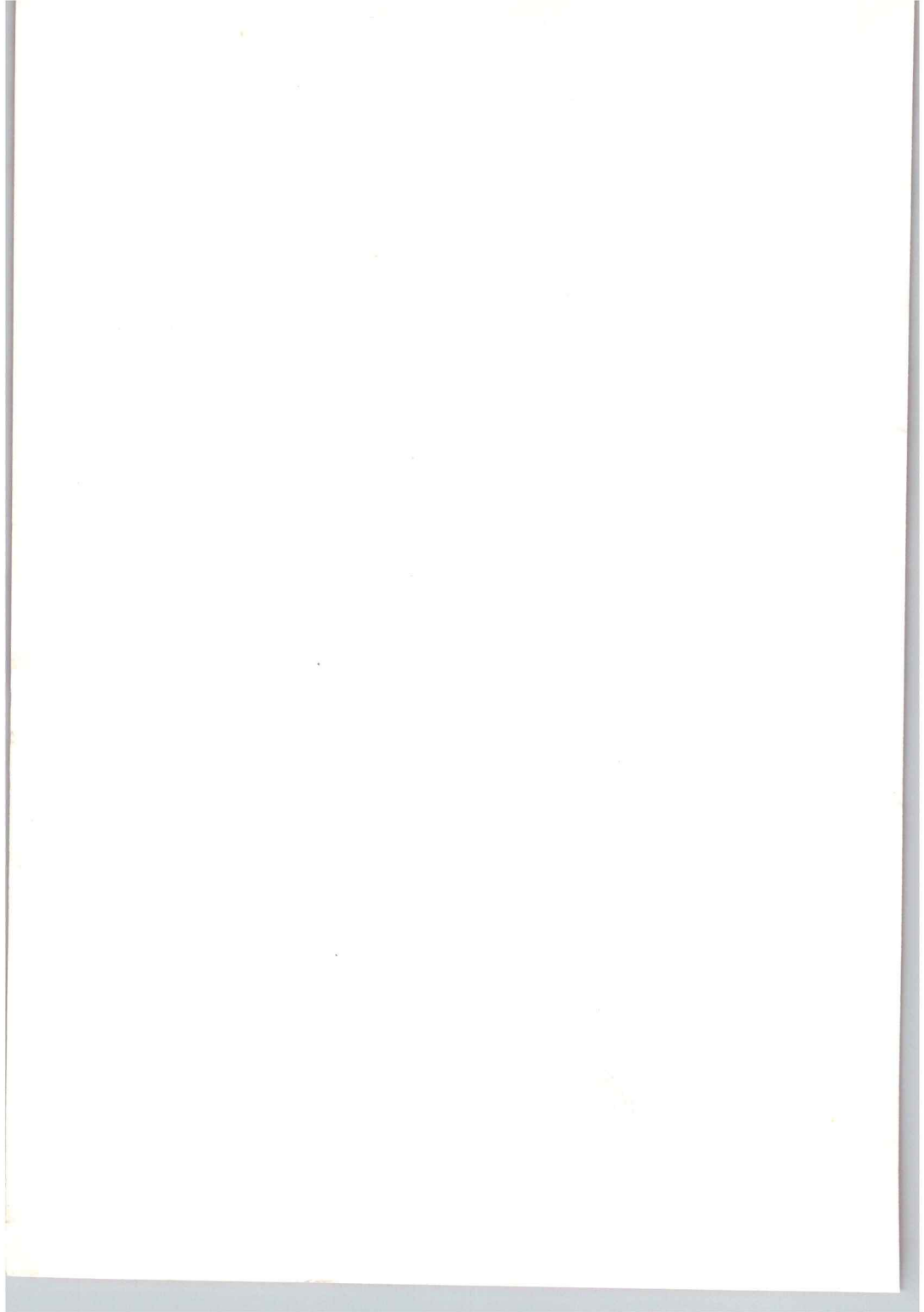




# ***KOSMICKÉ ROZHLEDY***

NEPERIODICKÝ VĚSTNÍK ČESKOSLOVENSKÉ ASTRONOMICKÉ SPOLEČNOSTI PŘI ČSAV

1/1978



# KOSMICKÉ ROZHLEDY, neperiodický věstník Československé astronomické společnosti při Československé akademii věd

ročník 1978

číslo 1

I. S. Šklovskij

## O možné jedinečnosti rozumného života ve vesmíru

Myšlenka o množství obydlených světů je tak stará jako lidská kultura. Rozšířila se všude již v době, kdy astronomie jako věda vlastně neexistovala. Takové mlhavé představy o množství obydlených světů prolínají do primitivních a starých náboženských představ - například do buddhismu. Astronomie se rozvíjela a idea o mnohosti světů obydlených dostávala určitější podobu. Řečtí filosofové, materialisté i idealisté, v naprosté většině zastávali představy o životě ve vesmíru. Anaxagoras, jeden z prvních zastánců heliocentrické světové soustavy, například soudí, že Měsíc je obydlen. Je i autorem hluboce zakořeněné představy, která přečkala tisíciletí: myšlenky panspermie, učení o neviditelných zárodcích života, rozptýlených po celém vesmíru. Materialistická filosofická škola epikurejců také soudila, že nebeská tělesa jsou obydlená.

