

K PROBLÉMU MIMOZEMSKÝCH CIVILIZÁCIÍ

ANTON HAJDUK, Astronomický ústav SAV, Bratislava

HAJDUK, A.: On the Problem of Extra-Terrestrial Civilizations. *Filozofia* 38, 1983, No. 2, p. 229—233

Critical analysis of the possibilities of the determination of the occurrence of life or civilizations in the Universe shows that values of some parameters cannot be determined even approximately at the present level of knowledge of the evolutionary process of matter. Nevertheless, the limits of values, especially of astrophysical parameters are narrowing down successively. The philosophical consequence of the result lies in a more detailed specification of the place of Man in the Nature.

Problém mimozemských civilizácií má mnoho aspektov; od filozoficko-historických príčin vzniku tohto problému, cez neidentifikované lietajúce objekty alebo hľadanie stôp vesmírnych návštev na Zemi, až po výskum podmienok existencie života na planétach slečnej sústavy i vo vzdialenom vesmíre, registráciu nezvyčajných rádiových signálov z vesmíru a kozmickú lingvistiku.

Na niektoré otázky týkajúce sa problému mimozemských civilizácií bolo možné už odpovedať dosť jednoznačne: žiaden z tisícov podivných lietajúcich objektov nebol dopravným prostriedkom mimozemských civilizácií, žiaden z podivných útvarov na Zemi nie je výsledkom návštev mimozemšťanov; žiadne stopy života sa nenašli na Mesiaci ani na Marse; žiaden z podivných rádiových signálov zachytených rádioteleskopmi nebol umelého charakteru, nebol komunikáciou s vesmírčanmi.

Jednako, všetky tieto negatívne odpovede majú pre riešenie problému mimozemských civilizácií i pozitívny aspekt: vymedzujú pole bádania, umožňujú určiť postupné ciele v procese riešenia a umožňujú hlbšie chápať súvislosti medzi procesmi prebiehajúcimi na Zemi a vo vesmíre. Pozitívom doterajšieho úsilia je i poznanie, že výskyt života vo vesmíre je jav vzácny, nijako nie všedný, že pravdepodobnosť jeho výskytu vo vesmíre dnes nedokážeme číselne vyjadriť. Nemáme v ruke žiaden dôkaz existencie mimozemského života, ale pozorovania ukazujú na veľkú rozšírenosť základných fyzikálnych podmienok potrebných pre život vo vesmíre a dostatočne spochybňujú výlučnosť života na Zemi. Ukazuje sa, že riešenie problému mimozemských civilizácií nebude jednoduché ani rýchle, tak ako nie je jednoduché ani rýchle poznanie procesov samého vzniku života. Ba čoraz zreteľnejšie vidno, že oba tieto problémy sa zlievajú. Na poznanie procesov biogenézy už nestačí preniknúť do sveta molekúl a atómov, ale vyžaduje i rozhliadnuť sa po vesmíre, nájsť v ňom pozostatky procesov, ktoré v jednotlivých geologických dobách účinkovali na prostredie na Zemi a ovplyvňovali ho.

Metodicky podobnú úlohu riešila astronómia pri otázke vzniku slnečnej sústavy. Nedospelo sa k pozitívnym výsledkom, pokiaľ sa slnečná

