

Andrzej Trepka

Biokosmos

## SŁOWO WSTĘPNE

Poszukiwanie Ziemi w naszym świecie, a zwłaszcza jego rozwój — to wielka szansa i wielka nadzieja przyrodniczo-techniczna. Z rozlicznych segmentów nauk szczegółowych wyrosła egzobiologia, rozpatrująca złożoność form i harmonię praw kierujących życiem, dotychczas poznanym doświadczalnie tylko, na jednym ciele kosmicznym.

Czasami podnoszą się głosy, iż egzobiologia jest bardziej produktem wiary, aniżeli Wiedzy. „— Jakaż nauka — mawiają sceptycy — może traktować o przedmiocie, który dopiero ma zostać odkryty?” — .i

Tymczasem nieujawnienie wciąż jeszcze — mimo usilnych starań — istot inteligentnych „gdzieś w niebie”, świadczy wyłącznie o trudnościach poszukiwań. Dla filozofii, astronomii, biologii, a zwłaszcza dla zdrowego rozsądku jest niepojęte, by spośród mrowia planet w Układzie Drogi Mlecznej — tylko Ziemia zrodziła rozumnych gospodarzy.

Rangi egzobiologii w żadnym stopniu nie obniża fakt, że wyrosła ona nie tylko ze ścisłych badań i dociekań, lecz także — z gleby marzeń i tęsknot niedoczonych pokoleń. Myślicieli, artystów, uczonych dręczył od prawników zawsze ten sam dramat obrony przed samotnością; również samotnością najbardziej patetyczną — w kosmicznym wymiarze.

Zapytywali więc siebie i przyrodę, czy to doprawdy możliwe, aby mieszkańiec jednej jedynej Ziemi był odosobnionym twórcą moralności, sztuki, wiedzy — twarzą w twarz z Wszechświatem?... Tworzyli mitologie i oparte na nich kosmogonie — z potrzeby serca. Bo człowiek jest istotą towarzyską. Nawet jeśli szuka samotności — dobrze wie, że ma bliskich i przyjaciół, na których może polegać. I że etanowi wartościową część wielkiej rodziny, jaką jest naród oraz jeszcze większej: multimiliardowej ludzkości — przeszłej, teraźniejszej i przyszłej. To uwzniośla i nadaje sens życiu.

W tej książce aż gęsto od zastrzeżeń typu: „przypuszczalnie”, „prawdopodobnie”, „zapewne”... Bo egzobiologia jest nieskończenie rozległą panoramą domysłów — co wcale nie oznacza, że one muszą być pustym fantazjowaniem. Stoimy u progu odkryć, które potwierdzą jedne hipotezy, inne obalą, wiele zagadnień objawią w nowym świetle.

Przykładowo, spójrzmy na przyrodę Układu Słonecznego. Jeszcze kilkanaście lat temu życie na Marsie wydawało się niemal pewne, a na Wenus całkiem prawdopodobne. Również planet-olbrzymów nie wyłączałyśmy z takich sugestii. 1) Sprawa pozostaje nadal otwarta, choć — w miarę sukcesu —

1) Zagadnienie to omówiłem wyczerpująco w książce „Życie we Wszechświecie” (Wyd. „Śląsk”, 1976), w rozdziałach: „Mars”, „Wenus”, „Jowisz”.

sów zwiadu asfonautycznego — z roku na rok maleje szansa 'Spotkania na sąsiednich globach jakichkolwiek organizmów.

Ten rekonesans, niedawno rozpoczęty, jest przygotowaniem do znacznie szerszej eksploracji, obejmującej inne systemy planetarne. Perspektywiczny rozrost tych właśnie przedsięwzięć do ogromnej skali oraz analiza domniemyanych rozwojowych dróg i odkrytych kultur kosmicznych, to nici przewodne „Biokosmosu”. Nakreśliam obraz podejmowanych już teraz poszukiwań psychozoów i metod nawiązania z nimi łączności. Refleksje natury astronomicznej (kosmologia, ewolucja gwiazd i planet) wprowadzam, o tyle, o ile są niezbędne dla ukazania scenerii, na której rodzą się i działają rozumne społeczności. Omawiam też rozmaite aspekty

antropogenezy, a także przyszłych epok zbiorowości Ziemi jako socjostazy młodej, pod względem wiedzy i techniki znajdującej się w pierwszych stadiach swego- rozwoju.

Te rozważania są nader ważne dla naszego, tematu — jako jedyne kryterium i punkt odniesienia przy rozpatrywaniu kultur kosmicznych w ogóle. Dociekając stylów życia rozumnych pobratymców, ich nurtów rozwojowych znacznie wyprzedzających dzisiejszy etap ludzkiej cywilizacji — pragniemy uzyskać wgląd we własną przyszłość. Usiłowanie odkrycia, a jeśli się uda, także zrozumienia istot, w jakimś — choćby odległym sensie — podobnych do nas, ożywia nadzieję wyciągnięcia dla siebie takich korzyści poznawczych i praktycznych, których skala wymyka się wyobraźni.

Bo cóż... Znamy jedynie naszą własną przeszłość: epos narodzin i biologicznych przekształceń, a także kulturalne i naukowo-techniczne osiągnięcia dojrzewającego Homo sapiens. Ta wiedza ostro urywa się na kartce kalendarza wskazującej dzisiejszy dzień.

Ważkim i groźnym ograniczeniem naszej wiedzy o człowieku jest to, że wszystkie poczynione dotąd spostrzeżenia o myślących jestestwach dotyczą wyłącznie Ziemi. To tak, jak gdyby pojedynczy człowiek był zupełnie sam, znał tylko siebie i "nie mógł pod żadnymi względami porównywać -własnej osobowości z innymi ludźmi.

Wolno przypuszczać, że z pozycji Wszechświata cywilizacja nasza nie stanowi fenomenu (choć nie podzielam zdania licznych autorów, że jest ona jakimś „uśrednionym" wzorcem). W wielkiej rodzinie społeczeństw rozumnych, rodzących się na rozmaitych planetach — ludzkość podlega jakimś prawidłowościom, rozwojowi wszelkich psychozoów. Dotychczas nie poznaliśmy żadnego z tych ogólnych praw, które muszą istnieć jako integralna część materialnej jedności Wszechświata. A przecież chcemy mieć pojęcie o tym, co może albo musi czekać ludzkość w nadchodzących tysiącletniach, a nie zależy od nas — w takim stopniu, jak śmiertelność człowieka nie podlega jego woli (ale z koniecznym zastrzeżeniem: nie ptedlega — w dzisiejszych czasach).

Gorąco pragniemy wiedzieć, jakimi metodami i do jakich granic (o ile takie granice w ogóle istnieją...) cywilizacje naukowo-techniczne, posunięte w rozwoju daleko bardziej niż nasza, potrafią przekształcać świat przyrody oraz programować świat kultury i biologii; a w tych ramach — również modelować plastycznie własny gatunkowy los, niezawisłe od ślepych wyroków ewolucji. To znaczy: chcemy w najwyższym wymiarze Kosmosu utwierdzić mądrość przysłowia, że każdy jest kowalem własnego szczęścia.

8

Ambitne te zamierzenia są w pełni uzasadnione naukowo. Wydaje się pewne, że tę listę rozumowań poitwierdzą astronomiczne odkrycia nadchodzących lat. Wówczas egzobiologia, wyzbyta probabilistycznego charakteru, zacznie oddziaływać na piętrze wyższym od dzisiejszego. I rozczłonkuje się na wiele konarów samoistnych w takim stopniu, iż będą podporządkowane tylko ogólnemu założeniu: badaniom realnie poznawanego biokosmosu.

Scenerią zainteresowań "biologii jest ziemska biosfera, czyli strefa życia obejmująca przypowierzchniowe regiony Planety: hydrosferę, troposferę i cieniutką wierzchnią warstwę litosfery. Egzobiologia natomiast ogarnia zasięgiem cały biokosmos. Można sądzić, że z czasem właśnie ona przejmie miano biologii, czyli nauki o życiu. A śledzenie tychże procesów dziejących się na Ziemi będzie takim samym uszczegółowieniem badań, jak dziś — analizowanie jednego biotopu, na przykład małego jeziora, któremu uczonego poświęca wiele lat pracy i pisze o nim drobiazgową monografię. Dla naszych wyobrażeń — Ziemia się

kurczy, a Wszechświat ogromnieje.

Ten kompleks nauk o życiu, obejmujących biokosmos, położy zapewne nacisk na dyscypliny humanistyczne. Będzie to, jak najbardziej słuszne, bo podmiotem tych rozważań jest i pozostanie na zawsze Człowiek, reprezentant wszechświatowej społeczności pisyczołów, wywyższony w swym dostojeniu przez konfrontowanie z własnymi osiągnięciami kulturowymi — działań innych istot rozumnych w beakresnej, kosmicznej panoramie przyrody.

Decydując się napisać książkę o życiu w Kosmosie, jasno zdałem sobie sprawę, jak bardzo, niesprecyzowany jest ten temat. Tylko w swym trzonie ściśle astronomicznym z jednej strony oraz ściśle biologicznym z drugiej — opiera się. On głównie na teoriach, modelach, sprawdzonych obserwacjach i ustaleniach. Lecz nawet w tych dość unormowanych rewirach można podejść bardzo rozmaicie do niektórych problemów (np. biogenezy, albo chemizmu życia). Dobitnie świadczy o tym chociażby tych kilka przeciwstawnych hipotez powstania życia na Ziemi, które przytaczam (świadomie pomijając inne, wcale nie bezsensowne).

Reszta spraw utrzymana jest w tonie kontrowersyjnych propozycji (poza opisem takich realiów, jak stosowane dziś metody poszukiwania sygnałów obcych cywilizacji). Kiedy komentuję cudze przemyślenia, bądź snuję własne — w poszczególnych wypadkach spotykają się one z aplauzem jednych, a dezaprobatą drugich. Bynajmniej nie usiłowałem tego uniknąć: samo tylko suche relacjonowanie materiału udowodnionych faktów, rozpatrywanych przez egzobiologię, byłoby stratą czasu dla piszącego i czytającego. Bo wszędzie tam, gdzie wchodzi w grę przyszłość ludzkości na tyle odległa, iż nie będziemy mogli sami zweryfikować naszych hipotez i isądów o niej — czyż jest do pomyślenia, by wszyscy zgodzili się przez aklamację, jak ona będzie faktycznie wyglądała oraz wspólnie nakreślili taki jej obraz, jakiego życzyliby sobie, gdyby mieli się urodzić w tamtym świecie? Zresztą i ja nie przedstawiam jednolitego jej pejzażu (bo to jest dopuszczalne wyłącznie w utworze fantastycznym), a tylko staram się ukazać pewne prawdopodobne modele poszczególnych aspektów, mogące być udziałem rozmaitych kultur kosmicznych, więc także ludzi z planety Ziemia.

Taka kontrowersyjność jest słuszna i nieunikniona. Dlatego cechuje ona wszystkie rzetelne pozycje

łft

dotyczące egzobiologii. Przy wnikliwym czytaniu (a jest to temat, który - naprawdę wymaga emocjonalnego zaangażowania) ich lektura budzi co krok poparcie dla jednych tez albo przewidywań, zaś sprzeciw wobec innych. Wyłącznie to sprawiło, że w licznych miejscach tej książki — ani przez przekorę, ani przez zarozumiałość — krytykuję poszczególne opinie znakomitych autorów, zarówno polskich jak zagranicznych. • Notabene w pierwszym rzędzie tych, których cenię najwyżej — co nie jest przypadkowe: właśnie badacze o ustalonej randze i rozległych horyzontach myślowych stać na to, by odważnie i oryginalnie poszukiwać prawdy także tam, gdzie brak oparcia w ustalonych faktach.

Również ja oczekuję ze strony Czytelników polemicznego podejścia do tej książki. Nie zamierzałem jej jako lektury „do poduszki”, choć starałem się — w miarę możliwości — ująć temat przystępnie. Wcale nie uradowałaby mnie świadomość, że jest ona pochłaniana jednym tchem, jako sensacyjny obraz wydumanej przyszłości. Dlatego od Czytelników, przejętych eposem życia we Wszechświecie, spodziewam się czegoś więcej: refleksji nad poruszonymi przeze mnie problemami, a potem indywidualnego, krytycznego ustosunkowania się do nich. Byłbym naprawdę szczęśliwy, gdyby czytanie „Bio-kosmosu” wzbudziło, zwłaszcza wśród młodzieży, śmiałe, odkrywczyste myśli — choćby biegunowo przeciwstawne moim poglądom.

A jest o czym myśleć... Zresztą wiele fascynujących zagadnień związanych z rozwojem kultury planetarnej (naszej, bądź też innej) ledwie zasygnalizowałem, niektórych -nawet nie wymieniłem — choć każde z nich jest warte obszernych, polemicznych roztrząsań. Po prostu zabrakło miejsca.

Pragą uściślić sens kilku określeń, których używam w tej książce:

**BIOKOSMOS.** Odpowiednik biosfery — w skali Wszechświata. Suma wszystkich istniejących organizmów żywych.

**EGZOSOCJOLOGIA.** Część egzobiologii: nauka o pozaziemskich istotach rozumnych. Gdyby ją odnieść do „ziemskich” dyscyplin, objęłaby nie tylko zagadnienia socjologiczne, lecz wszystkie nauki o człowieku, włącznie z całokształtem antropologii.

**KULTURA PLANETARNA.** Znaczy to samo, co cywilizacja kosmiczna. Preferuję to 'określenie dlatego, że uważam je za bardziej adekwatne. Cywilizacja wiąże się z techniką. Niektórzy autorzy (nie--biologowie) piszą czasami bez cudzysłowu o cywilizacji mrówek, termitów, bobrów — co jest nieprawidłowe, lecz o- tyle sensowne, że "dobrze wiemy o co chodzi. Mówienie o kulturze -mrówek. byłoby rażące. Nadto można sobie wyobrazić społeczności rozumne, które nie wytworzyły cywilizacji technicznej. Bez kultury natomiast, będącej znamieniem wyższego ducha, nie sposób wznieść się ponad zwierzęcy 'poziom.

**PSYCHOZOOM (1. mn.: PSYCHOZO A).** Przedstawiciel jakichkolwiek istot rozumnych; termin wprowadzony przez Stanisława Lema.