Horlivým přívržencem této představy byl i významný římský materialistický filosof Lucretius Carus. Jasně o tom hovoří ve svém nesmrtelném díle "O přírodě", kde říká: "Celý tento viditelný svět není v přírodě jediný, a jsme nuceni věřit, že v jiných oblastech prostoru jsou jiné země s jinými lidmi a jinými tvory ..."

Je kuriózní, že Lucretius, který vůbec nechápe podstatu hvězd a považuje je za světélkující zemské výpary, umístil své obydlené světy za hranice vesmíru.

Patnáct následujících století vládla v Evropě neomezeně aristotelovská geocentrická soustava, o níž se opíralo křesťanské náboženství. Velký vědecký převrat spojený se jménem Mikuláše Koperníka znamenal rozpad Ptolemaiova systému. Země byla "degradována" do "podřízeného" postavení a myšlenka o množství obydlených světů znovu získala vědecký základ.

Velký rozvoj astronomie v posledních čtyřech stoletích znamenal všeobecné rozšíření představ o životě ve vesmíru. Církev se bránila rozšíření heliocentrického systému; postupně se však přizpůsobila. Dnes již teologové připouštějí možnost, že na jiných nebeských tělesech existují rozumné bytosti. Názory církve a vědy, stanovisko idealismu a materia-

listu k tomuto problému se dnes neliší, to je nepochybné.

Jak se rozvíjela myšlenka o množství obydlených světů v novověku? De první poloviny 19. století vládla představa o všeobecném osídlení vesmíru. Stačí upozornit, že Herschel - a před ním Newton - považovali Slunce za obydlené! V 18. - 19. století se téměř žádný z vědců a filosofů neodvážil vystoupit proti koncepci mnoha obydlených světů. Jen ojedinělé hlasy varovali před představou, že život - a především rozumný život - je na všech planetách. Vzpomeneme například dnes zapomenutého anglického vědce Wawella, který dosti směle na svoji dobu (roku 1853!) vyslovil mínění, že se velké planety sluneční soustavy nehodí pro život, protože se skládají "z vody, plynu a par". Popíral také možnost života na Merkuru a Měsíci. Myšlenka nevhodnosti Měsíce pro život vstupovala do povědomí lidí velmi pomalu. Dekonce ještě koncem 19. století známý americký astronom W. Pickering "dokazoval", že lze na povrchu Měsíce pozorovat hromadné migrace hmyzu a tím vysvětloval pozorovatelné cyklické změny měsíčního povrchu. Podobná podivná domněnka aplikovaná k Marsu vznikla uprostřed našeho století. Tehdy také autor těchto řádek vyslechl od jednoho významného světového astronoma jinou hypotézu, která objasňovala záření noční oblohy na Venusi tím, že se v husté atmosféře naší kosmické sousedky prohnání obrovské množství ... světlušek!

Při tom všem vedoucí tendencí v rozvoji koncepce o mnoha obydlených světech v posledních stu letech je systematické snižování počtu kosmických objektů, na něž bychom mohli pohlížet jako na útočiště života. Tato tendence je zřejmá i dnes, jak uvidíme dále. Teprve poslední čtvrtstoletí umožnilo skutečně vědecký přístup k nejstaršímu problému množství obydlených světů. Především v onom období proběhla v astronomii "druhá revoluce" se svými ohromnými množstvími objevů, jež podstatně měnily naše představy o vesmíru. +/ Vystávaly před námi stále určitější obrysy vesmíru v jeho vývoji od jednoduchého k složitějšímu. Důležité úspěchy byly dosaženy v představách o původu a vývoji hvězd. Významné výsledky radioastronomie stimulovaly ideu o možném uskutečnění mezihvězdného radiového spojení. A ta se v posledních letech stala téměř základní otázkou v problému mimozemských civilizací. Objevila se tendence zaměřit obecný problém množství obydlených světů problémem spojení s mimozemskými civilizacemi, což je principiálně správné. Velký vliv na náš problém měl i jiný výsledek vědy v posledním čtvrtstoletí: proniknutí do podstaty dědičnosti a vznik molekulární biologie. Teprve tyto výsledky umožňují konkrétně řešit problém vzniku života na Zemi, na který zatím nedokážeme odpovědět. A konečně - uplynulá dvě desetiletí znamenala začátek kosmické éry v historii lidstva a první kroky v ovládnutí blízkého kosmického prostoru. Vznikla kosmická technologie a začala se prudce rozvíjet. Vesmír pronikl do povědomí všech obyvatel naší planety. Také problém mimozemských civilizací a spojení s nimi opustil pole vědecké fantastiky, kterou už dávno živil, a stal se plně aktuálním. To dokládá i několik vědeckých symposií a konferen-

+/ viz autorův článek v časopisu "Voprosy filosofii (1968)"

cí, na nichž se systematicky analyzovala problematika rezumného života ve vesmíru. Zvláště plodné a významné bylo sovětsko-americké symposium na Bjurakanské observatoři AV Arménské SSR na podzim roku 1971. +/

Třebaže se na těchto symposiích řešil široký okruh otázek, převládala problematika kolem otázky spojení s mimosemskými civilizacemi. Takový "pragmatický" přístup k problému, jak jsem již uvedl, těžko může přispět k řešení. Poněkud perspektivnější se zdá být obecný logicko-filosofický přístup, který se pokusím vyloučit v tomto článku.