sústava chápala izolovane, ako výnimočný jav, na vznik ktorej bolo treba výnimočnú okolnosť (napr. blízky prechod hviezdy, ako to predpokladala Jeansova teória). Až štúdium medzihviezdnych mračien a procesov vzniku hviezd ukázalo, že vznik hviezd i menších telies planetárneho typu úzko súvisí, že majú svoj pôvod v mračnách medzihviezdnej hmoty a že procesy, ktoré k ich vzniku vedú, nie sú vo vesmíre výnimočné, ale naopak, predstavujú určité štádium vo vývoji galaxie. Ale na druhej strane zovšeobecnenie tohto poznatku zašlo príďaleko, keď sa predpokladalo, že samotná existencia medzihviezdneho mračna s určitými nehomogenitami vedie automaticky ku gravitačnému kolapsu na hviezdu alebo planetárne telesá. Až taký všedný zase vznik planét nie je, najmä nie planét typu Zem, s obsahom ťažších prvkov. Takéto planéty vôbec nemôžu vzniknúť počas búrlivej fázy vzniku hviezd I. generácie v galaxii, pretože medzihviezdne prostredie galaxie je ešte veľmi chudobné na ťažšie prvky. Až po obohatení medzihviezdného prostredia ťažšími prvkami utvorenými vo hviezdach vzniká vhodný plynovoprachový materiál pre budúce planéty. Rádioastronomickými metódami bolo identifikovaných asi 50 druhov molekúl v medzihviezdnych mračnách. Všetky dosiaľ zistené molekuly pozostávajú zo šiestich prvkov: vodíka, uhlíka, dusíka, kyslíka, kremíka a síry (H, C, N, O, Si, S). Vyše dve tretiny z nich obsahujú uhlík a patria teda k organickým zlúčeninám. Mračná medzihviezdnej hmoty s obsahom týchto molekúl sú vo všeobecnosti v galaxii v rovnovážnom stave s teplotou okolo 10–30 K. Je dôležité, aby tento rovnovážny stav trval dlho, aby sa vzájomnými zrážkami a priliepaním k zrnkám prachu utvorili dostatočné konglomeráty molekúl. Po tomto i miliardy rokov trvajúcim procese musí pre vznik planét nastať krajne nerovnovážny stav mračna. Príležitosťou na to je vzájomná zrážka celých mračien, prechod mračna cez špirálové rameno galaxie, intenzívne žiarenie blízkych obrích hviezd a predovšetkým výbuch supernov. Pri týchto stretnutiach vzniká rázová vlna, ktorá mnohonásobne zhutňuje prostredie, ionizuje ho a vedie i k tepelnej rovnováhe. Napokon siločiar magnetického poľa galaxie spôsobujú zakrivenie jednotlivých vlákien mračna a sústreďujú ich do tzv. magnetických jám. Tento proces trvá iba niekoľko desiatok miliónov rokov. Priestorové je plynovoprachová hmota v magnetickej jame ohraničená asi na 1kpc... (1, s. 265) V takýchto relatívne malých a dostatočne hustých oblastiach vznikajú potom asociácie protohviezd a protoplanét, ako o tom svedčí pozorovanie tzv. maserov, zdrojov mikrovlnného žiarenia OH a H₂O, ktorých rozmery nepresahujú rozmery planetárnej sústavy. (2, s. 405)

I keď tento proces, ktorý je predohrou vzniku planét, nie je ešte dokonale preskúmaný a je tu zjednodušene vykreslený (a pritom nemusí byť jediný), ukazuje, že vznik planéty ešte iba potenciálneho nositeľa života je zložitý dej, pri ktorom spolupôsobí mnoho faktorov v galaxii. A navyše, že neprebíha spontánne, v dôsledku procesov vedúcich k ter-

modynamickej rovnováhe, ale naopak, práve v dôsledku vznikú nerovnovážnych stavov.

Každá uzavretá fyzikálna sústava speje k rovnováhe. Lokálna nerovnováha je javom fluktuácie s malou pravdepodobnosťou výskytu. Čím väčšia nerovnováha, tým menšia je pravdepodobnosť jej výskytu. Aby sa teda uskutočnil krajne nerovnovážny stav spočívajúci v slede procesov odohrávajúcich sa v medzihviezdnom prostredí a vedúci k vzniku planetárnej sústavy, čo je dej s veľmi malou pravdepodobnosťou, je potrebná existencia nesmierného množstva mračien medzihviezdnej hmoty a dostatočné množstvo horúcich hviezd a supernov. Tento masový výskyt podobných stavov dáva štatistickú istotu pre vznik želanej nerovnováhy a pre prechod k zložitejšej štruktúre. Vo filozofickej terminológii sa tomu obvykle hovorí premena kvantity na kvalitu. V skutočnosti existencia (či nahromadenie) veľkého množstva určitých systémov nevedie sama osebe ku kvalitatívnej zmene, je iba nevyhnutným štatistickým predpokladom pre uskutočnenie kvalitatívnej zmeny.

Samozrejme kvalitatívnou zmenou sa tu rozumie prechod od jednoduchšieho k zložitejšiemu (alebo ako sa tomu dosť nedokonale hovorí od menej dokonalého k dokonalejšiemu). Kritériom pre takýto kvalitatívny skok je väčšia organizovanosť vzniknutej sústavy a tá sa môže dosiahnuť jedine odčerpaním energie z okolia. Vznik planetárnej sústavy z medzihviezdného mračna možno pokladať za typický príklad progresívnej kvalitatívnej zmeny.