**SOCJOGENEZA.** Nie pokrywa się z tym samym pojęciem w socjologii, gdzie oznacza powstawanie społeczeństwa. W kosmicznym ujęciu, jest odpowiednikiem antropogeinezy.

**ZIEMIANIE.** Termin nie zawsze wymienny z pojęciem: ludzie. Konsekwentnie stosują go wszędzie tam, gdzie mowa o bardzo dalekiej przyszłości, mierzonej nie — epokami historii, lecz — geologii. Rzecz oczywista, że jeśli kultura Ziemi przetrwa miliony lat, nasi potomkowie będą (podlegali ewo-  
12

lucji biologicznej, która sukcesywnie przekształca jeden gatunek w inny. Również mówiąc o całych dziejach Rozumu na Ziemi wraz z jego ekspansją w Kosmos, więc od pitekanropa aż po hominidalne rasy rozproszone po Wszechświecie, musimy używać terminu: Ziemianie.

Rozdział I

## KLECHDY ŚWIATÓW OŻYWIONYCH

Panta rhei — wszystko płynie. Ta Heraklitejska mądrość sprzed dwóch i pół tysiąca lat odzwierciedla z niesłabnącą mocą zmienność przyrody nam, ludziom dwudziestego wieku. Ale czy dopiero nam?

Życie jest wiecznym 'stawianiem się, płynącą rzeką przemian. Człowiek pierwotny mógł to sobie uświadamiać tylko intuicyjnie. Miał zresztą intuicję znacznie bardziej wyostrzoną od naszej. O tym, że wyjątkowość procesów biologicznych nie uchodziła jego uwagi, świadczy dogłębne zaciekawienie ludów prymitywnych właśnie przyrodą żywą.

Tak jak dziś, tak było dawniej. Upewniają nas o tym zarówno najstarsze świadectwa oparte na ustnej tradycji, jak późniejsze kroniki, poematy, eposy i w ogóle wszelkie możliwe środki wypowiedzenia się. Dotyczyło to nie tylko historii rodów, plemion i społeczeństw. I nie tylko ludzi: powiązań żyjących z ich przodkami. Przez pojęcie przyrody — pierwotny człowiek rozumiał przede wszystkim przyrodę żywą: świat zwierząt i roślin. Ta dążność była u niego tak silna, że również martwym żywiolom przypisywał moc życia, uduchowiając pioruny, wiatry, wzburzone fale, zwze polarne — a także ciała kosmiczne świecące na niebie. Boską siłę przyznawał tym bardziej takim niecodziennym

zjawiskom, jak zaćmienie Słońca lub jasna kometa.

W najdawniejszych epokach, pod patronatem magii — świat istot żywych obejmował pospołu żyjących ludzi i duchy przodków, zwierzęta realne i wymaginowane, demony i potwory zasiedlające miejsca niedostępne. A ponieważ nieosiągalne było niebo, zapelniano je tłumem najdziwniejszych po\*-staci. Mitologie, religie, rozważania filozoficzne — to wyższy szczebel myśli. Oddzielenie niematerialnych bóstw od materialnych kosmitów dokonało się w późniejszych czasach, a 'granica nie zawsze przebiegała ostro. Do dziś używane, nazwy gwiazdozbiorów (także gromad gwiazd) są dziedzictwem tamtych dni. Najlepiej uzmysławiają nam to stare ich ryciny, prezentujące — na równych prawach — postacie herosów, (Perseusz, Herkules, Orion, Ce-feusz), mitologiczne piękności (Andromeda, Hiady, Plejady, Warkocz Bereniki), zwierzęta i potwory z fantazji (Jednorożec, Pegaz, Feniks, Smok, Hydra), faunę z egzotycznych krajów (Żyrafa, Kameleon, Lew, Wieloryb, Skorpion), z polskiej przyrody (Orzeł, Ryś, Zając, Jaszczurka, Rak), z naszych zagród i mieszkań (Byłe, Gołąb, Łabędź, Złota Rybka, Mucha).

To, co dziś możemy nazwać ideą biokosmosu, jako zbioru biosfer obejmujących Wszechświat, z dawien dawna kiełkowało w świadomości ludzi, wsparte nie na rzetelnej wiedzy, lecz na emocjach. Pierwiastek ten nasycił religię buddyjską, wiążąc się z koncepcją wędrówki dusz: Słońce, Księżyc, planety i gwiazdy te jakby przystanki dla wciąż nowych wcieleń, przed osiągnięciem upragnionej nirwany.

Przedwieczny motyw zstępowania bogów z nieba i — szlakiem przeciwnym — wstępowania herosów do nieba, pojawiał się pod postacią rysunków na

ścianach jaskiń, kamieniach, prymitywnych narzędziach. A znacznie wcześniej, zapewne na tak nietrwałych materiałach jak liść, kora, tyko — które nie mogły przetrwać do naszych czasów. Wraz z wynalezieniem pisma legendy o minionych kontaktach ludzi z mieszkańcami innych planet lub marzenia o podróżach do nieba dopiero mających się odbyć, zaczęły wypełniać, gliniane tabliczki, kamienne posagi, skóry, drewno i inne tworzywa: zwoje papirusów, pergaminy, wreszcie karty papieru. Charakter tych marzeń nie zmienił się do dziś: czymże innym są irracjonalne wynurzenia von Da-nikena i tylu jemu podobnych?...

Pisane źródła na ten temat sięgają kilku tysięcy lat wtecz. Najstarsze przekazy spotykamy w literaturach Wschodu: babilońskiej, asyryjskiej, egipskiej i perskiej. U progu naszej ery w staroindyjskim poemacie „Mahabharata" znajdujemy drobiazgowy opis lotu na Księżyc. Podróż Ramy do nieba została nakreślona w eposie rycerskiej „Ramajana" przez półlegendarnego wieszczą Walmiki ponad dwadzieścia wieków temu. Odświeżona przez Tulsidasa w szesnastym stuleciu, w swej ostatecznej postaci jest świętą 'księgą wyznawców hinduizmu.

W dawnych wiekach, kiedy raz personifikowano bogów, to znowu deifikowano ludzi (np. rzymskich cesarów), w ówczesnym potocznym przekonaniu nawet postacie na wskroś historyczne odwiedzały niebo. Znaną legendę o takim locie na gryfach, dokonany przez Aleksandra Macedońskiego-, wykorzystał w dziesiątym wieku Abu'l-Quasim Firdausi w perskiej eposie narodowej „Szahname" (Księga o królach). Starożytność grecka wplotła w dzieje filozofii klasycznej i nauk przyrodniczych zafascynowanie życiem mogącym krzewić się na innych światach.

Już Pitagoras nauczał w VI w. p.n.e., że „Księżyc pełen je'st dużych zwierząt i drzew piękniejszych niż ziemskie". W następnym wieku Anaksagoras z Klazomen rozwinął tę myśl, wprowadzając w Ileraklitejski obraz świata bujne życie na Srebrnym Globie. Sto lat później ulubiony uczeń Epikura i apologeta jego doktryny, Metrodor z Hios wypowiedział znamienne słowa — współbrzmiające zresztą z

poglądami całej szkoły epikurejskiej — które nie straciły blasku aż do naszych dni: „Utrzymywanie, iż tylko Ziemia je' st piastunką życia, byłoby tak samo niedorzeczne jak twierdzenie, że na wielkim obsianym polu mógł wyrósć tylko jeden jedyny kłos pszenicy."

Inny epikurejczyk, znakomity rzymski poeta Lu-krecjusz w I w. p.n.e. tak wyraża zamieszkalność Wszechświata w poemacie filozoficznym „O naturze wszechrzeczy" (przekład Edwarda Szymańskiego-go):

Jeśli dokoła działa ta sama moc natury,  
Która wszędzie gromadzi zarodków całe góry,  
Również jak tu na ziemi, to przyznaj słowem  
śmiałym,  
Że i w odległych niebach są światy zamieszkałe,  
Choćby z innymi ludźmi, z inną niż nasza  
zwierzyną.

Nie ma też wśród wszechrzeczy takiej, co jest  
jedyną,

Jedną się urodziła i nie ma swych pokrewnych;  
Zawsze ją możesz zmieścić, poznać w gatunkach  
pewnych,

Mnogą (rodem. Zwierzęta ci pierwsze przykład

Uznasz, że tak się rodzą i talk po górach. Tak powstał ród człowieczy, tak  
niemy.

2 Biokosraos t. I

I nie inaczej ptaków ród, pierzem uskrzydłony. Równie z podobnych przyczyn  
przyznasz, że

ziemia, słońce,

Nie'bo, księżyc i gwiazdy po niebie .wędrujące Nie są jedyne, ale mnogie i  
niezliczone.

Plutarch z Cheronei (45—125 r. ne.), ostatni wielki pisarz starożytnej Grecji podkreślił w „Mora-liach", że współczesna mu rzymska inteligencja żywo roztrząsała problem zamieszkalności Księżyca. Tak mówi o tym Theon, jeden z bohaterów jego dialogów filozoficznych: „Chciałbym, aby dysputa zajęła się poglądem utrzymującym, iż Księżyc jest zamieszkały. Gdyby bowiem okazało się, że nie posiada on mieszkańców, daremne byłoby w sposób rozumny głosić, że Księżyc jest planetą. Byłby on stworzony niepotrzebnie i bez powodu, nie rodziłby żadnego owocu i żadna z ludzkich rais nie znalazłaby tam dogodnych warunków, aby się zrodzić i wy-, żywić. Na Księżycu mogą być jacyś mieszkańcy, a ci co utrzymują, iż do tego trzeba, aby tym istnieniem były właściwe nasze potrzeby, nigdy nie zwrócili uwagi na różnorodność natury sprawiającą, że zwierzęta bardziej różnią się między sobą, niż substancje nieożywione."

Zaskakująco wnikliwy jest dalszy tok myśli Plu-tarcha: „Mieszkańcy Księżyca, jeśli tam są tacy;. muszą być budowy lekkiej i zdolni do żywienia się najprostszym pokarmem. Ponieważ Księżyc w niczym ,nie jest podobny do .Ziemi, przeto z trudnością można wierzyć, aby był zamieszkały. Co do mnie — sądzę, że jego mieszkańcy są bardzo zdziwieni, gdy postrzegają Ziemię, która im się zdaje być błotem i kałużą świata, a zalegające ja chmury, opary i mgły czynią z niej siedlisko ciemne, niskie i nieruchome. Trudno im -uwierzyć, by ona mogła rodzić i żywić zwierzęta obdarzone ruchem, oddychaniem i ciepłem."

Z nieodłączną swadą i subtelnym dowcipem Plu-tarch wymierzył tu wspaniałego prztyczka ludzkiej próżności. Zdumiewa przy tym, że rozumował jak rasowy egzobiolog, osiemnaście wieków przed powstaniem tej nauki. W naszym stuleciu całkiem podobnie stawiał problem Percival Lowell w stosunku do hipotetycznych

Marsjan: istotom z planet o innym klimacie Ziemia może się wydać globem upośledzonym — bo nieodpowiednia dla ich wymagań życiowych.

Podobnie przewija się wątek kosmitów w starożytnej beletrystyce. Dość typowe znamiona astro-naitycanej science fiotiom (jak byśmy to dziś określili) ma książka Antoniusza Diogenesa z I w. n.e. „Nieprawdopodobne przygody poza Thule”. Znamy ją tylko ze znacznie późniejszych relacji. Główną postacią jest tam Arkady jeżyk, Deinias z Tyru. Udał się on najprzód do Islandii (ówcze-sne Thule), skąd z pomocą tamtejszego Astrajosa (po grecku „Gwiazdzisty”) wyruszył na Księżyc. Zachowały się natomiast w całości dwie podobne książki greckiego nauczyciela i satyryka Lukiana z Samosaty (II w. n.e.). Szczególnie ciekawa jest „Historia prawdziwa”, opisująca urozmaicone przygody dzielnych żeglarzy, którzy zapuścili się daleko poza Słupy Heraklesa (dzisiejsza Cieśnina Gibraltarska), na niezbadany ocean. Nim zawrócili, zaskoczyła ich gwałtowna burza. W ciemnościach, jakie zapadły, marynarze stracili wszelką orientację. Po siedmiu dniach rozpadania żywołów, kiedy chmury rozstały się wreszcie — załoga ujrzała wieki ład nad głowami. Właśnie dobijali do Księżyca. Tam obstąpili ich żołnierze jadący wierzchem na trójgłowych sępach. Niebawem Grecy stanęli przed obliczem króla Endymiona, który szykował się na wielką wyprawę przysciwko odwiecznemu wrogowi Księżezan: państwu Słońca. Bohater drugiej powieści Lukiana startuje ze szczytu Olimpu na skrzydłach. Bogatszy o Ikarowe doświadczenie, orlich piór nie spaja woskiem, dzięki czemu unika losu tragicznego lotnika. Wraz z upowszechnieniem się chrześcijaństwa, nastały w Europie złe czasy dla rozważań o życiu we Wszechświecie. Teologizm średniowiecza ostro odgraniczał nietrwały, grzeszny świat ziemski — od wieczystego nieba, królestwa Boga i dusz zbawionych, w którym nie stało miejsca na jakąkolwiek materialną przyrodę. To sprawiło, iż nie tylko zabrakło nowych głosów o życiu we Wszechświecie, lecz i dawne poszły w zapomnienie. Przykładowo, mocne zaangażowanie w tą sprawę szkoły atomi-stów znamy jedynie z drugiej ręki: twórczość znakomitych jej rzeczników, Leukipa i Demokryta, naświetlają tylko omówienia innych autorów. Dopiero w epoce Odrodzenia temat kosmitów zmartwychwstał pod piórem filozofów, uczonych i pisarzy.

Wielki włoski myśliciel tamtego czasu, Giordano Brumo zauważył: „Nie ma rzeczy mniej godnej filozofa, niż układać sfer kształt szczególny, lub różne przyjmować sfery niebios. Jedno jest tylko niebo przed nami, to znaczy: sklepienie, atmosfera, w której się one poruszają, inne Ziemie. Jest ich niezliczoność, a każda posiada swoje niebo. Lecz te różne niebiosy tworzą razem jedno i to samo niebo: gwiazdny ocean. Ciała kosmiczne rozciągają się nieskończenie w ogromie przestrzeni, która zawiera światy wraz z wszystkiego rodzaju ich mieszkańcami. (...) Nie ma różnicy między lotem z Ziemi do nieba a lotem z nieba na Ziemię; nie ma różnicy

20

między wznoszeniem się w górę a zstępowaniem w dół, ani też między przechodzeniem z jednego końca na drugi. My nie jesteśmy w większej mierze punktem na obwodzie dla nich, co ani dla nas; oni zaś nie są w większej mierze punktem środkowym dla nas, co my dla nich, nie inaczej niż oni chodzimy po planecie i nie inaOzej ogarnia nas niebo.”