Základní pro celý problém mimosemských civilizací zřejmě je prostý vztah, označovaný jako Drakeův vzorec

$$N = n \cdot P_1 \cdot P_2 \cdot P_3 \cdot P_4 \cdot \frac{t_1}{T} ,$$

kde  $N$  je počet vysoce rozvinutých civilizací, které existují v Galaxii současně s námi;  $n$  - množství hvězd v Galaxii;  $P_1$  - pravděpodobnost, že hvězda má soustavu planet;  $P_2$  - pravděpodobnost vzniku života na planetě;  $P_3$  - pravděpodobnost, že vývoj života na planetě povede ke vzniku rozumných myslících bytostí;  $P_4$  - pravděpodobnost, že rozumný život dosáhne technologické éry;  $t_1$  je střední doba trvání technologické éry;  $T$  - stáří Galaxie.

Spolu s rozvojem vědy v posledních letech je možno zjistit zcela zřetelnou tendenci ke zmenšování součinitelů v Drakeově vzorci. Sám Drake se ještě v roce 1961 pokoušel zachytit rádiové signály od blízkých hvězd v Oet a z Eri. Nyní je nám jasné, že takový pokus byl zcela naivní. Pravděpodobnost existence planetárních soustav v okolí hvězd, která se většinou účastní Bjurakanského symposia zdála dostatečně vysoká ( $\sim 0,1 + 0,01$ ), je nejspíš značně menší. Vzárušující objev amerického astronoma Van de Kampa, který objevil planetární soustavu u jedné z nejbližších hvězd - známé Barnardovy šipky, se ukázal být čistě instrumentálním efektem, dešti běžným při měřeních na hranici rozlišovací schopnosti. Tak byl skompromitován nejdůležitější argument ve prospěch velkého rozšíření planetárních soustav. Jako falešný se ukázal i jiný argument, vycházející z náhlé změny rychlosti rotace u hvězd spektrální třídy F 2. Téměř jistě je tato změna vyvolána únikem hmoty z povrchu hvězdy, na které je velmi mnoho aktivních oblastí (téžež druhu, které pozorujeme na povrchu Slunce) a také tím, že jde o vícenásobné hvězdy. Nedávno se například ukázalo, že snad až 98 % hvězd podobných Slunci je součástí dvojitých nebo vícenásobných systémů. V takevých soustavách se až na výjimky život nemůže rozvíjet, protože teplota povrchu případných planet se musí měnit v nepřipustně širokých mezích. Ukazuje se, že naše Slunce je podivná osamocená hvězda obklopená rodinou planet a je nejspíš vzácnou výjimkou ve světě hvězd. Součinitel  $P_1$  se nám tak zmenšuje stokrát.

+/ Viz materiál tohoto symposia a také autorův článek v časopisu "Voprosy filosofii (1973)"

Čím hlouběji pronikáme do tajemství života, tím podivnější a nepochopitelnější je základní otázka: jak vlastně vznikl život na Zemi? Před vznikem molekulární biologie se pozornost badatelů v této oblasti soustředila na otázku vzniku prvotních organických sloučenin na Zemi (cukrů, aminokyselin, nukleových kyselin), z nichž sestává vše živé. Teď už to pro nás není problém - vědyt dokonce v chladných hustých oblačích mezihvězdné hmoty objevila současná radiová astronomie mnohoatomové molekuly - například etylalkohol a metylalkohol. Astronomové se nebudou nijak divit, jestliže budou objeveny ještě složitější současniny, například právě cukry a aminokyseliny. Tím spíš lze takové stavební kameny života předpokládat na Zemi na počátku její historie. Dnes však už všichni chápou, že objevení takových "stavebních kamenů" je jedna věc a vznik života druhá věc. Živý organismus, dokonce i ten nejjednodušší jednobuněčný, je především nejpřesnější, velkolepě sladěný, virtuózně pracující stroj. Přesnější vzato nikoliv stroj, ale cosi nesrovnatelně složitějšího než nejsložitější ze současných továren s automatizovanými provozy. Myslet, že z hotových bloků vzniká stroj vzniká sám od sebe, znamená věřit v zázraky. Život, který znamenal kvalitativní skok ve vývoji hmoty, musel mít zdroje svého vzniku na nejjednodušší předbuněčné úrovni. Ale dodnes je zcela nejasné, jak tento důležitý skok proběhl. Můžeme jen předpokládat, že pro takovou "zázrak" je nutná zcela výjimečná souhra přírodních okolností. Připustíme-li to, pak apriorní (a ne subjektivní) pravděpodobnost takové události je neobyčejně malá. Není náhoda, že jeden ze zakladatelů současné molekulární biologie prof. Crick nedávno vůbec zanechal pokusů pochopit původ života na Zemi a dal přednost staronové variantě panspermie ... Můžeme tedy uzavřít, že apriorní pravděpodobnost vzniku života na jakékoli vhodné planetě v Galaxii může být libovolně malá. Stejně tak malá je pravděpodobnost vývoje takto vzniklého života do stadia rozumných bytostí a tím spíš technické civilizace. Je však nutno zdůraznit, že odhad této pravděpodobnosti nemá žádný pevný základ a součinitel  $p_2$  musí být neurčitý a malý.