Živý organizmus je otvorenou sústavou lokálne ohraničenou a nerovnovážnou, sústavne odčerpávajúcou energiu z okolia. Z fyzikálneho hľadiska je javom krajne nepravdepodobným. Na to, aby život v niektorej planetárnej sústave vznikol, je potrebná súhra veľmi mnohých faktorov a okolností; na to, aby sa táto súhra uskutočnila, je nevyhnutný obrovský počet existujúcich planetárnych sústav. Existujú určité, veľmi pochybné odhady tohto druhu. Niektorí autori ako Cameron, Bracewell, von Hoerner (3), Drake, Šklovskij, Sagan (4) a iní (5, s. 419; 6, s. 360) zašli ešte ďalej a formulovali dokonca vzorce na výpočet mimozemských civilizácií. Tieto vzorce majú niekoľko obmien, v podstate sú však rovnaké a možno ich vyjadriť v tvare

$$N_C = R f_p f_b f_i f_l f_c L,$$

kde N_C znamená počet civilizácií vo vesmíre,

R je frekvencia vzniku hviezd,

f_p podiel hviezd, ktoré majú planetárnu sústavu,

f_b podiel planét vyhovujúcich pre biogénzu,

f_i podiel planét, na ktorých sa život vyvinul,

f_l podiel planét s inteligentnými bytosťami,

f_c podiel planét s civilizáciami schopnými komunikácie,

L priemerné trvanie komunikatívnej civilizácie.

Každý z faktorov vystupujúci vo vzorci sa dá samostatne analyzovať. Frekvenciu vzniku hviezd R môžeme odvodiť z pozorovaného počtu hviezd v našej Galaxii za vek Galaxie, čo je približne 10^{11} hviezd za 10^{10} rokov, priemerne teda 10 hviezd za rok. Treba pochopiteľne brať zreteľ na to, že počet vznikajúcich hviezd je dnes oveľa menší než v raných štádiách vývoja Galaxie. Ak chceme určiť počet civilizácií vo vesmíre, potom $R = 10^{12}$, keďže vo vesmíre máme rádovo 10^{11} galaxií. Počet hviezd s planetárnou sústavou môže byť menší o dva, tri rády. Ale podiel planét, spĺňajúcich fyzikálne podmienky pre vznik života, možno odhadnúť len s veľkou neistotou, pretože vyjadruje iba podiel planét s fyzikálnymi podmienkami, o ktorých pri dnešnom stave vedomostí vieme, že musia byť splnené (napr. hmotnosť, hustota, teplotný interval na povrchu a pod.). Rôzni autori odhadujú tento podiel $f_b \approx 10^{-3}$, teda že zhruba každá tisíca planéta tieto dosiaľ známe podmienky spĺňa. Faktor f_1 , vyjadrujúci podiel planét, na ktorých život skutočne vznikol, je vo vzorci úplnou neznámou a pokiaľ niektorí autori tu robia určité odhady (väčšinou znižujú počet týchto planét o tri rády), treba nedvojznačne povedať, že sú to odhady bez vedeckého zdôvodnenia. Na vyčíslenie tohto faktora by sme totiž museli poznať celý proces vzniku života, poznať všetky faktory, ktoré sa na tomto procese zúčastňujú. Niektorí biológovia zastávajú stanovisko, že pravdepodobnosť súhry procesov pri vzniku života je nesmierne malá a že faktor f_1 je menší než 10^{-20} . Ďalšie faktory f_i a f_c sú tu iba preto, aby naznačili, že takých planét, na ktorých evolúcia dospela k inteligentným bytostiam, je menej než planét, na ktorých vznikol život, čo je logické, ak uvažíme dobu, ktorá uplynula medzi vznikom života a vznikom človeka a možnosti kozmických katastrof za obdobie cca 3 miliárd rokov. Faktor f_c berie do úvahy možnosť zániku ľudstva pred' dosiahnutím schopnosti medzihviezdnej komunikácie. Obidva tieto faktory sa odhadujú obyčajne v medziach jedného rádu. Konečne priemerné trvanie komunikatívnej civilizácie L rôzni autori odhadujú vo veľmi širokom rozmedzí 10^3 až 10^{10} rokov podľa toho, či preferujú teóriu samozničenia alebo dobu rovnomerného žiarenia centrálnej hviezdy alebo nezávislosť existencie vyspelej civilizácie od bezprostredného okolia svojho vzniku, teda kolonizáciu kozmického priestoru.