Giordano Bruno z porywającym temperamentem w licznych swoich dziełach rozwinął i racjonalnie uzasadnił przekonanie o wielości światów zamieszkałych. Inspiracją tych jego dociekań było genialne odkrycie Kopernika, z którego wyprowadził rozległe konsekwencje egzobiologiczne. Długie lata prześladowany przez kler za te heretyckie poglądy — z wyroku Świętej Inkwizycji został spalony na stosie 17 lutego 1600 r. Już krztusząc się od dymu, wielbnyim oprawcom rzucił w twarz

dumne i prorocze słowa: „Spalić — to nie znaczy obalić! Przyszłe pokolenia zrozumieją mnie i ocenią”.

Męczeńska śmierć tego niezwykle oryginalnego filozofa, będąca jedną z najniekwestionowanych kart w historii Kościoła katolickiego<sup>2)</sup>, jeszcze dobitniej  
2) Na Placu Kwiatów w Rzymie stoi pomnik z napisem: 9 czerwca 1889 roku Brunowi —

stulecie przez niego przepowiedziane, tom, gdzie płonął staś.

Na znak protestu, w tym dniu feletr pozamykał drzwi a-zyrnistaich kościołów, a wiernym polecił wywieszać -czarne chorągwie.

Przewodowi sądowemu, który skazał Głoidana Brana .na śmierć, przewodniczył jezuita, kardynał Habanto Bellarmi-no. W li930 r. podczas pontyfikatu Piusa XI, .został on kanonizowany „za zaślugi w waitoe o ziemską wielkość Kościoła (katolickiego” — jak brzmiała sentencja wyroku. W r.ok później tegoż św. Roberta wprowadzano na listę Doktorów Kościoła.

21

zwróciła uwagę na ideę powszechności życia we Wszechświecie, której ten 'męczennik prawdy nie wyparł się w obliczu katów i stosu. To właśnie od jego nieustraszonego wystąpienia datują się nowożytny naukowe rozważania związane z możliwościami zamieszkania Kosmosu.

W kilkadziesiąt lat później wszechstronny holenderski przyrodnik Christiaan Huygens pisze: „Niepodobna ażeby ci, którzy są mniemania Kopernika i rzeczywiście wierzą, iż Ziemia, na której mieszkamy, należy do liczby planet krążących wokół Słońca i odbierających od niego siwe światło, nie wierzyli również, że globy te są zamieszkane, uprawiane i ozdobione podobnie jak nasz.” Spośród ówczesnych i późniejszych intelektualistów, ten pogląd wyrażali między innymi: Łomonosow, Swift, Swedeborg, Kant, Łapiące, Herschel i Goethe. Ponieważ naukowe podstawy egzobiologii w tamtych czasach jeszcze nie istniały, wizje uczonych i marzycieli nie różniły się od siebie niczym istotnym.

Dotarcie na Srebrny Glob w pojeździe przerzuconym z Ziemi przy pomocy sił nadprzyrodzonych opisał Jan Kepler w powieści fantastycznej „Misterium cosmographicum” („Tajemnica kosmiczna”, 1634 r.)<sup>3)</sup> Wiedząc, że na tej długiej trasie brak powietrza, znakomity astronom nie dostrzegł realnych możliwości takiej wyprawy; dlatego postanowił użyć środka w oczywisty sposób niedorzecznego, co uwalnia od wszelkiej krytyki.

Kepler przedstawił barwny obraz Księżyca zamieszkanego przez twórców cywilizacji podobnych

s) W późniejszych wydaniach książka nosi tytuł „Sam-seu Astronomia Ijuraairis” („Sen albo astronomia księżycowa”); najczęściej jest cytowana frótko jako „Som-raiiium”.

22

do węży. Kratery, w jego czasach poznane dzięki niedawnemu wynalezieniu lunety, uanał za warowne wzniesienia na bjtotach dla obrony przed wrogami i przed powodzią.

Cztery lata później angielski biskup Francis God-win każe swemu bohaterowi imieniem Gonzales -dostrzec na Księżyc tratwę ciągnioną przez tresowane łabędzie. W książce tej — „Człowiek na Księżycu lub dysputa o podróży tam”, zdumiewa intuicja fantasty opisującego lekkość poruszania się na satelicie Ziemi, ogromne skoki i inne anomalie związane ze zmniejszeniem ciężaru; pięćdziesiąt lat przed odkryciem grawitacji jako takiej!

W tym samym dziesięcioleciu jeszcze trzeci autor, także angielski biskup — John Wilkins, obiera ten sam temat dla książki „Odkrycie świata na Księżycu albo dysputa, która ma udowodnić, że praw-dopodobny jest inny zamieszkały świat”. Na



Księżyc wyprawia się „latającym wozem” i dziarsko przystępuje do zakładania tam ludzkich osiedli.

Warto wspomnieć, że niebanalny łąbędzy zaprzęg kosmiczny został powtórzony w sześciotomowej pracy niemieckiego fantasty H. Grimmielshausena „Przygody Simplicissimusa” wydanej w 1668 r. Może nasJadując Keplera, niemiecki badacz sztuki A. Kircher w „Itinerarium extaticum quo mundi opificium” („Ekstatyczna podróż niebiańska”, 1659 r.) znowu posługuje się magią.

Z tego samego stulecia, które w Europie wydało tyle fantastycznych pomysłów związanych z lotami kosmicznymi — pochodzi nowoczesny akcent w postaci napędu raketowego. Nieoczekiwanie wprowadza go francuski rycerz, pisarz o ciętym piórze i oryginalny myśliciel, niezwykle barwna postać — Cyraino de Bergerac, w powieści „Inny świat albo państwa i cesarstwa Księżyca” z 1657 r. (w niektórych późniejszych wydaniach pod zmienionym tytułem: „Podróż na Księżyc i Słońce”).

Autor nie zaczął od tego napędu. Najprzód z szyderczą powagą wypróbować takie sposoby, jak opasanie się butelkami z majową rosą, którą przyciąga Słońce, nacieranie ciała byczym szpikiem, budową magnetycznego statku i podrzucanie do góry żelaznych bul. Być może, właśnie za najbardziej nonsensowny środek lokomocji uznał powóz wypełniony raketami i napędzany energią ogni sztucznych?... Trafił jednak w dziesiątkę i winniśmy uważać go za wizjera. Przy sposobności opisał mieszkańców Księżyca: chodzących na czworakach dwunastołokciowych olbrzymów, u których rolę monety obiegujowej spełniają wiersze. Bohaterem tych przygód autor uczynił swego ulubionego filozofa Toniasso Camipanelłę. Nie poprzestaje on na spenetrowaniu Księżyca. Rychło osiąga Słońce i takie wrażenia stamtąd wynosi: „Z momentem przybycia, poświęcam czas zwiedzaniu rozmaitych stref tego wielkiego globu, odkrywam wciąż nowe cudowności; podobnie jak Ziemia, dzieli się on na królestwa, republiki, stany i księstwa. Tak to czworonogi, skrzydłace, rośliny i kamienie mają tu swoje własne państwa. Niektóre z tych stworzeń nie wpuszczają nigdy do siebie zwierząt obcego gatunku; zwłaszcza Ptaki, pałające śmiertelną nienawiścią do Ludzi. Mogę tu jednak podróżować wszędzie, nie ponosząc żadnego ryzyka, ponieważ duszę Filozofa utkano z części o wiele subtelniejszych niż narzędzia, jakimi posłużono by się, aby mnie torturować.”

We wspaniałym poemacie epickim „Raj utracony” (1667 r.) John Milton snuje takie rozmyślenia:

24

Cóż, jeżeli

Ziemia, co światło śle w strzeń przezroczystą

Towarzyszowi swemu, Księżycowi,

Wyda się gwiazdą, co mu w dzień tak świeci,

Jak on jej w nocy? Jeśli tam są kraje,

Pola, mieszkańcy?...

Może odkryjesz kiedy inne Słońca

Z ich Księżycami...

Może na każdym z owych ciał niebieskich

Mieszczą się jakieś żyjące istoty?

By takich wielkich w przyrodzie przestrzeni

Nie zamieszkiwała żadna żywa dusza,

By puste były, przeznaczone tylko

Na to, by świecić, aby każda gwiazda

Ledwie światelko słabe (posyłała

Dalekiej Ziemi, zamieszkałej, która

Innym je zwraca — o tym wątpić można.

W tyto samym czasie podjął tein temat francuski pisarz, filozof i rzecznik idei Oświecenia, Bernard le Bovier de Fontenelle (siostrzeniec Corineille'a). W świetnych „Rozmowach o wielkości światów” nie tylko dowodził występowania istot rozumnych poza Ziemią, lecz obdarzył je też odpowiednim, charakterem — tak, aby współbrzmiały ze specyfiką warunków przyrodniczych na ich rodzinnej planecie. Mieszkańcy Merkurego byli więc w jego opisie „aż szaleni z nadmiaru sił żywotnych”. Saturnidom natomiast przypisał tak flegmatyczne usposobienie, iż „cały dzień tracą nim odpowiedzią na najprostsze pytanie”.

Zasmucony brakiem zrozumienia dla idei po-wszechności życia we Wszechświecie, Fontenelle pisał z goryczą:

„Planety przedstawiają się nam jako> ciała wydające światło, a nie — jako rozległe pola i wielkie łąki. Uwierzylibyśmy chętnie, że pola i łąki są zamieszkałe, lecz o ciałach świecących niepodobna tak mniemać. Rozum nam powiada, że na planetach znajdują się pola, łąki; ale rozum ten zbyt późno się odzywa; pierwszy rzut oka wywarł na nas swój skutek — nie chcemy więc słuchać rozumu. Planety odtąd nie są niczym innym dla nas, jak ciałami świecącymi; a zatem, jacyż by to byli ich mieszkańcy? Potrzeba, aby wyobraźnia przedstawiła nam ich postacie; lecz ona nie może tego do-kazać; więc łatwiej wierzyć, że ich tam wcale nie ma. Trudne to i niewdzięczne zadanie skłonić ludzi, aby swój rozum umieścili w miejsce swych oczu.”

Ta wnikliwa uwaga Fontenelle'a trafnie oddaje przyczynę, dla której sceptycyzm wobec występowania życia „gdzieś w niebie” jeszcze dziś bywa poczytywany za postawę zgodną z rozsądkiem. Często po prelekcjach astronomicznych pada żenujące pytanie: — Jakże Ziemia, ciało matowe, nie błyszczące, może świecić na niebie innych planet?

W następnym stuleciu Wolter w słynnej powieści „Mi!kromegas” (1752 r.) opisuje międzyplanetarne podróże mieszkańca Saturna, przy czym ujawnia jego osąd skłóconych wojnami Ziemiaków, który nie , wypada dla nas pochlebnie.

Wiek dziewiętnasty mnożył pomysły i sposoby zdobycia nieba oraz zaludniał planety mnóstwem rozumnych stworów. Było to przygotowanie zmasowanego szturmu na barierę, nieosiągalnego, który w naszych czasach przypuściła nauka i technika, a tysiącami oryginalnych głosów dotrzymuje jej kroku fantastyka, w dobie realnego zdobycia Księżyca podejmująca wypadki do' najodleglejszych galaktyk, w inne wymiary przestrzeni, w niedościgłe . epoki. Jest to dziedzina nadzwyczaj rozległa, która wykracza poza nasz temat (zainteresowanych odsyłam do dwutomowej monografii Stanisława Lenia „Fantastyka i futurologia”, Wydawnictwo Literackie, 1970 r.).

Sto lat temu francuski astronom, czairujący poeta nieba — Camille Flammarion. w swoim słynnym dziele „Terres du Ciel” (Ziemia Nieba) kreśli przed nami taki sugestywny obraz:

„Jeśli nasz Układ Słoneczny jest typowy dla całej struktury niebios, co jest najprawdopodobniej-sze — owe wielkie i błyszczące słońca stanowią tyle samo środków wspaniałych systemów, z których jedne są podobne do naszego, inne mogą być od niego niższe, a wielka ich liczba odznacza się większą rozległością i bogactwem planet. Jeśli takie rozmieszczenie światów wokół oświecającej gwiazdy nie powtarza się u wszystkich słońc w przestrzeni,, to jednak powinniśmy być pewni, że są one tylu też środkami życia czynnego, objawiającego się na światach nieznanymi i tylu środkami tworów odmiennych od tych, które znamy, lecz wzniosłych, zadziwiających, szczytnych jak wszystko, co wyrasta na niwach uprawianych ręką Przyrody.

Oto jest życie powszechne i wieczne, które króluje ponad naszymi głowami.. Tego

to życia istotną część stanowimy. Oto już pojmujemy mowę nocy, czując jak wszędzie wokół nas przetaczają się światy ogromne a ciężkie, zamieszkałe tak jak nasz. Zarówno planety jak gwiazdy — to światy, grupy światów, układy, wszechświaty; i z głębi msze j przepaści domyślamy się tych odległych narodów, tych nieznanych miast, tych zaziemskich ludów!... Każdy z tych światów to jakaś inna ludzkość, która jest 'siostrą naszej.

Zamieszkane nieba nie są już mitem. Oto teleskop połączył nas z nimi; oto spektroskop daje nam analizę powietrza, którym ich mieszkańcy oddychają; oto meteoryty przynoszą nam minerały z ich gór.

Rozumiemy obecnie istnienie Wszechświata, słyszymy akordy potężnej harmonii i z niezachwianym przekonaniem opartym na pozytywnym doświadczeniu obwieszczamy z głębi naszej świadomości tę od tej chwili niezniszczalną prawdę:

— Życie rozwija się bez ustanku w przestrzeni i w czasie; jest powszechne; wieczne; napętnia Nieskończoność swymi akordami i będzie panowało przez wieki wieków, poprzez nie kończąca się wieczność." :

Nie pisze tych «słów wyłącznie egzaltowany marzyciel, lecz uczony z prawdziwego zdarzenia, którego badania Księżyca, Marsa, gwiazd podwójnych, komet — jakich dokonał w założonym przez siebie obserwatorium Juvisy pod Paryżem — .są trwałą pozycją w historii astronomii.