A důsledek našich úvah? Jestliže v době Bjurakanakého symposia podle většiny expertů se vzdálenost k nejbližším mimozemským civilizacím odhadovala na 100 - 300 pc, pak dnes, po čtyřech letech, musíme odhadovat, že táte hodnota je nejméně o řád vyšší. Je-li to tak, pak počet civilizací v naší hvězdné soustavě sotva převyšuje tisíc; může být přitom značně nižší.

Nyní přistoupíme k odhadu počtu civilizací v Galaxii ze zcela jiného, ne astronomického hlediska. Základem našich úvah bude humanitárně-futurologický aspekt problému. Nejdůležitější zvláštností rozvoje rozumného života je jeho tendence k neomezené expanzi - k exponenciálnímu růstu všech ukazatelů. Již teď se však rýsuje možnost vážných krizových situací, s nimiž se setká lidstvo při svém dalším vývoji, protože rozměry a neobnovitelné zdroje Země jsou konečné. Kompetentní analýza mezi vývoje a následků nekontrolovatelné expanse pozemské civilizace je obsažena ve známé knize členů tak zvaného Římského klubu "Meze růstu". Třebaže autoři nejsou marxisté,

zaslouží jejich závěry vážnou pozornost. Žádným způsobem se totiž nevyhneme prostému faktu, že neobnovitelné zdroje naší planety jsou omezené a při trvalém exponenciálním růstu výroby, obyvatelstva i znečištění životního prostředí v nejbližších příštích stoletích (nebo dokonce i nejbližších desetiletích) dojde ke krizové situaci kolapsu. Kvalitativně novou zvláštností naší doby je okolnost, že krizové situace se neřsují v neurčité vzdálené budoucnosti, jak se to zdálo např. v 19. století. Dnes se ukazuje, že je to perspektiva dvou až tří nejbližších generací.

Mnozí vědci humanitních oborů, zvláště historikové, se k takovým předpovědím vyjadřují skepticky. "Vždyt i před rokem 1000 se hovořilo o konci světa - a vidíte: za chvíli budeme mít rok 2000". Tento skeptikům můžeme odpovědět: Ovšem, před rokem 1000 předpovědi o konci světa tehdejší "futurologové" dělali na podkladě "poznatků" takových "čelných věd" té doby jako je demonologie, astrologie a jiné. Dnes se futurologové opírají ve svých prognosách o kybernetiku, fyziku, chemii, biologii, technologii, atd. Věřme, že kolegové skeptikové pechopí rozdíl mezi situací roku 1000 a 2000.

Jak si můžeme představit další rozvoj lidstva v takové situaci? Je nepoohbné, že se musí skončit s anarchistickým rozvojem výrobních sil, nekontrolovatelným růstem počtu obyvatelstva, s ničením životního prostředí a barbarickým vztahem k přírodním zdrojům. Takový důležitý úkol lidstva může být splněn jen vědecky vytvořenou komunistickou společností. Rozumí se, že se musí pro to udělat vše možné i předtím, kdy ještě je naše planeta rozdělena na státy různého společenského zřízení. My se však v tomto článku zajímáme o vzdálenější perspektivy lidstva. Ty nejsou zdaleka tak aktuální jako problém ochrany životního prostředí, demografického výbuchu a další. Ale analýza vzdálenějších perspektiv má prvořadý význam pro světový názor.

Dnes je již jisté, že při kvantitativním exponenciálním růstu výrobních sil se Země v příštích sto letech může stát nevhodnou pro život (přehřátí zemského povrchu, porušení ozonoféry, katastrofické znečištění ovzduší a vody a pod.) Z téhož důvodu mnozí západní autoři stále častěji uvádějí, že bude nutné zastavit růst výrobních sil a dále jej přísně regulovat (konceptce "rovnovážného stavu" civilizace). Proč by se pokrok měl týkat jen kvantitativního růstu? Společnost se může soustředit na rozvoj některých kvalitativních charakteristik jako je umění, sport, některé směry základního výzkumu. Zkoumaly se různé, více méně důmyslné modely dalšího rozvoje lidské společnosti, které domněle mohou odstranit nebo aspon omezit bližící se krizi (viz např. knihu "Meze růstu").