Z tohto krátkeho pohľadu na medze neistoty v určení jednotlivých faktorov ovplyvňujúcich výskyt civilizácie vidno dostatočne jasne, že použitie tohto vzorca nám nedá ani približnú odpoveď na otázku počtu civilizácií vo vesmíre. Z filozofického hľadiska je asi úplne jedno, či je civilizácií tisíc alebo miliarda. Kvôli tomu som vzťah pre výskyt civilizácií neuvádzal. Ale určité filozofické dôsledky by z neho vyplynuli vtedy, keby sa ukázalo, že súčin faktorov, udávajúcich hodnotu N_C , konverguje k 1. Hodnota $N_C = 1$ je akousi obdobou kritickej hodnoty parametra priemernej hustoty vesmíru, určujúcej uzavretosť alebo otvorenosť vesmíru. Obyčajne sa diskutuje iba o otázke, či je civilizácia iba jedna, alebo ich je mnoho. Ale tento vzťah pre výskyt civilizácií má aj pravdepodob-

nostný charakter. Výsledok môže byť preto aj menší než 1. Ak by sme totiž bližším poznaním skúmaných faktorov dospeli k záveru, že $N_c \ll 1$, potom by to znamenalo, že sme sa tu ako ľudstvo ocitli náhodou, veľmi nepravdepodobnou súhrou okolností. Ak by $N_c \approx 1$, potom by to znamenalo, že sa život a civilizácia vyvinuli ako dôsledok pôsobiacich prírodných zákonov, pričom rozhodujúcim faktorom by bola sama veľkosť, resp. hmotnosť vesmíru. Ak sa však ukáže, že $N_c \gg 1$, potom môže znamenať, že príroda vytvorila dostatočné množstvo civilizácií ako nevyhnutný predpoklad pre ďalší kvalitatívny evolučný skok. Nie je preto celkom bezvýznamné venovať pozornosť určeniu jednotlivých faktorov účinkujúcich pri evolučných procesoch vo vesmíre, pretože výsledok, ku ktorému vedú, udáva postavenie človeka v prírode.

LITERATÚRA

1. BOČKAREV, N. G.: In: Zborník Zvezdy i zviozdnyje sistemy. Moskva 1981.
2. MORAN, J. N.: In: Zborník Na perednem kraje astrofiziki. Moskva 1979.
3. CAMERON, A. G. W.: Interstellar Communication. New York 1963.
4. SHKLOVSKII, I. S. — SAGAN, C.: Intelligent Life in the Universe. New York 1966.
5. KREIFELDT, J. G.: Formulation for the Number of Communicative Civilizations in the Galaxy. Icarus 14, 1971.
6. OLIVER, B. M.: Proximity of Galactic Civilizations. Icarus 25, 1975.

К ПРОБЛЕМЕ ВНЕЗЕМНЫХ ЦИВИЛИЗАЦИЙ

Антон Га́йдук

Критический анализ отношения для определения существования жизни или цивилизаций во Вселенной показывает, что при современном состоянии познания процесса эволюции материи нельзя даже приблизительно определить значение некоторых величин. Однако пределы значений, особенно у астрофизических величин, постепенно сужаются. Философское значение результата состоит в более конкретном определении места человека в природе.

ZUM PROBLEM DER AUSSERIRDISCHEN ZIVILISATIONEN

Anton Hajduk

Die kritische Analyse der Relation für die Bestimmung des Vorhandenseins von Leben, bzw. Zivilisationen im Kosmos zeigt, dass die Werte einiger Größen nach dem gegenwärtigen Stand des Wissens vom Evolutionsprozess der Materie auch nicht annähernd bestimmbar sind. Jedoch ist zu vermerken, dass die Wertgrenzen, besonders bei astrophysikalischen Größen, nach und nach schrumpfen. Die philosophische Tragweite des Ergebnisses ergibt sich aus der näheren Bestimmung der Stellung des Menschen innerhalb der Natur.