Dziś te wywody nie brzmią dla nas przekonująco. Były to jednak dopiero początki astrofizyki, kiedy braki konkretnych danych zastępowano emocją. Wystarczy wspomnieć, że Flammarion uważał nawet Słońce za glob zamieszkały. Wyobrażał sobie, iż jego chłodną, twardą powierzchnię otula podobna do ziemskiej atmosfera, w której pływają oślepiające jaskrawe chmury. Obserwowane zaś przez nas plamy słoneczne to prześwity w tym morzu ognistych obłoków, pozwalające Solarianom cieszyć się widokiem gwiazdzistego nieba... Warto wtrącić, że przed nimi taki pogląd wyznawał wybitny angielski astronom William Herschel, a jeszcze wcześniej — sam Newton.

Dziś podchodzimy do spraw egzobiologii znacznie trzeźwiej. Postępy wiedzy zarówno obaliły wiele .złudzeń, jak otworzyły przed nami nowe, dawniej nieprzeczuwalne nadzieje. Olbrzymie sukcesy techniki astronomicznych oraz powstałej dopiero po wojnie radioastronomii, w powiązaniu ze startem astronautyki ipozwalającej bezpośrednio badać odległe światy, które jeszcze za życia Flammarionooa (1842—1925) wydawały się nieosiągalne — stwarzają perspektywy naukowych dociekań, które prędzej bądź później zostaną uwieńczone sukcesem.

To unowocześnienie środków nie może w żadnym razie obedrzeć nieba z romantycznego nimbu przepastnej, urokliwej tajemnicy. Ten nimb z całą pewnością sięga w głąb pradziejów. Jak mocno zniewala on ludzi uczulonych na te sprawy, niech zaświadczy hipoteza znanego kijowskiego astronoma Wsiechswiatskiego, która ściśle wiąże widoki gwiazdnego nieba ni mniej ni więcej, tylko z powstaniem naszej cywilizacji — traktując je jako warunek konieczny.

Zdaniem Wisiechswiatskiego, na początku czwartorzędu 4) silna aktywność wulkaniczna powodowała tak dotkliwe zapylenie atmosfery, że gwiazdy nie, były widoczne nigdy, a zamglone Słońce i Księżyc — w nadzwyczaj rzadkich momentach przejaśnień. Gdy przed 9000 lat powietrze stało się przezroczyste — umożliwiło to ludziom nawigację morską, powstanie matematyki, i na tyle wzmogło rozwój inteligencji, że wywołało radykalny postęp kultury i narodziny cywilizacji technicznej. Uczony posuwa swoje wnioski jeszcze dalej: gdyby w przyszłości zwielokrotniona działalność wulkanów, bądź dymy przemysłowe znów zaciemniły niebo, ludzkość czekałby regres, zwłaszcza duchowy, do stanu półzwierzęcego.

4) Ostatni okres historii ©eotagiicaraej Ziemi, fetory rozpoczął się przed ponad

ok. 1 mln lat i trwa do chwili obecnej. Okres ten dzieli się na dwie epoki:

starszą — plejstocen (dyluwium), młodszą — holocen (atowium).

Jakkolwiek daleko foyśmy się wdarli w kosmiczną przestrzeń — i my, i wszystkie przyszłe pokolenia, to Wszechświat miliardów galaktyk nie przestanie być dla nas owym niedooczeniem „puszcz litewskich krain”, z pasującymi doń słowami

Wieszczka:

Rybak ledwie u brzegu nawiedza dno morza, Myśliwiec krąży koło puszczy litewskich łoża, Zna je tylko po wierzchu, ich postać, ich lico, Lecz obce mu ich wewnętrzne serca tajemnica.

Prawem paradoksu, ten niezwalczony dramat nauki to dla człowieka najwyższe błogosławieństwo: mocna świadomość, że nie zagraża nam „intelektualny paraliż” wszechwiedzy, niemożliwej do pogodzenia z odkrywczymi aspiracjami istoty rozumnej. Szczególnie jaskrawo dotyczy to poszukiwań egzosocjologicznych.

Rozdział II

## U ŹRÓDEŁ ŻYCIA

Biogeneza jest najbardziej złożonym spośród procesów przyrodniczych, o jakich wiemy. Toteż nie dziwny się, że wciąż jeszcze daleko do zadowalającego wyświetlenia jej. Życie to ciągły ruch, a nade wszystko — transformizm: nieustanne prze- • kształcanie się. Aby organizm mógł w ogóle funkcjonować, jego ciało musi stale odnawiać się w wyniku metabolizmu, czyli przemiany materii — tak skomplikowanej, że najgłębsze jej mechanizmy poznaliśmy tylko pobieżnie, a rozumieć je dopiero zaczynamy.

Dotyczy to zarówno tkankowców, jak drobnoustrojów, gdyż podstawowe procesy życiowe rozgrywają się na najniższym, molekularnym poziomie. Znacznie trudniej pojąć powstanie pierwszej komórki w ciągu „zaledwie” miliarda lat formowania się życia na Ziemi — niż jej ewoluowanie do ustroju ssaka po upływie dalszych około trzech miliardów lat.

Przemawiają za tym nagie, wręcz zdumiewające fakty. Na to, aby się utrzymać przy życiu, komórka musi w każdej sekundzie odebrać około tysiąca bitów (podstawowych jednostek informacji) i prawidłowo zareagować na każdy z nich. Dla porów-

• S v" nania — nasz mózg potrafi przetworzyć tylko dwadzieścia bitów na sekundę!

Tak niewyobrażalna skuteczność pracy komórki jest możliwa dzięki temu, że poszczególne reakcje o znaczeniu biologicznym (katalizowane przez enzymy) przebiegają w jej wnętrzu w tempie stutysięcznych części sekundy. Prędkość tę zmierzył niemiecki chemik Manfred Eigen, za co uzyskał Nagrodę Nobla w 1967 r. Pod mianem biogenezy rozumiemy potocznie narodziny życia na Ziemi. Wynika to stąd, że nasza biosfera jest jedyną, jaką poznaliśmy dotychczas.

Ale biogeneza oznacza również powstawanie życia gdziekolwiek indziej we Wszechświecie. Właśnie w tym szerokim ujęciu leży ona u podstaw tematu tej książki, który jest biokoBmas. Nie traćmy więc z oczu tego aspektu przy omawianiu narodzin życia na Ziemi. Ten pradawny, długotrwały, skomplikowany proces, któremu zawdzięczamy nasze istnienie, startowi zapewne ogólną prawidłowość rozwoju materii, dziejącą się w sposób mniej lub bardziej podobny na powierzchni nieprzeliczonych planet — zarówno w Układzie Drogi Mlecznej, jak w innych galaktykach.

Przez tysiące lat życie wydawało się ludziom największą, niedocieczoną tajemnicą. Kiedy już wyjaśniono wiele prostszych zjawisk przyrodniczych: padanie deszczu, uderzenie pioruna, wiatr — życie wciąż pozostawało mroczną zagadką. O ile tamte żywioły zaczęto już przypisywać naturalnym, siłom przyrody (a nie — bogom i duchom, jak w czasach wcześniejszych) — przemiany biologiczne nadal owiewały nastrój niepoznawalności i dlatego przydawano im cechy nadprzyrodzone.

Miało to dotyczyć wszelkich procesów zachodzących w • poszczególnych organizmach, więc tym bardziej powstania

33

biosfery, czyli zespołu wszystkich istot zamieszkujących Planetę.

O trudnościach rozwikłania podstawowego problemu biologii, jakim jest powstanie życia na Ziemi, najdobitniej chyba świadczy, że pierwsze rzeczywiście naukowe teorie w tym względzie zostały wypowiedziane dopiero w dwudziestym wieku.

Wcześniejsze rozważania albo odwoływały się wprost do cudownego .stworzenia życia, co zamykało jakąkolwiek dyskusję, albo przyjmowały naiwnie, że nawet wysoko zorganizowane zwierzęta po prostu i zwyczajnie, również za naszych dni, powstają z materii martwej.

Ten drugi pogląd otrzymał nazwę samoródtwa. Powstał w starożytnej Grecji i był w owych czasach, 25 wieków temu, o tyle postępowy, że materialistyczni filozofowie starali się w ten sposób zaprzeczyć panującym oficjalnie poglądom, jakoby życie na Ziemi było cudownym darem bogów.

W nauce europejskiej to przekonanie utrzymało się aż do czasów nowożytnych, wtedy będąc już tylko hamulcem postępu w przyrodznawstwie. Mniemano więc, że węgorki i żaby legną się z mułu, prusaki, muchy i myszy — z gnijących odpadów.

Jakże zabawne wydają się nam ryciny z ówczesnych książek, przedstawiające bernikle, czyli gęsi morskie, które się rodzą w muszelkach na drzewach

nadbrzeżnych! Od podobnych dziwów rola się poczytna przez parę stuleci książka podróżnicza lekarza belgijskiego Jean de Bourgogne, który pod pseudonimem Sir John de Maundeville pisał z szyderczą powagą o chińskich drzewach, na których — zamiast jabłek — dojrzewają jagnięta; także o drzewach Dalekiej Północy, z których pękającej jagody — jak z jajka — wykluwają się młode ptaszki. . ' •

t Blokosmos t. I

33

Jeden z nowożytnych już autorów angielskich, Eduard Wotton w książce „O rozmaitych zwierzętach”, wydanej w 1552 r., tak pisze na temat rozmnażania się owadów: „Niektóre owady powstają z płciowego połączenia się form rodzicielskich, lecz ponadto istnieje wiele takich, które legną się samo-rodnie z rosy, nawozu, próchna, rozwijają się na włosach, w śniegu, w occie. Larwy owadów powstające z martwych substancji mają najpierw tylko tylne części ciała, a głowa i oczy tworzą się dopiero później.”

Poparta zarówno wielkim autorytetem Arystotelesa, jak przyzwoleniem ze strony Kościoła — teoria samoródtwa tak powszechnie się przyjęła, że nikt nie próbował jej podważyć.

Dopiero w XVII i XVIII w. doświadczenia dwóch włoskich przyrodników dokonały wyłomu w tych poglądach. Najprzód Francesco Redi w oparciu o swe badania nad rozwojem muchy mięsnej dowiódł, że owady powstają z jaj tego samego gatunku, a nie — z kurzu, śmieci i resztek kuchennych. Sto lat później Lazzaro Spallanzani wykazał, że także pierwotniaki nie pojawiają się w naporach roślinnych, gotowanych a potem szczelnie zamkniętych.

Przez dalsze stulecie utrzymywała się już tylko wiara w samoródtwo bakterii.

Obalił ją twórca mikrobiologii, Ludwik Pasteur (1822—1895), udowadniając, że drobnoustroje obecne w wielkiej liczbie w powietrzu i w wodzie rozwijają się zawsze wyłącznie z osobników tego samego gatunku. Natomiast w wyjałowionej, a następnie zalutowanej kolbie nie pojawi się — nawet po dowolnie długim czasie — żadne mikroskopijne żyjątko.

W samym twierdzeniu o możliwości tworzenia się najprostszycy istot z °ubstancji martwej nie ma niczego niedorzecznego. Wprost przeciwnie: wszystkie dyskutowane obecnie teorie

powstania życia (na Ziemi, bądź na innej planecie) przyjmują, że rozwinęło się ono drogą przekształceń prostszych związków chemicznych w coraz bardziej złożone, aż do etapu tej najwyższej z poznanych form ruchu materii, kiedy nabiera ona cech ustrojów żywych.

Właśnie dlatego nieraz spotykamy pogląd, że do takich dwudziestowiecznych teorii biogenezy, a więc powstania życia z martwych struktur materii, jak Dernala lub Oparina — również pasuje termin „sa-moródtwo”, choć dotyczy zgoła innych procesów. A różni się od poprzedniego głównie powolnością swego przebiegu. Tamto zakładało, że np. myszy mogą lęgnąć się z brudu — w sposób nagły. Dziś wiemy, iż od powstania na Ziemi pierwszej komórki do wyodrębnienia się ssaków upłynęły ponad trzy miliardy lat.

Podciągnięciu obecnych teorii biogenezy pod „sa-moródtwo” przyświeca chęć odgrożenia się od nienaukowych ujęć tego problemu, głoszących jawnie lub w sposób określony, że życie stworzył Bóg, przynajmniej pod postacią „siły życiowej”, którą tchnął w materię martwą — więc ma ono naturę cudu, zamiast procesu przyrodniczego. Nadto, chce się w ten sposób odciąć od rozmaitych odmian teorii pan-spermii, o ile rozpatrywać je jako hipotezy narodzin życia, a nie — sposobów jego rozprzestrzeniania się po Wszechświecie.

Ten aspekt wymaga wyjaśnienia. W pierwszych latach naszego stulecia wybitny szwedzki uczyony Svante Arrhenius (1859—1927) wyraził pogląd, że zarodniki najprostszycy organizmów, a więc drobnoustrojów — znajdują się wszędzie we Wszechświecie. Przenoszone ciśnieniem światła Słońca oraz innych gwiazd — pokonują bezkresy pustki kos-

35

mioznej. Gdy przypadkowo dotrą na jakiś glob o klimacie dogodnym dla życia — rozwijają się, aż z upływem er geologicznych ewolucja tego życia stwarza zróżnicowany świat roślin i zwierząt.

Arrhenius zasadniczo nie rozważał procesu powstania życia, lecz tylko sposób jego przenoszenia się we Wszechświecie. Jego tłumaczenie pasuje więc równie dobrze do teorii o chemicznej ewolucji pra-zarodników życia na planetach i odrywania się ich od naj!wyższych warstw atmosfery w otaczającą przestrzeń — jak też do przeświadczenia, że życie jest tak samo odwieczne jak materia; że stanowi nieodłączny jej składnik, wobec czego istoty żywe nie powstały w długim procesie tworzenia się na powierzchni jakiejś młodej planety coraz bardziej złożonych cząsteczek chemicznych, lecz z już przygotowanych związków życia, zawsze współistniejących z materią martwą.

Wydaje mi się jednak niezręczne, a zwłaszcza mylące, przenoszenie terminu „samoródtwo”, -powszechnie znanego w omówionym historycznym znaczeniu — na biogenetyczne teorie świeżej daty. Słuszniej nazywać je poglądami ewolucyjnymi.