Můžeme si však představit čistě kvalitativní rozvoj jakékoli civilizace - a zejména pozemské - bez kvantitativního růstu, bez neustálé expanse? Zdá se, že ne. Jak by bylo možné například takové civilizaci zakázat, aby ovládla kosmický prostor a využila jeho prakticky neomezených surovinových a energetických zdrojů? Jak by bylo možné zakázat, aby do kosmického prostoru postupně přemístila tu technologii, která škodí životnímu prostředí nebo je dokonce ničí? Logicky nutný proces ovládnutí kosmického prostoru, který zá-

komitě začal v určité etapě rozvoje civilizace se musí stát obdobou objevení nových zemí a světového oceánu v období velkých zeměpisných objevů. Je s podivem, že autoři "Mesí růstu" nevzali v úvahu tuto důležitou okolnost, která nově klade otázku o zdrojích pro civilizaci a cestách jejich rozvoje. Je to tím podivnější, že dokument členů Římského klubu byl napsán roku 1971, kdy člověk už pobýval na Měsíci.

Je nám ovšem jasné, že ovládnutí vesmíru je vrcholně složitý, dosti rozporný proces. Dříve bylo zcela nejisté, ochrání-li kosmonautika naši civilizaci od blížící se krize. Podstata věci tkví v tom, že všechny globální procesy (růst výroby, obyvatelstva, znečištění) mají setrvačnost. Brzdná doba nekontrolovaných parametrů rozvoje se dnes blíží kritické hranici, kdy bude srovnatelná s dobou, v níž očekáváme příchod krizové situace. To znáší, že pokud necháme tyto pozemské záležitosti živelnému vývoji, zaskočí nás krize a nebude nám již čas pro skutečné využití kosmického prostoru. Příslušné odhady uvedeme dále.

Odtud plyne základní závěr: předtím, než efektivně využijeme vesmír, musíme udělat pořádek ve vlastním domě, u nás na Zemi. A to je především sociální problém.

V posledních letech při analýze vzdálených vývojových perspektiv civilizace v souvislosti s problémem množství obydlených světů se na Západě stále častěji ozývají hlasy o kritických situacích takového rozvoje a navrhuji se základní změny strategie. Namísto neomezené expanze - napřed v rámci vlastní planety a pak ve vesmíru - může nastat etapa "rovnovážného stavu", jež vede ke ztrátě zájmu a jakési vnitřní Polynésie (místní ráj bez rozvoje - viz např. článek Stenta ve sborníku CERN, Moskva "Mir", 1975). Polemizovat s takovými koncepcemi se zdá nezmyslné, tím spíš, že autor tohoto článku soudí, že pro některé civilizace v určitých vývojových etapách je taková situace obecně vzato možná. Ale vždyť o to nejde! Podstatné jsou podle našeho mínění dvě okolnosti:

- A. Nemůžeme počítat s tím, že je takový vývoj nevyhnutelný pro všechny civilizace.
- B. Nelze předpokládat, že "strategie chování" civilizace je neměnná. Že se mění, je vidět na příkladu naší civilizace. Dosud její strategie pozůstávala v neomezené expanzi. Předpokládejme, že se v budoucnosti změní ve strategii "rovnováhy". Ale kde, ptáme se, je záruka, že za století nezvítězí strategie Neomezené Expanze?

Základní závěr, který z toho pro nás plyne: přinejmenším pro určitou část mimozemských civilizací - našich "současníků" je strategie neomezeného exponenciálního růstu ("expanse") normou chování. A neomezená expanse - to je především vniknutí do vesmíru a ovládnutí napřed bližší a pak jeho vzdálenější části. Právě takovou situaci předvídal už začátkem století K. E. Ciolkovskij.

Je jasné, že přes velké překážky takový proces ovládnutí vesmíru probíhá velmi rychle. To je zřejmé na příkladu naší pozemské civilizace.



Kosmická éra na Zemi trvá necelých 20 let (psáno r. 1976 - pozn. překl.). Přesto za této období bylo vyřešeno obrovské množství vědecko-technických úkolů. Automatické meziplanetární sondy mnohokrát procházely okolím všech vnitřních planet sluneční soustavy. Na oběžné dráhy byly navedeny umělé družice Marsu a Venuše. Začale se se studium planety Jupitera a Saturna. Co se ještě nečádně zdálo fantasí, je skutečností: kosmonauti pobývali na Měsíci. A konečně přistávací moduly někde přistály na povrchu Měsíce, Venuše a Marsu.

Vesmír začal sloužit člověku. Prudké změny nastaly v systémech radiového i televizního spojení. Studium zdrojů naší planety z vesmíru se také silně rozvinulo. Základními změnami prošla mezinárodní meteorologická služba.

To je však teprve začátek. Na řadě jsou daleko grandióznější projekty. Jako příklad stačí uvést projekt princetonské skupiny fyziků a techniků pod vedením O. Neila. Tato skupina detailně, na úrovni technického projektu vypracovala plány velkých kosmických kolení (viz též KR 8. 1/1977, str. 36 - pozn. překl.). První fáze projektu předpokládá sestavení velké kosmické stanice v oblasti libračních center  $L_4$  a  $L_5$  soustavy Země - Měsíc. Stanice má mít tvar amuletu o průměru 1,5 km a její rotace vytvoří odstředivé zrychlení téže hodnoty jako gravitační zrychlení na Zemi. Uvnitř amuletu poroste zelenina i ovoce, bude zde dokonce živočišná i průmyslová výroba. Jakmile bude stanice plně vybavena, stane se nezávislým systémem. Bude tam možné umístit až 10 000 lidí obsluhy, kteří budou žít ve větším komfortu než na Zemi. Výběr místa mentáše (libračního centra) je určen vztahy nebeské mechaniky: libeovelné těleso v blízkosti libračních center  $L_{4,5}$  může být neomezeně dlouho a pohybuje se kolem Země po měsíční dráze.

