

CHEMIE VZNIKU ŽIVOTA

VÁCLAV PAČES

*Ústav molekulární genetiky, v.v.i., Akademie věd České republiky, Vídeňská 1043, 142 20 Praha 4
vpaces@img.cas.cz*

Nedávno byl chemicky syntetizován genom mikroorganismu *Mycoplasma mycoides*. Úplný genom, sestávající z miliónu bází, se sice nepodařilo čistě chemicky sestavit, bylo třeba pospojovat kratší syntetické úseky DNA v živé buňce kvasinky, ale když srovnáme současnost se situací ještě před pěti lety, tak pokrok v chemické syntéze dědičné informace je doslova senzační.

Tento výsledek byl některými médii interpretován tak, že byl vytvořen umělý život. Tak tomu ale není. A dokonce nás tento výsledek nijak zvlášť nepřibližuje k poznání toho, jak život vznikl. Dodnes nevíme, zda je původ života pozemský. Lze vůbec vznik života vysvětlit v souladu s přírodními zákony? Nemají nakonec pravdu kreacionisté a většina náboženství, když tvrdí, že život vznikl vlivem neznámé síly, Boha. A že tomu můžeme jen věřit, protože nejsme schopni a ani povolání to našim lidským rozumem pochopit.

On je vůbec problém s definicí života: když se podaří oživit člověka ze stavu klinické smrti, byl tedy už mrtvý nebo byl živý? Jsou bakteriální spóry živé, i když po mnoho let, dokonce staletí, neprojevují sebemenší známky života, ale lze je vhodnými podmínkami oživit? Ani tak zvané základní atributy života plně život nedefinují, natož aby ho vysvětlovaly. Těmito atributy bývají označovány: (1) schopnost reprodukce (druhu, ne každého jedince – impotentů je!), (2) intermediární metabolismus, tedy schopnost využívat energii (sluneční, chemických vazeb) na práci a výstavbu těla, (3) mutabilita, nebo-li schopnost změny a (4) snižování vlastní entropie, tedy jakási samoorganizace. Na první pohled je zřejmé, že tyto atributy k definici života nestačí.

Tato celková složitost života a zejména jeho vzniku vedla k hypotéze tzv. „inteligentního plánu“, který lze ovšem prakticky beze zbytku ztotožnit s kreacionismem. Mně osobně připadá představa „inteligentního plánu“ nepodložená věcnými argumenty. Naproti tomu byly provedeny experimenty a vypracovány teoretické konstrukce, vysvětlující mnoho kroků, které mohly vést ke vzniku života zde na Zemi v souladu se známými přírodními zákonitostmi. Obtížnost experimentálně plně vysvětlit vznik života je dána mimo jiné dlouhou dobou, kterou pravděpodobně vyžadovaly složité reakce, o nichž předpokládáme, že k nim muselo při vzniku života dojít. Tuto dlouhou časovou škálu nemůžeme v experimentech realizovat. A ani „syntetický genom“ nás k vysvětlení nijak nepřiblížil.

Je to ale právě ten dlouhý čas, který od vytvoření Zeměkoule až do dnešních dob uběhl, který některé málo pravděpodobné chemické reakce umožňuje. Úvahy Eigena a nezávisle Fitcha a Uppera o stáří genetického kódu, založené na analýze nukleotidových sekvencí molekul tRNA, vedou k velmi přijatelnému závěru, že genetický kód není starší než 3,8 miliard let, a že tedy mohl vzniknout na Zemi, a to nedlouho po jejím vytvoření, ale už v době, kdy podmínky byly vhodné pro vznik života. Znamená to, že při nejmenším úvahy o době vzniku života jsou založeny na analýze dostupných experimentálních dat.

Abo-Rizig a Sobolewski vypočítali v roce 2005 stabilitu různých forem párů bází v klasických Watson-Crickových strukturách nukleových kyselin. Ukázali, že v podmínkách, jaké snad panovaly na Zemi v době, kdy život vznikal, se abioticky preferenčně tvoří právě takové struktury nukleových kyselin, které existují v současných organismech. Jaké ale prebiotické podmínky skutečně byly, se neví. Klasické experimenty Millera a Ureya z padesátých let 20. století byly založeny na předpokladu, že praatmosféra měla redukující charakter. To ovšem vůbec není jisté.