•  
W latach pięćdziesiątych nie brakło publikacji,<sup>1)</sup> firmowanych nie przez dyletantów, które wmawiały w nas, że ogólny mechanizm biogenezy został poznany w sposób niewątpliwie prawdziwy, a jeśli przedstawiony obraz nie jest „ostatecznym wyrokiem nauk” — to tylko dlatego, że późniejsze odkrycia mogą wnieść drobne uzupełnienia.

Ten schemat opierano na hipotezie Oparina, enuncjacjach jego współpracowników i uczniów,

1) Spośród wielu innych, można przykładowo wymienić pracę zbiorową „O powstaniu życia hipotezy i teorie”, PWN..1957 r.

a także kilku uczonych zachodnich (przede stkim Bernala) — których wnioski, w szczegółach nieraz dość rozbieżne, pod jednym względem sprowadzały się do wspólnego mianownika: iż w dostatecznie korzystnych warunkach na powierzchni

planety — powstanie biosfery stanowi proces konieczny, występujący spontanicznie drogą komplikowaną — łączy się z łańcuchem węglowym aż do osiągnięcia nowej jakości przyrodniczej, jaką jest życie.

Przy okazji zaciekle zwalczano z pozycji ideologicznych wszelkie teorie postulujące przypadek jako tę właśnie okoliczność, która odegrała istotną rolę w powstaniu życia na Ziemi.<sup>2)</sup> Przeoczono natomiast, że już wtedy najdonioślejsze w naszym stuleciu odkrycie biologii: rozszyfrowanie budowy cząsteczki kwasu dezoksyrybonukleinowego (DNA) oraz jego roli jako matrycy przenoszenia cech dziedzicznych — kazało spojrzeć o wiele bardziej nowoczesnie na problem czym jest życie. Doszły do tego wielkie sukcesy cybernetyki, z której usług musi korzystać pełną garścią każdy, kto w latach osiemdziesiątych roztrząsa misterium narodzin biosfery.

Zanim omówimy te najświeższe osiągnięcia, warto zapoznać się z paroma wcześniejszymi hipotezami minionego półwiecza, by je porównać z obecną sytuacją w tej dziedzinie. Zawierają one cenny materiał poznawczy i stanowią ważny, nieodzowny etap zgłębiania przyrodniczego problemu istoty życia oraz procesów jego powstawania.

Jeden z twórców geochemii, norweski mineralog i petrograf Yiktor Goldschmidt (1888—1947) sądził

2) Z przytoczonych pobudek — bez żadnej racjonalnej słuszności — przedmiotem ataków był tm.in. John Burden Haldane, wybitny angielski genetyk i filozof, notabene bardzo zbliżony do materializmu dialektycznego.

37

zgodnie z utartą opinią, że główną rolę w przygotowaniu biogenezy odegrały związki węgla. Natomiast w przeciwieństwie do autorów o których będzie mowa — pierwszoplanowe znaczenie przypisywał tu dwutlenkowi węgla.<sup>3)</sup> Uważał go za podstawowy składnik pierwotnej atmosfery, powstały z dwóch źródeł: reagowania tlenku węgla z wodą oraz uchodzenia z wnętrza skorupy ziemskiej podczas wybuchów wulkanów. Według niego, dodatkowy udział miały takie proste związki azotu, jak jego tlenki, kwasy, sole, amoniak, tworzące się również dwojako: pod działaniem wyładowań atmosferycznych oraz fotochemicznych skutków promieniowania słonecznego.

Rozważając sposób skupiania się cząsteczek związków organicznych — początkowo równomiernie rozproszonych w glebie, wodzie i powietrzu — Goldschmidt postawił w pierwszym rzędzie na zjawisko adsorpcji,<sup>4)</sup> uwzględniając rozwój tego procesu na powierzchni kryształów tworzonych przez niektóre minerały (głównie kwarc), a w mniejszym stopniu na lustrze wody. Uważał, iż między kryształem jako podłożem adsorbującym a osadzającym się na nim adsorbacie mogły zachodzić dodatkowo reakcje chemiczne. Tym sposobem do powstających struktur włączały się takie pierwiastki, jak fosfor,

3) Warto podkreślić, że ojciec astronautyki, Konstanty Ciołkowski — znakomity, niezwykle wszechstronny uczonek rosyjski polskiego pochodzenia, był pierwszym, który wypowiedział i uzasadnił ten pogląd w artykule „Z przeszłości Ziemi”, 1921 r.

4) Adsorpcją nazywamy zagęszczanie się substancji (gazów, cieczy, ciał stałych rozpuszczonych w roztworze) na granicy dwu faz, np. stałej i gazowej, lub ciekłej i gazowej. Cząsteczki, fazy bardziej letniej (adsorbata) ulegają samorzutnemu zagęszczeniu na powierzchni adsorbenta o strukturze stałej silnie skondensowanej.

żelazo, wapń, magnez, potas — niezmiernie ważne dla związków prebiologicznych i późniejszych żywych ustrojów.

Rozważając domniemane okoliczności powstania życia na Ziemi, angielski zoolog i

biochemik J. W. Pringle skupił się w pierwotnym rzędzie na dynamice procesów biologicznych o charakterze ewolucyjnym — już w najwcześniejszych, niejako przygotowawczych Stadiach biogenezy. Sposoby przekształcania się przedziwowych związków organicznych analizował z pomocą najnowszych (w latach pięćdziesiątych) osiągnięć chemii teoretycznej, zwłaszcza teorii reakcji łańcuchowych,<sup>5)</sup> którym przypisywał utlenianie węglowodorów pochodzących z 'węglików' skorupy ziemskiej. Taki sam nacisk na stwierdzenie, że ewolucja chemiczna poprzedziła biologiczną, przygotowując ją przez długie miliony lat — położył znany angielski biochemik i genetyk John Haldane (ur. w 1892 r.). W pierwotnej atmosferze ziemskiej, prawie pozbawionej wolnego tlenu, której głównymi składnikami były takie gazy, jak metan, amoniak i para wodna — rozstrzygającą rolę dla powstania z nich bardziej złożonych związków które Haldane nazywa metatrwałymi, przypisuje on działaniu nadfioletowego promieniowania Słońca. Jego zdaniem, użyczało ono tym obiecującym drobinom znacznych

5) Reaferają łańcuchową nazywamy \*alką reakcję Chemiczną, Wtóra przebiega jako ciąg kolejno następujących przemian ściśle powiązanych z sobą. Produkt reakcji poprzedniej jest tu z reguły materiałem wyjściowym dla jednej lub feilkiu następnych reakcji. Rozwój łańcucha powodują silnie aktywne cząstki, głównie 'Wolne srodniffci (np. swobodne atomy wodoru, w odróżnieniu od dwuatomowych cząsteczek H<sub>2</sub>), powstające pod wpływem nagrzewania, na-lu-b promieniowań jonizujących, zasobów chemicznie związanej energii, przydatnej dla dalszego komplikowania ich budowy.

Przeciwstawne stanowisko zajął w tej sprawie wybitny radziecki astrofizyk i egzobiolog Josif Szklowski (nr. w 1916 r.). Rozpatrując różne źródła twardego promieniowania, jakie mogły występować w tamtych odległych epokach, uznał on, że istotne niebezpieczeństwo dla rozpoczynającej się biogenezy musiało przedstawiać właśnie promieniowanie nadfioletowe. Przed jego jonizującym oddziaływaniem chromi nas nie tylko jomosfera, lecz przede wszystkim ozonosfera, znacznie niżej rozciągnięta cienką warstwą. Pierwotna, niemal beztlenowa atmosfera Ziemi była przezroczysta dla nadfioletu. Stąd Szklowski wnioskuje, że strumień energii promienistej, dobiegający w tym zakresie do powierzchni Ziemi, wynosił 5000 ergów na centymetr kwadratowy na sekundę. Dla większości dzisiejszych mikroorganizmów, śmiertelna dawka promieniowania to paręset tysięcy do miliona ergów na centymetr kwadratowy w ciągu całego życia.

Istnieją podstawy do przypuszczeń, że najwcześniejsze ziemskie drobnoustroje żyły dość długo; może kilka tygodni. W takim razie, bezpieczna dla nich porcja promieniowania musiałaby być kilkanaście razy mniejsza od panującego wówczas. Nawet stężenie ultrafioletu nie zabójcze dla tych organizmów, lecz wysokie — mogło udaremnić dalszy rozwój życia: mutacje przebiegałyby w tak szybkim tempie, że dobór naturalny nie nadałaby za nimi.

Szklowski wysuwa stąd przypuszczenie, iż pierwotne organizmy nie tylko rozwinęły się w wodzie (jak sądzi przeważająca większość uczonych), lecz ponadto na sporych głębokościach. Kilkudziesięciometrowa warstwa wody jest nieprzepuszczalna dla

40

promieniowania nadfioletowego. Pod osłoną takiego puklerza — życie mogło swobodnie powstawać, mając do dyspozycji obfitość budulca oraz liczony w milionleciach czas na uformowanie się.

Chyba najwybitniejszym z zachodnich badaczy zagadnienia biogenezy jest John Bernal (ur. w 1901 r.) — umysłowość wszechstronna, ceniony jako naukowiec (fizyk, geochemik i krystalograf), działacz 'Społeczny {długoletni członek,



później przewodniczący Światowej Rady Pokoju) oraz ideolog filozofii marksistowskiej. W oparciu o znajomość procesów przemiany materii, zachodzących w dzisiejszych organizmach, dąży on do wykrycia takich substancji tudzież przekształceń chemicznych, które wiodły od martwych związków organicznych do najwcześniejszych tworów żywych.

Powstanie życia przyrównuje Bernal do sztuki scenicznej. Prologiem jest wstępny etap chemicznych przekształceń w pierwotnej skorupie ziemskiej. W pierwszym akcie stopniowo gromadzą się coraz bardziej skomplikowane związki węgla, wodoru, tlenu i azotu, reagując pomiędzy sobą. W akcie drugim pojawiają się już substancje zdolne do fotosyntezy. Wzbogaca to atmosferę w tlen, udostępniając proces oddychania, który — w wypadku ziemskiej biosfery — nie jest niczym innym, jak tlenową przemianą materii. Aktorami trzeciego aktu są już organizmy zbudowane z komórek, co oznacza zakończenie biogenezy, a zarazem początek różnicowania się gatunków zwierząt i roślin — więc akt pierwszy właściwej ewolucji życia na Ziemi.

W przeciwieństwie do wymienionych autorów — według Bernala życie powstało już z chwilą uformowania się w praocenie złożonych cząsteczek typu białkowego, zdolnych do stałej wymiany substancji ze środowiskiem zewnętrznym. Natomiast

41  
wyodrębnienie się odgraniczonych wieloskładnikowych układów, charakteryzujących się wymiennym oddziaływaniem z otoczeniem — uważa on za narodziny (pierwszych żywych organizmów).

Przedstawieniu hipotezy Bernala tradycyjnie towarzyszy omawianie zarzutów, stawianych jego wywodom przez angielskiego biochemika Pirie'go. Moim zdaniem są to dyskusje dość jałowe, podniecane przez antagonizmy związane nie z biologią, lecz z różnicami poglądów obu autorów na płaszczyźnie pozanaukowej. Nasuwa się tu jedno spostrzeżenie. Pirie zarzuca Bernalowi zbyt dużą (pewność siebie w poruszaniu się po tych rewirach dociekań, w których wiedza ma wciąż jeszcze niewiele do powiedzenia. Nie solidaryzując się z agnostyczną umysłowością Piriego, który w swych publikacjach potrafi wątpić w sprawdzone i pewne osiągnięcia nauk o życiu, trzeba stwierdzić, że ten konkretny jego zarzut — wysunięty w polemikach z Bernalem na łamach brytyjskich czasopism naukowych około 1950 r. — uwypuklił się i nabrał nowego wyrazu w latach późniejszych. Znakomite sukcesy w kilku dziedzinach wiedzy dobitnie ukazały, iż takie mierzenie sił na zamiary nie mogło w żadnym wypadku doprowadzić wtedy do jednoznacznego wyjaśnienia całego procesu powstania życia na Ziemi lub jakiegokolwiek innej planecie. Nawet dziś jest na to jeszcze zbyt wcześnie. Ta sama uwaga dotyczy teorii Oparina, najpełniejszej z dokonanych prób rozwikłania tajemnic biogenezy tylko z pozycji chemii i biologii, więc bez pohukiwania funkcjonalnego obrazu procesów życiowych, możliwego wyłącznie w oparciu o rozwiązania cybernetyczne.

Głośny radziecki biochemik Aleksander Oparin (ur. w 1894 r.) należał do tego samego pokolenia

co większość wspomnianych autorów. Zabrał głos wcześniej, publikując w 1923 r. zasadniczy zrzęb swej hipotezy. Rozwijał ją przez następne pół wieku, podbudowywał narastającymi odkryciami nauk przyrodniczych, precyzował w szczegółach. W swym głównym trzonie pozostała nie zmieniona.

Oparin sięga daleko wstecz poza proces biogenezy. Przed zanalizowaniem dziejów krążenia materii w najdawniejszych żywych organizmach — za punkt wyjściowy obiera stany tej materii jeszcze o miliardy lat wcześniejsze: nim powstał Układ Słoneczny. Dopiero później zajmuje się specyfiką młodej Ziemi: kuli gorącego gazu, mającej stać się ostygłą planetą,

Jednym z pierwiastków, które wtedy skropliły się w pierwszej kolejności, był węgiel — ze względu na wyjątkowo wysoką temperaturę topnienia: aż 4200°C. Po uformowaniu się metalicznego jądra planety, odgrywał w nim znaczną rolę, wchodząc w reakcje z metalami. Te węgliki, jako lżejsze od żelaza i niklu, stanowiących materiał jądra Ziemi — pływały po jego powierzchni, a później przez szczeliny w skałach przedostawały się pod ciśnieniem jeszcze wyżej, aż do zewnętrznych warstw Skorupy ziemskiej.

Oparin przyznał węglikom rolę najwcześniejszego ogniwa w planetarnej historii związków organicznych (czyli połączeń węgla z innymi pierwiastkami). Dzięki dużej aktywności, węgliki mogły poprzedzać wytworzenie się węglowodorów, które w dalszym rozwoju globu, komplikując swą budowę, wyłoniły z siebie związki organogeniczne, czyli dające początek wstępnym procesom życia. Obok węglików, ważny udział miały azotki metali. Z kolei wytwarzały one eyjamidki, które w zetknięciu z (przeprzaną parą wodną produkowały między in-

43

iiymi amoniak. Wolny azot natomiast, dziś główny składnik powietrza, jest pochodzenia biologicznego. .