Zdůrazněme, že tento projekt je prvním krokem k výstavbě "měst v éteru", o kterých kdysi snil Cielkovskij. Je však vypracován až na úroveň přesného technického řešení, které vychází z možnosti současné technologie. Základní myšlenkou projektu je hromadné použití kosmických tahačů, tedy kosmických lodí vícenásobného užití, které značně zlevňují kosmické stavitelství. Takové tahače budou využity americkou kosmickou technikou v nejbližších 2 - 3 letech. Stejný as pevdšimnutí, že většinu stavebních materiálů pro stavbu této kosmické kolonie budou tahače brát z Měsíce - okolnost, kterou prozíravě předvídal K. E. Cielkovskij.

Náklady na stavbu kolonie se odhadují na 100 miliard dolarů, trvání výstavby na 15-20 let. Pro porevnání uvedme, že americký program Apollo, který úspěšně vyřešil dosažení Měsíce člověkem, stál téměř 30 miliard dolarů a že roční vojenský rozpočet USA překračuje částku 100 miliard dolarů. K tomu dodejme, že hanebná vietnamská válka za 8 let přišla americký lid na 130 miliard dolarů - a to nepočítáme několik desítek tisíc padlých Američanů.

Výstavba zmíněné kosmické kolonie bude zato velkým přínosem. Nehledě už na jedinečné možnosti v oblasti základního vědeckého výzkumu, jehož výsledky jednoduše nemůžeme odhadnout, bude taková stanice důležitým zdrojem energie pro

Zemi. Systém zrcadel kolem stanice bude zachycovat sluneční energii, která bude transformována a ve formě mikrovln speciálními reflektory vysílána k Zemi. Ukazuje se, že účinnost takového systému je značná, asi 70 %. Výpočty ukazují, že množství energie přenášené tímto způsobem bude větší než od nafty, která má protáhnout projektovaným obřím naftovodem Aljaška - USA. Při současných cenách paliv bude tato energie mít hodnotu nejméně 10 miliard dolarů ročně. To znamená, že se náklady na výstavbu kosmické kolonie vrátí do deseti let.

Výpočty ukazují, že po takové stanici bude možná přistoupit ke stavbě daleko grandioznějších zařízení ve vesmíru. Mluví se o objektech, z nichž na každém bude moci žít ve zcela komfortních podmínkách 40 - 50 milionů lidí, tedy obyvatelstvo takové země, jako je Francie. Výstavba podobných objektů si vyžádá mnoha desetiletí.

Jsme tedy svědky vzniku nové důležité oblasti techniky - kosmického inženýrství. Už nyní se také rysují obrysy budoucí kosmické architektury - možná nejdůležitějšího umění příštích století.

Desud nevíme, rozhodne-li kongres USA, že se překročí k realizaci této grandiozní výstavby v nejbližších letech (jde samozřejmě zatím jen o první fázi projektu princetonské skupiny). Ví se jen, že NASA tento projekt pozorně sleduje. Ať už však rozhodnutí o konkrétním časovém plánu výstavby první kosmické stanice bude jakékoliv, má tento projekt, jak dále uvidíme, principiální význam pro posezení našeho problému. Předznamenává totiž možnost, aby nejen jednotliví hardinní kosmonauti, ale celé lidstvo překročilo hranice Země a uskutečnilo dílo, které otevře reálnou perspektivu, jak se vyhnout zmíněným krizovým situacím. Přitom je úroveň technického zpracování tohoto projektu dnes nesrovnatelně vyšší, než třeba projekt mnohastupňové rakety Ciolkovského na počátku století. Jestliže si kromě této okolnosti uvědomíme také společenskou prospěšnost, máme tu záruku pro realizaci popsaného projektu - ne-li v nejbližších letech, tedy v každém případě v nejbližších 1 - 2 desetiletích.

Jaké zdroje surovin a energie mohou být použity pozemskou civilizací při její expanzi do sluneční soustavy? Pokud nemáme na mysli zdroje přímo ze Slunce (část jeho hmoty může být v principu také použita), pak ve sluneční soustavě je v planetách nejvýše  $10^{25}$  kg těžkých prvků. Je přirozené si dnes obtížně představit, jak bude probíhat přeměna hmoty nitra velkých planet do stavebních prvků kosmického inženýrství. Základní těžkosti, které by odporevaly přírodním zákonům, tu zřejmě nejsou, a to je důležité. Na rozdíl od mínění Ciolkovského hmota planetek zřetelně nedostačí pro takovou přestavbu sluneční soustavy. Celková hmotnost všech planetek je nejvýše  $10^{22}$  kg. Předpokládáme-li, že k vytvoření komfortní umělé biosféry musí být povrchová hustota nejméně několik desítek tisíc kg nad čtverečním metrem, dojdeme k výsledku, že celková plocha kosmických kolonií vystavěných z hmoty planetek nepřevyší obyvatelnou plochu Země víc než desetkrát. Taková hodnota je sice značná, ale využití hmoty planetek je jen první etapou na cestě úplné přeměny sluneční soustavy.