Základními chemickými reakcemi prebiotického světa musely podle současných představ být při vzniku života na Zemi jednak syntéza vhodných monomerů pro polymeraci a dále polymerace sama, pravděpodobně do struktury typu nukleových kyselin a proteinů. Těžko si můžeme představit vznik života bez vzniku polymerních struktur, protože nevíme o jiné formě molekul vhodné pro uchování informace. Experimenty ukazují, že tvorba polymerních struktur není nijak zvlášť obtížná, pokud jsou v prostředí vhodné monomery v dostatečně vysoké koncentraci. Byly provedeny experimenty a vypracovány hypotézy, které ukazují na možnosti, jak se dostatečně vysoká koncentrace monomerů mohla vytvořit. Mohla to být například sorbce na pórovité materiály, jakými jsou některé minerály. Tam pak mohla být i katalyzována jejich polymerace. Wachterhauser preferuje představu, že polymery vznikly na dně moří, možná v horkých gejzírech za katalýzy železitými sulfáty. Problémem polymerace ve vodném prostředí se zabýval už Oparin, který přišel s představou koacervátů. Koacerváty by umožňovaly kondenzační polymeraci i ve vodném prostředí, protože by uvnitř nich bylo prostředí lipofilní nebo alespoň částečně lipofilní. Špatně tedy chápou koncept koacervátů ti, kdo v nich vidí primitivní buňky. I ta nejjednodušší buňka je už velmi složitý organismus, který musel vzniknout evolucí až mnohem později. Koacervát naproti tomu je pouze kapénkou, která se vznášá ve vodě a má uvnitř prostředí vhodné ke kondenzační polymeraci, která by ve vodě nemohla proběhnout. Několik experimentů ukázalo, že k polymeraci může dojít v poušti při vysychání zředěného vodného roztoku monomerů. Nejen že se při vysychání roztoku monomery koncentrují,

ale navíc se v pouštních podmínkách silně zahřívají. Tím by polymerace mohla být usnadněna.

Nebiotická syntéza různých monomerů i jejich polymerace se v laboratoři daří. Co se ale dosud nepodařilo, je vznik takových polymerů, které by se začaly samy replikovat, případně katalyzovat replikaci jiných polymerů. V této souvislosti je významná existence samostřížné RNA. Dnes je jisté, že existují ribo-oligonukleotidy, které jsou schopny katalyzovat řadu reakcí včetně syntézy oligonukleotidů na komplementárních templátech. Samostřížná RNA byla objevena při studiu procesingu rRNA a tRNA. Její objev vyvolal spekulace o „světě RNA“, který spontánně vznikl na Zemi a z kterého se postupně vyvíjel život v základních charakteristikách podobný tomu současnému. Lze si snad představit situaci, kdy jedním z mechanismů nastíněných výše vznikalo množství kratších a delších oligonukleotidů či polymerů jim podobných, a že se mezi nimi náhodně objevila i struktura, která sama sebe začala opracovávat, případně i replikovat. Tomu by napomohla dlouhá doba, po kterou mohla „náhoda“ pracovat. Dosud se ale nepodařilo takovou strukturu syntetizovat chemicky, cíleně, v laboratoři. Tady je prostor pro šikovné chemiky, kteří by se zamysleli i nad jinými monomerními molekulami, které by mohly polymerovat do struktur s dalšími aktivitami.

To všechno jsou úvahy hodně teoretické. Žádná hypotéza nevysvětluje problém duality, tedy jak vznikl současný život založený tak zásadně na souhře informačních molekul (nukleové kyseliny) a funkčních molekul (enzymy). Přesto všechno je zřejmé, že se daří postupně a po malých krůčcích ozřejmovat základní kroky vzniku života na Zemi, a to v souladu s přírodními zákony. Bude ale ještě třeba mnoha experimentů než se dobereme něčeho konkrétnějšího.

(Toto téma jsem v poněkud jiné podobě publikoval v časopise Živa).

V. Pačes (*Institute of Molecular Genetics, Academy of Sciences, Prague*): **Chemistry of Life Origin**

How life was created is a question that occupies scientists for centuries. But the real experimental approach to the problem started only after the War by experiments of Miller and Urey. Since then many experiments showed that some of the chemical reactions may spontaneously lead to polymer structures that are basic for today's life. Especially important was the discovery of ribozymes, e. i. ribonucleic acids that can catalyze their own transformations. Recent chemical synthesis of the complete genome of *Mycoplasma* is another step towards elucidating origin of life on Earth.