Takimi drogami myśl uczonego zmierzała ku najważniejszemu etapowi jego rozważań: powstawaniu związków białkowych. Tu zaczyna się główny trzon hipotezy Oparina, potocznie często utożsamiany z nią samą. Jest to długi ciąg studiów procesów biochemicznych. Jedne spośród nich pozostają nadal! teoretycznymi przewidywaniami, inne zostały poparte przez takie doświadczenia laboratoryjne, dokonane w różnych krajach, jak 'sztuczne uzyskiwanie aminokwasów, koacerwatów, również substancji o strukturze stosunkowo prostych białek.

W tej części dociekań Oparina kluczową pozycję zajmuje zjawisko koacerwacji, które potwierdził eksperymentalnie i opisał w 1932 r. holenderski fizykochemik Bungenberg de Jong. Występuje ono w odpowiednio dobranych roztworach zawierających w stanie rozproszenia dwa lub więcej rodzajów koloidalnych (galaretowatych) substancji o różnoimiennych ładunkach elektrycznych. Po częściowym odwodnieniu, te chemicznie odrębne cząstki mogą łączyć się w kropelki koacerwatów oddzielone od płynnego środowiska zewnętrznego. Koacerwaty mają właściwości fizykochemiczne zbliżone do protoplazmy żywych komórek.

Oparin zwrócił szczególną uwagę, że koacerwaty uzyskiwane w laboratorium wykazują cztery ważne cechy przemawiające za tym, iż mogły stanowić punkt wyjściowy dla biogenezy. Przede wszystkim koacerwacja przebiega nawet w roztworach bardzo rozcieńczonych. Po drugie, każda kropelka koacerwatu jest szczelnie otoczona zaadsorbowaną warstewką wody, utrzymywaną działaniem sił elektrostatycznych — co wyodrębnia ją i odgranicza od otoczenia. Nadto, kropelki koacerwatów posiadają zdolność wychwytywania z roztworu wodnego także innych substancji, które wnikać w głąb (przez otoczkę płaszcza wodnego) wchodzi w reakcje z jej składnikami, przez co komplikują budowę samej kropelki. Marny tu daleko posuniętą analogię do wybiórczości, właściwej wszystkim organizmom żywym.

Najistotniejsza jest czwarta właściwość koacerwatów: wypełniającą kropelkę półpłynna treść systematyzuje się w pewien układ, zależny od indywidualnych cech cząsteczek koloidalnych tworzących daną kropelkę. Dzięki takiej uporządkowanej wewnętrznej strukturze możliwe są pewne ukierunkowane reakcje chemiczne pomiędzy składnikami kropelki a substancjami pochłanianymi przez nią z otoczenia. Przeciwnie procesy łączenia i rozpadu sprawiają, że jedne kropelki rosną i komplikują swoją budowę, inne natomiast ulegają zniszczeniu. Oparin porównał to z doborem naturalnym, zachodzącym na następnym szczeblu: powstawania z koacerwatów żywej, choć jeszcze nie komórkowej substancji. Wtedy dobór

naturalny nabierał już nie chemicznego lecz biologicznego charakteru — podobnie jak ukształtowana żywa materia stanowiła nową jakość w przyrodzie.

Sięgając do początków tego procesu, Oparin uważa całkowitą jałowość Ziemi za niezbędny warunek dla chemicznej ewolucji martwych jeszcze wówczas związków organicznych. Przytacza to jako powód, dla którego niemożliwe jest obecnie powstawanie tą drogą jakichkolwiek najprostszych struktur żywych: wszelkie twory gromadzące związaną energię chemiczną zostałyby natychmiast „pożarte” przez istniejące już organizmy żywe, zwłaszcza drobnoustroje.

Odmienne poglądy wyraził w tej sprawie polski badacz Ignacy Lichtig, który w 1938 r. wystąpił w szeroko dyskutowanym wtedy modelem „nieustającej biogenezy”, czynnej również w naszych czasach. Pisał na ten temat: „Miejscem, w którym od półtora miliarda lat spełnia się bez przerwy akt samoródtwa, jest pas przybrzeżny oceanów. Ten proces przebiega stopniowo, w bardzo powolnym tempie, właściwym rozwojowi gatunkowemu, a nie — osobniczemu. Życie nie powstaje w jednej jedynej formie, lecz w bardzo licznych. Samoródtwo jest wielopostaciowe.”

W jednej z liczących się hipotez S. W. Fox wykorzystał doświadczenia z polimeryzacją związków organicznych, bardziej zaawansowane niż wytworzenie koacerwatów. Zgodnie z tą koncepcją, którą autor nazwał termiczną teorią pochodzenia życia, wstępna synteza aminokwasów dokonała się pod wpływem współdziałania dość wysokich temperatur, silnych wyładowań elektrycznych i nadfioletowego promieniowania Słońca. Następnym krokiem była polikondensacja aminokwasów w obecności fosforanów, przy temperaturze 65—170°C. Reakcje te doprowadziły do powstania struktur przypominających najmniej złożone białka dzisiejszych organizmów. Fox określił je mianem prote-noidów („prawie białek”). Takie wielkocząsteczkowe związki, uzyskiwane w laboratorium, tworzą układy otwarte zdolne do wymiany substancji z otoczeniem. Po przemyciu gorącą wodą lub wodnym roztworem soli, można z ich mieszaniny uzyskać tzw. mikrosfery. Pomimo 'drobnych rozmiarów (około dwóch mikrometrów), twory te odznaczają się dużą trwałością. Wynika to przede wszystkim stąd, że mają półprzepuszczalne otoczki zewnętrzne spełniające tę samą funkcję co błona komórkowa. Na niektórych zdjęciach wykonanych pod mikroskopem, elektronowym da się spostrzec nawet podwójną taką otoczkę.

Prócz hipotez rozpatrujących narodziny życia na Ziemi jako zjawisko rodzime, nierozłącznie związane z 'młodością naszej planety — nie brak takich, które zakładają powstanie prymitywnych, ale już ukształconych drobnoustrojów w innych regionach Układu Słonecznego, i dotarcie ich na podatny, żyzny grunt. Według niektórych, miał to być umyślny posiew — bądź naturalnych, bądź laboratoryjnie wytworzonych zarodników, przywiezionych w statkach kosmicznych. Choć nie sposób wykluczyć takiej ewentualności, nauka z przyczyn zasadniczych nie dowierza hipotezom bądź trudnym, bądź tnie-, możliwymi do sprawdzenia. Dlatego wolę przytoczyć jedną z .tych, które poczytują proces importu zarodników życia na Ziemię za zjawisko naturalne; co więcej — powtarzające się jeszcze dziś.

W 1977 r. dwaj wybitni brytyjscy astronomowie, Fred Hoyle i Chandra Wickramasinghe opublikowali hipotezę, według której zarodniki życia powstawały i również teraz powitają w przestrzeni międzyplanetarnej, a ośrodkami ich kondensacji są jądra komet. Rozpraszane po Układzie Słonecznym, te kosmiczne spory dotarły również na Ziemię, gdzie zapoczątkowały ewolucję biosfery. Dzieje się to nadal i powoduje niektóre epidemie, a zwłaszcza pandemie chorób wirusowych i bakteryjnych, których szybkość rozprzestrzeniania się w inny sposób jest — zdaniem tych uczonych — niemożliwa do wyjaśnienia. Sądzą oni, że katastrofalne zarazy, jakie niewiedzały Europą w średniowieczu, były skutkiem

krzyżowania się orbity Ziemi z torami poszczególnych komet. W tym upatrują oni — jakże niespodziewanie! — racjonalny

47

powód przyjmowania ongiś pojawienia się komety z lękiem i przerażeniem, jako zwiastuna nieszczęść.

Iloyle i Wickramasinghe utrzymują, że taka „zimna biogeneza” w przestworzach międzyplanetarnych jest prawdopodobniejsza i bardziej wydajna niż domniemane gromadzenie się substancji orga-nogenicznych w praocenie. W tym obrazie, pierwotna atmosfera Ziemi miała od początku charakter tlenowy, co w oczywisty sposób udaremniło wytworzenie się „bulionu odżywczego” jako swoistej wylęgarni koacerwatów.

Powstawanie w wielkich ilościach nawet dość skomplikowanych związków organicznych (stanowiących cegiełki budowy białek, obecnych w organizmach żywych) zarówno w przestrzeni międzyplanetarnej, jak w mgławicach pyłowo-gazowych, zostało ponad wszelką wątpliwość stwierdzone obserwacyjnie — i dzięki analizie chemicznej meteorytów, i drogą analizy widmowej. Jednak tego rodzaju formowanie się już gotowych załączków życia w pyłowej materii kosmicznej bardzo trudno wytłumaczyć z pozycji biologii.

Na pierwszy rzut oka zastanawia, dlaczego wypowiedziano tyle rozbieżnych opinii o pochodzeniu życia. Czyżby jedni uczeni mylili się we wszystkim, inni zaś odsłaniali niewzruszone prawdy? Czy też należałoby spośród tych hipotez wybrać jedną jedyną, aby jej przyznać zwycięski laur?

Nasze zdziwienie spotęguje się, kiedy wyjaśnię, że przy tak bardzo pobieżnym opisie poglądów rozmaitych autorów — wybrałem kilku spośród licznych zabierających głos w tej sprawie.

Problem tkwi głębiej: w złożoności dróg i ścieżek, jakimi ludzkie poznanie przyrody posuwa się

48

przez dzieje. Odkrycia rewolucjonizujące nasz obraz świata oddziałują, nie tylko przez samą SWOT ją treść: uczą skromności, pozwalają racjonalnie domyślać się kręgów naszej niewiedzy. Kopernik zburzył geocentryczny zastój, w którym nie podlegające żadnym przemianom ciała niebieskie, niepodatne badaniom fizycznym z racji swej idealnej natury — każdego dnia kornie kłoniły się przemijającej, nietrwałej, grzesznej Ziemi; i miały tak postępować aż do odwołania, czyli do dnia mistycznie przepowiadanego końca świata.

Czy jednak dzieło genialnego Polaka zamknęło się szczelnie, jak ślimak w skorupie, w jego wizyjnej kuli układu planetarnego ze Słońcem pośrodku? Czyż, oprócz tego co odkrył — spadkobiercom swej idei nie objawił dróg rozszerzania tego obrazu Wszechświata, jak to się dzieje na naszych oczach? Czyż Newtona tylko dlatego nazwano homini gene-ri deous (ozdobą rodzaju ludzkiego), że odsłonił prawo ciężenia powszechnego? Jego następcy wzbogacili to wiano myśli a największy z nich, Albert Einstein, na nim i nad nim wznosił wieżę z kości słoniowej — skomplikowaną teorię grawitacji (gdyż taką jest ogólna teoria względności), którą w chwili ogłoszenia w 1916 r. zrozumiały i doceniły zaledwie poszczególne umysły. Śmierć Einsteina w 1955 r. nie zamknęła tego rozdziału poszukiwań prawd przyrodniczych. Bieżącym jego zapisem są z jednej strony widnokreśli odkryć, dla których konsekwencje wypływające z ogólnej teorii względności stały się znakomitym punktem wyjścia, z drugiej zaś — całkowita pewność, że w opisie świata i praw, jakimi on się rządzi, stoimy u wrót odkryć jeszcze bardziej oszołamiających, które chyba zdążą uświetnić nasze stulecie.

Podobna sytuacja panuje w naukach biologiez-

nych — z tym, iż kluczowe odkrycia są tu najświeższej daty. To sprawia, że szybko i bezpowrotnie dezaktualizują się nie tylko poszczególne teorie, lecz przede wszystkim samo podejście do rozpatrywania problemów biogenezy. Przykładowo zapoznajmy się z czterema różnymi definicjami terminu „życie”, wypowiedzianymi w minionym ćwierćwieczu:

John Bernali „Pod pojęciem „życie” należy rozumieć całość procesów zachodzących między większością związków chemicznych węgla i azotu a otoczeniem.”

Michael Oveden: „Utrzymywanie tej samej budowy a je\*dnocześnie nie nadużywanie beczynności — oto cechy, które odróżniają istoty żywe od tworów nieożywionych na Ziemi.”

Erwin Schrodinger: „Żywa materia jest układem w dużym stopniu uporządkowanym, o architekturze ścisłej i złożonej, a mimo to odkształcalnej w wyniku asymilacji.”

Isaac Asimov: „Żywy organizm odznacza się zdolnością wytwarzania czasowego i miejscowego spadku entropii za pomocą reakcji katalizowanych en-zymatycznie.”

Przytoczone stwierdzenia, niejednakowe i zarazem niesprzeczne, są wszystkie słuszne. Łatwo jednak spostrzec, że nawet razem wzięte — nie wyczerpują problemu. Chcąc je uzupełnić, można wymienić szereg innych cech, które — w potocznym rozumieniu i zgodnie z doświadczeniem — wyróżniają istotę żywą. Więc przede wszystkim: rodowód ewolucyjny, wzrost, rozmnażanie się, pobudliwość, śmiertelność. A jeśli spojrzymy pod innym kątem: wybiórczość, przemiana materii, zdolności regeneracyjne, dostrajanie się do zmiennych warunków otoczenia.

50

Będą to jednak znowu prawdy cząstkowe, które nie trafiają w sedno zagadnienia.

Mówią o zjawiskach manifestujących się w związku z życiem jako przedmiotem badań, lecz nie wyjaśniają całościowo czym ono jest. Tym bardziej nie dają pojęcia, w jaki sposób powstało życie na Ziemi.

W charakterze przerywnika i zwiastuna omawianego poniżej bardziej nowoczesnego podejścia do tych zagadnień, dorzucę jeszcze piątą definicję życia, której autorem jest laureat Nagrody Nobla, amerykański biochemik Melvin Calvin:

„Życie to zdolność przenoszenia informacji o sposobie, w jaki dokonuje się uporządkowane przekształcanie energii, na inny identyczny układ.”

