliny ani sloučeniny s prototypem peptidické vazby. Ačkoliv v oblasti chemického zkoumání původu biomolekul dosud nepadl definitivní závěr, na základě současných znalostí lze říci, že ozvěny života nám na kmitočtu 330 GHz v podobě čar metylyzokyanátu patrně nepřicházejí. Snad dorazí na jiných frekvencích v podobě jiných molekul. Nebo zachytíme ten kýžený mimozemský signál a diskuse nad prostými chemikáliemi se tak posune novým směrem. ●

K dalšímu čtení...

- [1] Ligterink N. F. W. et al.: The ALMA-PILS survey: detection of CH_3NCO towards the low-mass protostar IRAS 16293–2422 and laboratory constraints on its formation. *Mon. Not. R. Astron. Soc.* 469, 2219, 2017/2.
- [2] Martín-Doménech R. et al.: Detection of methyl isocyanate (CH_3NCO) in a solar-type protostar. *Mon. Not. R. Astron. Soc.* 469, 2230, 2017/2.
- [3] Šponer J. E. et al.: Prebiotic synthesis of nucleic acids and their building blocks at the atomic level – merging models and mechanisms from advanced computations and experiments. *Phys. Chem. Chem. Phys.* 18, 20 047–20 066, 2016/30.
- [4] Ferus M. et al.: Formation of nucleobases in a Miller-Urey reducing atmosphere. *Proc. Natl. Acad. Sci.*, DOI: 10.1073/pnas.1700010114, 2017.
- [5] Ferus M. et al.: High-energy chemistry of formamide: A unified mechanism of nucleobase formation. *Proc. Natl. Acad. Sci.* 112, 657–662, 2015/3.



3. NA POČÁTKU BYLY sloučeniny H-N-C-O a od živoucího světa je dělila bezdná propast. Co se stalo potom? Kresba Martin Ferus



4. ASTRONOMOVÉ pomocí radioteleskopu ALMA objevili u protohvězdy v souhvězdí Hadonoše známky přítomnosti metylyzokyanátu – chemikálie, která je považována za jeden ze základních stavebních kamenů života. Snímek zachycuje oblast rodících se hvězd, kde byl metylyzokyanát detekován. Ve výřezu je znázorněna struktura molekuly metylyzokyanátu.

Snímek ESO, Digitized Sky Survey 2, L. Calçada