Jestliže přitom bude využita hmota velkých planet, plocha umělé biosféry ve sluneční soustavě může desetitisíckrát převýšit plochu Země. Přitom se bude zachycovat a přeměňovat asi  $10^{-4}$  sluneční energie, t.j. veličina řádově  $10^{23}$  W, což je téměř  $10^{10}$  krát více, než současná spotřeba energie na Zemi. Plocha umělé biosféry kolem Slunce může být v zásadě stokrát větší, pokud vezmeme v úvahu, že jádra vodíku a helia, která tvoří podstatnou část hmoty velkých planet a Slunce, mohou být použita k syntéze těžkých jader - stavebního materiálu biosféry. Chromá termojaderná energie, která se přitom uvolní, může být vhodně využita. Tak můžeme uvažovat o stavbě umělé biosféry kolem Slunce, jejíž povrch bude milionkrát větší než plocha přirozené pozemské biosféry a srovná energie budou o mnoho řádů vyšší než dnes (jde o t.s.v. Dysonovu sféru, navšeno podle amerického fyzika, který předložil analogický projekt roku 1959).

Teď je důležité odhadnout časovou škálu takového rozvoje, který musí být exponenciální, jak snadno pochopíme. Jako "inkrement" exponentu označíme dobu, během níž se zdvojnásobí hodnoty parametrů. Přijmeme-li pro něj hodnotu  $\approx 15$  roků, což je typická doba realizace princetonského projektu, pak pro výstavbu vesmírné kolonie s 10 miliardami obyvatel je zapotřebí asi 250 roků.

Zdůvodněme ještě, že tento termín je nejméně dvakrát delší než doba, která nás dělí od neadekvátní krizové situace, pokud nic neuděláme k jejímu odvrácení (viz "Meze růstu").

Doba nutná k ovládnutí všech surovinových zdrojů sluneční soustavy při takovém exponenciálním rozvoji je asi 500 roků. I kdybychom uvažovali možné opoždění ve vývoji vlivem zavádění nové technologie a přijali velmi "pomalou" charakteristiku růstu 1 % ročně, přesto charakteristická doba ovládnutí sluneční soustavy pozemskou civilizací bude  $\approx 2500$  roků. To je zkrátka vlastnost exponenciálního rozvoje!

Dnes si ovšem nepředstavíme životní podmínky na takové superbiosféře a není to ani nutné. Měli bychom však asi zdůraznit dvě okolnosti:

1. Člověk se biologicky za tak krátkou dobu prakticky nezmění.
2. Na základě vývoje počítačové techniky se nesaírně vyvine umělý rozum.

Nemůžeme zde detailně posuzovat vztah mezi "umělým" a "přirozeným" rozumem, které určitě budou mít své problémy. Civilizace takového druhu se však nepochybně bude kvalitativně lišit od současné. Především bude charakteristická značně vyšší úrovní centralizované organizace.

Pro nás je ale důležité, že se za 1000 let rozvoje taková "civilizace II. typu" setká v zásadě s podobným problémem, před nímž dnes stojí pozemská "civilizace I. typu" <sup>+</sup>/: omezenost zdrojů konečného systému při exponenciálním růstu

<sup>+</sup>/ podle klasifikace civilizací, navržené v roce 1964 N. S. Karđaševem.

parametrů jeho rozvoje. Překonání tohoto rozporu nutně vrhne civilizaci II. typu s jejími ebrovskými technologickými potenciálem na ovládnutí přírodních zdrojů bližších oblastí Galaxie a pak celé naší hvězdné soustavy. Nastoupí proces "difuze" civilizace II. typu do Galaxie, doprovázený racionálním přetvářením hvězd a zvláště mezihvězdného prostředí. Takový proces by však bylo správnější neoznačovat jako difuzi, ale šíření silně "rásové vlny" rozumů neživou hmotou.

Rychlost této rásové vlny vůbec nemusí být relativistická. Důvodnější bude asi přijmout mírnou hodnotu rychlosti, řekněme 0,01 c. Při rozměrech Galaxie pak doba kolonizace a přetvoření celého hvězdného systému bude jen několik milionů roků. Tato hodnota je blízká k době vývoje člověka na Zemi a velmi malá ve srovnání s nejmenšími charakteristickými dobami v Galaxii. Například oběžná doba Slunce a okolních hvězd kolem jádra Galaxie je přibližně 200 milionů roků, zatímco stáří Galaxie je více než  $10^{10}$  let. Povášimně si, že v této vývojové fázi neperostou charakteristiky civilizace v čase t exponenciálně, protože tomu brání konečná rychlost světla, ale porostou podle mocninné funkce, napřed se třetí mocninou t, poté ještě pomaleji, s druhou mocninou t - tedy okolnost, kterou není obtížné dokázat.