Centralnym punktem dociekań biochemicznych, a także związanych z genetyką i istotą życia oraz jego rozwojem, są kwasy nukleinowe. Badanie tych substancji chemicznych o jedynych w swoim rodzaju właściwościach przenoszenia cech dziedzicznych (kwas dezoksyrybonukleinowy, czyli DNA), oraz dokładnego przetwarzania struktury przy budowaniu nowych cząsteczek białkowych (kwas ry-bomukleinowy, czyli RNA) — wydaje się nam ostatnim krzykiem nowoczesności. Tymczasem szwajcarski biochemik Friedrich Miescher odkrył je przeszło sto lat temu, w 1870 r.

Od początku przywiązywano dużą wagę do kwasów nukleinowych, choć dopiero w połowie naszego wieku rozwój biologii pozwolił pojąć ich zupełnie wyjątkową doniosłość dla ogólnego problemu życia. Żadna wąska dziedzina nie została tak wysoko oceniona — o ile mierzyć to liczbą przyznanych Nagród Nobla. Tę listę zapoczątkował w 1910 r. niemiecki biochemik Albrecht Rossel za historycznie

51

pierwszą próbę wyjaśnienia procesów zachodzących w żywej komórce. W samych tylko latach 1954—1968 przyznano za prace z dziedziny kwasów nukleinowych aż pięć Nagród Nobla, rozdzielonych pomiędzy dziesięciu badaczy. Jeden z późniejszych laureatów, Temin (Nagroda Nobla 1975) nieoczekiwanie dowiódł, że podczas gdy DNA jest matrycą w syntezie RNA — może zachodzić także proces odwrotny. Ukazało to dobitnie, że mimo lawiny sukcesów na tym polu, wciąż jeszcze daleko nam do wyjaśnienia wszystkich najważniejszych właściwości kwasów nukleinowych.

Tymczasem już wiemy, iż żadne zagadnienie biologii molekularnej nie otwiera tak rozległych, nieogarnionych perspektyw nie tylko wnikięcia w skomplikowane szczegóły procesów życia, lecz także zapanowania nad nimi. Jest to bowiem klucz do eksperymentowanej już z dużym rozmachem inżynierii genetycznej.

Historia nauki obfituje w zdarzenia brzmiące wręcz sensacyjnie, w najlepszym znaczeniu tego słowa. Taki właśnie posmak miało rozszyfrowanie struktury cząsteczki DNA — choć nie uczestniczył w nim żaden nieoczekiwany przypadek, jak na przykład w odkryciu penicyliny przez Fleminga.

Był rok 1951. W Stanach Zjednoczonych pracował nad tym zagadnieniem Linus Pauling (ur. w 1901 r.), światowej sławy fizyk i chemik, któremu w trzy lata później przyznano Nagrodę Nobla za wykrycie spiralnego modelu cząsteczki białka.<sup>6)</sup> W tym samym czasie w Anglii uwzięli się na ten pasjonujący problem dwaj młodzi stażyści. Jeden z nich, Francis Crick, był fizykiem, James Watson natomiast ornitologiem, mającym dopiero studio-

\*) Pauling otrzymał ponadto w 1962 r. Pokojową Nagrodę Nobla.

wał chemię z ramienia fundacji amerykańskiej, która wysłała go w tym celu do Kopenhagi. Zresztą niebawem stracił to stypendium wyjechawszy samowolnie do Cambridge, gdzie wspólnie z Crickiem przystąpili — z większym zapałem niż fachowym przygotowaniem — do budowania modelu przypuszczalnego wyglądu cząsteczki DNA. Klecili konstrukcje z drucików symbolizujących wiązania pomiędzy atomami — z kolei wyobrażonymi przez koraliki, ziarnka grochu, orzeszki. Coraz to nowe modele porównywali z laboratoryjnymi doświadczeniami, ze zdjęciami rentgenowskimi kryształów DNA, i chyba najbardziej — z intuicją.

Dwudziestotrzyletni wówczas Watson w książce wspomnieniowej „Podwójna spirala” zajmująco opisał dzieje tej pracy, która — jak to określił w entuzjastycznej recenzji w „Problemach” prof. Józef Kurwic — „przypominała rozwiązywanie krzyżówek, twórczość rzeźbiarską, wrócenie z fusów”.

Najbardziej dramatyczny był moment, kiedy młodzi badacze dowiedzieli się, że Pauling za oceanem właśnie odkrył to, nad czym tak uparcie pracowali półtora roku. Raptem, czytając artykuł na ten temat, ku swemu zdumieniu spostrzegli, że znakomity uczony przez roztargnienie popełnił szkolny błąd w rozumowaniu chemicznym. A więc sprawa jeszcze nie była dla nich przegrana. Zabrali się do dzieła ze zdwojoną energią — przewidując, że Pauling szybko rozezna się w pomyłce i dopnie swego.

Los okazał się dla nich łaskawy: wkrótce doszli do właściwego modelu cząsteczki DNA. Wiedzieli na pewno, że nie ominie ich Nobel, choć na tę zaszczytną nagrodę musieli poczekać dziesięć lat. Tymczasem mieli niezwykłą satysfakcję, że Linus Pauling umyślnie przybył z Ameryki, aby im powinszować sukcesu.

Nieraz spotykamy się z określeniem kwasów nukleinowych jako „substancji życia”. Czy ta nazwa jest uzasadniona? Niewątpliwie. Chcąc się o tym upewnić, musimy poznać jakie znamiona szczególnie przeznaczają te skomplikowane związki organiczne do tak niezwykłej roli.

Kwas dezoksyrybonukleinowy (DNA), z którego składają się chromosomy każdej komórki umiejscowionej w dowolnej tkance, przenosi w precyzyjny sposób, z pokolenia na pokolenie, cechy właściwe dla organizmów danego gatunku. W tym procesie ma swój konieczny udział drugi rodzaj kwasów nukleinowych: kwas rybonukleinowy (RNA). Ich budowa jest bardzo podobna, choć spełnia w komórkach zgoła odmienne funkcje. DNA przenosi informację dziedziczną, zgodną z „załoženiami konstrukcyjnymi” gatunku. Dzięki niemu osobniki potomne są zawsze podobne do form rodzicielskich. RNA natomiast bezpośrednio buduje — zgodnie z tą instrukcją — każdą poszczególną cząsteczkę białka wytwarzaną w komórce. Mówiąc obrazowo, DNA pełni rolę zawiadującą, kierowniczą, podczas gdy RNA — niejako

podległy mu — zajmuje się montowaniem cząsteczki wysoce specyficznego białka z atomów rozmaitych pierwiastków, układając je zawsze w tych samych miejscach komórkowej konstrukcji, ściśle według recepty otrzymanej od DNA.

Model DNA, wyprowadzony przez Cricka i Wat-sona, okazał się podwójną spiralą, której łańcuchy zawierają reszty kwasowe kwasu fosforowego oraz cząsteczki pięciowęglowego cukru: dezoksyrybozy. Te skręcone spirale węglowodanowe są łączone za pomocą dwóch zasad purynowych (adeniny i gwaniny) oraz dwóch zasad pirymidynowych (tyminy i cytozyny). Wspomniane połączenia przebiegają w ten sposób, iż z reguły adenina wiąże się

54

z tyminą, zaś gwanina z cytozyną. Ten-r-odziej wiązania sprawia, że każdy z łańcuchów spirali- stanowi dopełnienie drugiego. Różnorodność cech dziedzicznych jest uwarunkowana wyłącznie różnymi kombinacjami tych wiązań.

Warto podkreślić jeszcze inną doniosłą korzyść wypływającą z tego odkrycia. Otóż dopiero teraz spory witalistów z materialistami, zwalczającymi pojęcie „siły życiowej” jako przemycone z kręgów religii na grunt biologii — straciły charakter czysto abstrakcyjnych spekulacji: z płaszczyzny filozoficznej zstąpiły na mocny grunt nauki, z potyczek myślowych spadły na ziemię, do laboratoriów biochemików. Materialne podłoże życia stało się udowodnionym faktem przyrodniczym, niepodważalnym, niezawisłym od światopoglądu badacza.

Omówione hipotezy powstania życia na Ziemi nie uwzględniły zasadniczej roli DNA jako matrycy powielającej model konstrukcji organizmu, gdyż — z wyjątkiem ostatniej (Hoyle'a i Wickramasinghe) — powstały przed dokonaniem tego odkrycia.

Tymczasem to przedziwne urządzenie sterujące stanowi niewątpliwie istotną, dogłębną cechę życia. Rozwikłanie czynności kwasów nukleinowych wytłumaczyło za jednym zamachem wiele spraw związanych z życiem w ogóle, i z biosferą Ziemi jako całością. Odkrycie kodu dziedziczności potwierdziło słuszność jednego z najważniejszych twierdzeń teorii ewolucji: że dziedziczą się tylko cechy wrodzone, a nie — nabyte. Wyświetliło też mechanizm powstawania mutacji (nagłych, skokowych zmian) oraz ich trwałego charakteru: przypadkowe zaburzenie, statystyczny błąd w skopiowaniu modelu iprzyszłego organizmu — zostaje powielony i dlatego ufrzymuje się odtąd trwale w recepcie dzie-

55

dziczności, -przecibodząc na potomków danego osobnika. Bez tego — wykluczony byłby kierunkowy, postępowy rozwój, jakim jest ewolucyjne przekształcanie się świata istot żywych z wpływem er geologicznych; każdy gatunek trwałby sztywnie w jednakowej formie, dopóki by nie zginął wskutek zmian zachodzących w jego przyrodniczym środowisku, gdyż nie miałby sposobu przystosowania się do nowych warunków.

Okazało się nagle, że mechanizm przekazywania cech dziedzicznych jest taki Sam u wszelkich poznanych form życia: od drobnoustrojów do człowieka. A bynajmniej nie spodziewano się tego w postaci aż tak dobitnej. Dodatkowo wprawiło to w zakłopotanie sporą grupę autorów, nazbyt Skłonnych do wyprowadzania faktów naukowych z wydumanych założeń ideologicznych.

O tym, że cały świat roślin i zwierząt jest z sobą spokrewniony — wiedział już Darwin. Natomiast zrozumienie roli kwasów nukleinowych dobitnie wzmocniło tę świadomość i posunęło ją o krok dalej: że w sensie podstawowych biochemicznych założeń — wszystkie organizmy na Ziemi są identyczne. Trudno sensownie wyjaśnić to inaczej, jak tylko, że wszystkie one pochodzą od jednego przodka. Innymi słowy, że życie na naszej planecie powstało jeden jedyny raz, pod postacią jednej istoty żywej.

W zawartości tego obrazu istnieje pewien wyłom, który jednak właśnie umacnia ten

pogląd. Niedawno stwierdzono, że wirus pospolitej choroby roślin, zwanej mozaiką tytoniową (oraz kilka innych gatunków wirusów), nie posiada dwóch rodzajów kwasów nukleinowych, lecz. tylko jeden — mianowicie RNA. Nasuwa się przypuszczenie, że RNA — zbudowany prościej niż DNA — jest filogenetycz-

59

nie starszy (powiedzmy, o parę milionów lat.)<sup>7)</sup> W takim wypadku najpierwotniejsze praformy życia na Ziemi zawierały, być może, tylko RNA, który — podobnie jak u tych paru wyjątkowych gatunków wirusów — zarówno przekazywał dziedziczną informację potomstwu, jak też dokonywał syntezy białek. Częsteczką kwasu nukleinowego sprzed około trzech i pół miliarda lat, podlegając ewolucji biologicznej, komplikowała swoją budowę, aż wzrastające wymogi specjalizacji przekształciły ją w różniące się czynnościowe, odrębne cząsteczki DNA i RNA — właściwe dziś żyjącym ustrojom.

Sprawa kodu dziedziczności i powielania struktury komórki, związanych z jedyną w swoim rodzaju właściwością kwasów nukleinowych, nie jest wyłącznym powodem, dla którego wspomniane teorie biogenezy, a także przytoczone definicje pojęcia „życie”, nie mogą nas dziś zadowolić. Przekonaliśmy się bowiem w czasach najnowszych, że bez wyjątku wszystkie przejawy życia dadzą się opisać w kategoriach procesów sterowanych. Dlatego przy rozpatrywaniu życia jako zjawiska przyrody, oraz opartych na nim funkcji biologicznych, nie sposób z pozycji lat osiemdziesiątych pominąć ujęć cybernetycznych.<sup>8)</sup> Przerzuca to punkt ciężkości na

<sup>7)</sup> Filogenezą nazywamy rozwój rodowy (biosfery, gromady, gatunku, poszczególnego narządu albo funkcji fizjologicznej) — w odróżnieniu od ontogenezy, czyli osobniczego rozwoju konkretnego organizmu lub jego części.

<sup>8)</sup> Cybernetyka powstała w latach ostatniej wojny. Podwaliny pod nią położył Norbert Wiener (1894—1964), znakomity uczony amerykański polskiego pochodzenia (‘warto wtrącić jako ciekawostkę., że stopień doktora filozofii z zakresu logiki matematycznej uzyskał na Uniwersytecie Harvardzkim mając 17 lat).

Potocznie często uważa się cybernetykę za naukę o komputerach (sztucznych mózgach), co jednak nie wyczerpuje zakresu jej stosowalności. Mówiąc najpopularniej, jest to

17

poszukiwanie określeń funkcjonalnych pojęcia „życie” — więc nie związanych z biogenezą, a przez to nie uzależnionych od żadnej konkretnej hipotezy o procesach fizycznych, jakie legły u podstaw tworzenia się życia przed miliardami lat.

Taki kierunek zapanował ostatnio w biologii. "Wskutek tego teorie typu Bernala lub Gparina stały się niewystarczające — CO' wcale nie ujmuje im wartości, nie tylko historycznej. Należy jednak podkreślić, że oba ujęcia: cybernetyczne i biochemiczne — nie stanowią już dziś równoległych zagadnień wyjaśniających dwie różne sprawy (cybernetyka — właściwości życia, zaś biochemia — jego pochodzenia). Okazało się bowiem, że metodami cybernetyki można określić i zanalizować dosłownie wszystkie cechy zarówno gatunków istot żywych, jak też poszczególnych organizmów: ich powstawanie, rośnięcie, rozmnażanie się, przemianę materii, dziedziczenie cech, itd.

Pragnę podkreślić, że dla naszego ścisłego tematu — rozpatrywania życia we Wszechświecie — ma to szczególnie doniosłe znaczenie. Czymże różniłaby się egzobiologia od biologii — gdyby definiowała cechy życia wyłącznie ziemskiego? Jej zadania są głębsze, a pola dociekań — bez porównania rozleglejsze.