Civilizace ovládající celou Galaxii je ovšem systémem kvalitativně odlišný od civilizace II. typu. Se vši určitostí můžeme říci, že současný rozvoj přírodních věd a také zkušenosti z dvaceti let kosmické éry vylučují existenci příčin, které by principiálně znemáhovaly takový vývoj. Obraz, který jsme nastínili, především mezihvězdné lety automatických kosmických lodí se "srazovými" rozumnými bytostmi, není v rozporu ani s jediným se známých přírodních zákonů. Naopak - logicky z nich vyplývá! Te však neznamena, že jakákoliv civilizace se musí vyvíjet podle popsaného schématu. Ale pro určitou část civilizací, které vznikly v naší Galaxii během miliard let jejího vývoje, takový vývoj logicky měl proběhnout. Neboť takový vývoj je alternativou "stabilní" civilizace s neměnnou "strategií chování".

Už Cielkovskij na počátku století zdůrazňoval neomezené "kosmické" možnosti rozumu. Realistický odhad možností a perspektiv současné vědy i techniky dává za pravdu této myšlence našeho významného myslitele a možná, že je to největší myšlenka z těch, které člověk vůbec vyslovil.

Galaktická "civilizace III. typu" se svými zdroji surovin  $10^{40}$  kg a odpovídajícími "astronomickými" zdroji energie může přikročit k plánovitému ovládnutí a přetvoření metagalaxie. Zde se poprvé setkáváme s novou situací: charakteristická doba takového ovládnutí nemá být v žádném případě menší než stáří metagalaxie, kterou zde ztotožňujeme s rozpínající se vesmírem.

Máme tedy logické důvody předpokládat, že přinejmenším určitá část civilizací se v průběhu svého exponenciálního rozvoje musí stát činitelem kosmického charakteru, když zahrne do své tvůrčí činnosti jednotlivé planetární soustavy, galaxie a dokonce metagalaxii. V takovém případě bychom však

očekávali, že budeme mezi pozorovat projevy jejich resumé kosmické činnosti. Svého času (r. 1962) jsme takový jev označili jako "kosmický zásrak". Zformulujeme nyní dvě základní fakta, jež mají rozhodující význam pro posuzovaný problém:

1. Celý soubor současných astronomických pozorování, pokud dnes můžeme posoudit, zřejmě vylučuje, že by třeba jen na jediném místě ve vesmíru existoval "kosmický zásrak".
2. Dnešní poznatky věd o Zemi (včetně biologických a humanitních) vylučují možnost návštěvy nebo kolenizace naší planety zástupci jakýchkoli mimozemských civilizací.

Rozobereme nyní podrobněji tato fakta. Vždycky se samozřejmě najdou lidé (a mezi nimi dost vědců - jsou to konečně taky lidé), kteří ten či onen dosud neznámý jev ve vesmíru budou ochotni považovat za "kosmický zásrak".

A. Zdá se, že historicky prvním příkladem, kdy byl přírodní jev interpretován jako "kosmický zásrak", je hypotéza významného anglického vědce Haldana, podle níž výbuchy nov jsou jaderné katastrofy, které udělaly tečku za rozvojem civilizací v Galaxii. Stojí za povšimnutí, že v době, kdy byla tato hypotéza vyslovena (roku 1924), netušil nikdo, že by bylo možné získávat jadernou energii - nebyl například ještě znám neutron! Rozvoj astronomie nevyvrátil dokázal přirozenou podstatu vzplanutí nov. Přesto vzrušuje jasmozřivost významného anglického učenice, který na samém počátku předvídal velkou potenciální hrozbu přírodních sil, uvolněných lidským rozumem.

Jiný dobrý příklad iluze "kosmického zásraku" je počáteční období historie pulsarů, objevených roku 1967. Další příklad: snad nejsložitější problém současné astrofyziky je otázka galaktických jader a jejich podivuhodné aktivity. Ještě zdaleka těmto zvláštním objektům nerozumíme, přes množství pozorovacích údajů z celého spektra elektromagnetického záření - od radiového po gama. Tento problém se vynořil asi tak před dvěma desítkami let a je velmi obtížný, zvláště uvažíme-li velké vzdálenosti galaktických jader a jejich malé rozměry. Autor tohoto článku předpokládá stejně jako někteří jiní specialisté, že galaktická jádra jsou obrovskými černými dírami s hmotnostmi od tisíců do mnoha miliard  $\odot$ , které se zákonitě a přirozeně vytvořily v centrálních částech různých galaxií v průběhu jejich vývoje. Známe i jiné hypotézy, které se pokoušejí jinak, ale zcela přirozenou cestou vysvětlit tento jev. Budeme-li o to hodně stát, můžeme ovšem bez vážného opodstatnění považovat galaktická jádra za vytvořená "kosmický zásrak" ...

Hodně naději vkládali a vkládají přívrženci "kosmických zásraků" do infračervené astronomie, která se v posledních letech tak rychle rozvíjí. Má to své vážné logické opodstatnění. Civilizace II. typu, která vytvoří kolem své centrální hvězdy umělou biosféru, nutně totiž bude vysazovat infračervené záření odpovídající její teplotě. Ta bude blízká průměrné teplotě povrchu Země, t.j.  $\approx 300$  K - proto takevnu civili-