Przyjąłem, że rozpatruję w tej książce zasadniczo tylko rodzaje życia analogiczne do naszej biosfery, czyli oparte na białkach zanurzonych w wodzie



jako płynnie ustrojowym. Nawet takie zawężenie pro-  
o sterowaniu w ogóle, a polem jej dociekań są wszelkie SkomipMkowaine układy  
typu maszyn lub organizmów żywych (jkióre cybernetyka traktuje jednakowo) — z  
tym, że badania dotyczą nie samych przedmiotów, lecz isposobów ich zachowawia  
się..

58

blemu obejmuje kręgi farm dość znacznie odbiegających od tych, jakie znamy z  
doświadczenia. Umowne zacieśnienie tematu wcale jednaik nie oznacza, iż do  
takich ograniczeń stosuje się bioko-smos. Na dalszym planie winniśmy stale  
pamiętać, że nie znamy ani granic warunków fizykochemicznych, w jakich życie  
może się rozwijać i gdzieś rzeczywiście się rozwija, ani też rozpiętości  
dotyczącej znamion tego życia — chemicznych, fizjologicznych i innych; może  
również takich, o których istnieniu w ogóle nie wiemy, gdyż nie mieszczą się w  
biologii, jako nauce dotyczącej tylko biosfery ziemskiej.

Eksponuje to wybitny radziecki matematyk i cybernetyk Andriej Kołmogorow, który  
w swoich rozważaniach nad szansą wytworzenia się na Marsie twórców cywilizacji  
pomimo trudnych warunków klimatycznych, wprowadza nawet taką śmiałą konkluzję:  
„Dlaczego na przykład wysoko zorganizowany twór nie mógłby mieć postaci jakiejś  
cienkiej warstwy pleśni rozpostartej na kamieniach?"

Widzimy więc jasno, że sposób replikacji cech i odtwarzania ściśle określonych  
rodzajów białek przy pomocy kwasów nukleinowych, rozstrzygający' dla biologii —  
z egzobiologicznego punktu widzenia stanowi tylko przykład ilustrujący, jakimi  
drogami może się to odbywać; przykład zaczerpnięty z biosfery jednej jedynej  
planety. Dlatego omówiłem ten proces bardziej pobieżnie niż należałoby to  
uczynić w książce traktującej o biologii. Dla naszego tematu mniej istotne jest  
jak to się odbywa, natomiast kluczowe — że się odbywa. Powracamy więc do  
konieczności poszukiwania funkcjonalnych określeń pojęcia „życie" — gdyż tylko  
one mogą wyjść poza ciasny krąg przyrody Ziemi i stosować się do całego  
Wszechświata.

159

.^^^"

Znany radziecki cybernetyk A. A. Lapunow<sup>9)</sup> określił życie jako „wysoce stabilny  
stan materii, wyzyskujący do wywołania reakcji zachowawczych te informacje,  
które zostają zakodowane w postaci stanów poszczególnych cząsteczek".

Jakże odrębne jest to ujęcie od czterech wcześniej przytoczonych definicji  
życia! Różnica polega przede wszystkim na odwróceniu roli przemiany materii. W  
gruncie rzeczy dawne poglądy — mniej lub bardziej otwarcie — utożsamiały  
metabolizm z życiem jako takim. Natomiast omawiane tu nowoczesne podejście  
spycha przemianę materii na drugi plan — jako modulowany skutek pracy układów  
(Sterujących opartych na przetwarzaniu informacji).

Cybernetyka jest nauką młodą, jej język brzmi prawie egzotycznie dla wielu  
ludzi. Z tego względu, w przytoczonej definicji pojęcia „życie" trzeba wyjaśnić,  
co rozumiemy jako wysoce stabilny stan materii oraz co to są reakcje  
zachowawcze.

Stan każdej postaci 'materii możemy jednoznacznie określić, posługując się  
opisem jej cech fizycznych i chemicznych. Otóż takie formy materii, których  
cechy — w porównaniu z innymi, podobnymi obiektami — niewiele się zmieniają w  
tym samym czasie, możemy uznać za względnie stabilne. Wewnętrzne reakcje układu  
na bodźce z otoczenia prowadzą do utrzymania swego stanu bez istotnych zmian.  
Nazywamy je właśnie reakcjami zachowawczymi. Jest to typ harmonii stanowiący  
podstawę wszelkich procesów biologicznych w żywym ustroju.

8) Nie należy go mylić z Aleksandrem M. Lapunawem (1857;—1918), rosyjskim

matematykiem i mechanikiem teoretycznym uchodzącym za prekursora cybernetyki, ani z poczytnym współczesnym radzieckim pisarzem iantastą Borysem Lapunowem, Cybernetyka powstała na styku różnych dziedzin wiedzy, wśród których nauki o życiu (zwłaszcza neurologia) od początku miały swój doniosły udział. Dlatego pomost między językiem biologii a cybernetyki nie jest ani sztuczny, ani naciągnięty. Takie podstawowe pojęcia biologiczne, jak przemiana materii, rozmnażanie, wzrost, pobudliwość, wybór-czość, dziedziczność, gatunkowe przeobrażenia ewolucyjne — są najzupełniej konkretną postacią równie zasadniczych pojęć cybernetyki: układ sterujący, gromadzenie i przechowywanie informacji, sprzężenie zwrotne, kanał łączności, itp.

Reakcje zachowawcze wymagają nieco szerszego objaśnienia. Informacja o bodźcach zewnętrznych jest przyjmowana przez materię pod postacią pewnych zakodowanych sygnałów. Materia przekształca ją, po czym określonym kanałem łączności przesyła nową informację — także jako porcję sygnałów. Efektem jest taka wewnętrzna przebudowa materii, która nadal sprzyja zachowaniu jej stanu dotychczasowego.

W tym wypadku sygnały muszą być dyskretne. 10) Materialnym przejawem każdego z nich może być jakiś proces fizyczny. Przetworzenie informacji powoduje zmianę materialnego upostaciowania sygnałów. Wspomniany A. A. Lapunow wystąpił z hipotezą, że nośnikami informacji mogą być oddzielone cząsteczki chemiczne — byle zawierały wystarczająco dużą liczbę atomów.

Było to jeszcze przed powstaniem biologii nukle-

10) Dyskretyzowaniem nazywamy w cybernetyce przekształcanie zbioru zdarzeń o charakterze ciągłym na skończoną ilość elementów. Dobry dyskretyzowanie informacji pozwala odbiorcy, po odebraniu wszystkich komunikatów — zachować się tak samo, jak gdyby otrzymał informację ciągłą.

•i

arnej, którą zajmuje się właśnie tym zagadnieniem. Ponieważ cząstka jest najniższym elementem chemicznej struktury materii (budową poszczególnych jej cegiełek: atomów — zajmuje się fizyka) — nie wyobrażamy sobie potrzeby i możliwości zejścia w badaniach biologicznych poniżej tego poziomu; właśnie na nim powinny zostać rozstrzygnięte pytania dotyczące podstawowych subtelności procesów, jakie 'nazwalimy życiem.

Urządzenie, które opracowuje informacje, stanowi układ sterujący. Musi go cechować obfitość elementów wejściowych i wyjściowych, powiązanych kanałami łączności dla przekazywania sygnałów. Materialny układ służący przechowywaniu informacji nazywamy pamięcią. Może on składać się z poszczególnych, elementów, pozostających w jednym spośród kilku zastosowanych w danym wypadku Stanów stabilnych, które poglądowo przyrównujemy do liter alfabetu. Te stany będą się zmieniały pod wpływem odbieranych sygnałów, co odpowiada zapisaniu w pamięci określonego tekstu. Aby zapewnić powstanie reakcji zachowawczych na bodźce zewnętrzne — układ sterujący musi opracować odpowiedź. W tym celu rozdrabnia na mniejsze części (a więc dyskretyzuje) informacje o bodźcach napływających z otoczenia. Następnie porównuje te dane z informacją, która uprzednio została w nim zapisana, by na tej podstawie sformułować informację-odpowiedź.

Mówienie tu w formie niemal osobowej o „opracowywaniu informacji”, „formułowaniu odpowiedzi” itp. może w pierwszej chwili zdziwić. Bo jakim cudem mikroskopijne komórki organizmu potrafią postępować w sposób pozornie inteligentny, niejako naśladując przemyślane działanie człowieka? Czyżby to była poetyczna przenośnia, antropomorfizm-

62

jąca fizyczne i chemiczne procesy na szczeblu struktur dostrzegalnych tylko przy silnym powiększeniu?

Nic podobnego! Taki sposób reagowania na impulsy docierające z zewnątrz nie jest wyłącznym przywilejem rozumującego mózgu. Na tego typu czynnościach opierają się komputery i w ogóle wszelkie urządzenia cybernetyczne. Nawet zwykła elektronowa maszyna do liczenia byłaby bezużyteczna, gdyby nie podołała rozwiązać podanego jej zadania i przedstawić nam wyniku — w sposób bezbłędny oraz nieporównanie szybciej niż temu podoła biegły rachmistrz.

Sprawność i elastyczność układu sterującego zależy od pojemności jego pamięci, która winna być na tyle duża, by potrafiła zestroić tempo przebiegu reakcji zachowawczych z prędkością oddziaływań zewnętrznych, mogących się zmieniać w szerokich granicach. Jak zawrotne są te wymagania — świadczą reakcje zachodzące w jakiegokolwiek komórce organizmu. Przypomnę, że aby utrzymać się przy życiu, musi ona reagować na lawinę informacji rzędu tysiąca bitów na sekundę. Dodatkowo pociąga to nadzwyczaj wysokie wymagania niezawodności przechowywania informacji w pamięci układu sterującego.

Cybernetyczne podejście dowiodło, że niedawne jeszcze utożsamianie życia z przemianą materii nie wносиło niczego istotnego do wyjaśnienia charakteru życia. Cybernetyka niejako „nie zauważa” chemicznego charakteru metabolizmu — przez co ogarnia to zjawisko z takiego punktu widokowego, który pozwala spojrzeć, i dalej, i głębiej. Dla niej przekształcenia chemiczne zachodzące w organizmie są po prostu wydalaniem entropii — czyli samoobroną przed zmniejszaniem się stanu uporządkowania ca-

łości. Właśnie to jest koniecznym warunkiem powstawania reakcji zachowawczych. Może on być spełniony jedynie dzięki posiadaniu przez organizm odpowiedniego zapasu energii. Ten zapas musi być stale uzupełniany drogą odżywiania, aby mógł się utrzymać na jednakowym poziomie.

Do najbardziej istotnych cech żywej materii należy jej nieciągłość. Z pozycji cybernetyki wiąże się to z nieciągłym charakterem sterowania. Mamy tu hierarchiczny system podporządkowania układów sterujących niższego rzędu — kolejnym układom wyższego stopnia. Łatwo ustawić je w pewien ciąg, odpowiadający rzeczywistej sytuacji w przyrodzie: komórka, tkanka, narząd, organizm, populacja, gatunek, biocenoza, biosfera, biokosmos.

Nie jest to bynajmniej jakieś wyteoretyzowane uogólnienie: jak najbardziej prawdziwie każda z tych strukturalnych jednoistek jest sterowana przez własny niezawisły układ, który — jeśli nie stanowi najniższego lub najwyższego ogniwa w tym łańcuchu — zarówno oddziałuje na podporządkowany mu sąsiedni układ niższego rzędu, jak też skrupulatnie wykonuje rozkazy układu sterującego bezpośrednio jednostki nadrzędnej.

Warto podkreślić, że także pod granicą życia (poniżej komórki) oraz powyżej planetarnej granicy życia (nad biosferą) — zauważamy więc wynikłą z procesów sterowania. Komórka w sposób oczywisty kieruje reakcjami chemicznymi i fizycznymi w stosunku do tych cząsteczek, z których się składa. Biosfera zaś reaguje na przekształcenie zachodzące w skali globu — takie, jak zmniejszenie się lub wzrost mocy promieniowania słonecznego, zmiany w powietrzu, wodzie i glebie, wywołane cywilizacyjną działalnością człowieka, itp. Z jednej strony przystosowuje się ona do nowych warunków,

z drugiej zaś — na zasadzie sprzężenia zwrotnego — poprzez lokalne biocenozy n) interweniuje za ograniczeniem skali niekorzystnych zmian, np. powodując wydajniejsze wyzwalanie tlenu w środowiskach zagrożonych jego niedoborem.

Wydzielony probierń stanowi oddziaływanie na najwyższym szczeblu: biokosmosu. Jeszcze nie potrafimy jednoznacznie określić wpływu tej panko-smicznej struktury życia — ani na biosfery poszczególnych planet, ani na dynamiczny obraz Wszechświata jako całości. Jednak istnienie takich powiązań, i to bardzo

ściślych, jest bezdyskusyjne. Najznakomitszą z dotychczasowych prób znalezienia ich są rozważania Hoimara von Ditfurtha zawarte w trzech głośnych jego książkach („Dzieci Wszechświata”, „Na początku był wodór”, „Duch nie spadł z nieba”).

„Występowanie reakcji zachowawczych jest podstawowym warunkiem, nieodzownym aby jakkolwiek istota utrzymała się przy życiu. Musi ona rozporządzać koniecznym do tego; celu, olbrzymim zasobem informacji. Nowy organizm, aby nie uległ szybkiemu rozpadowi (jak to się dzieje po jego śmierci) — winien od razu posiadać zarówno zapas informacji niezbędnych dla przebiegu złożonych procesów życiowych, jak też wykończony w każdym szczególe, w pełni sprawny układ sterujący. Jest absolutnym niepodobieństwem, aby one powstały samorzutnie. Każde indywiduum musi je otrzymać w formie gotowej od podobnych sobie

”) Biocenozą nazywamy zespół wszystkich organizmów roślinnych i zwierzęcych pewnego obszaru, dość jednorodny pod względem warunków środowiskowych (np. step, bagno, puszcza, jezioro). Biocenozę cechuje na ogół znaczna trwałość, o ile jakieś zewnętrzne oddziaływania nie zakłócą jej (równowagi).

1 Blttkosmos t. 1

65

ustrojów żywych: organizmów rodzicielskich. A więc, w ujęciu cybernetycznym rozmnażanie się jest procesem reprodukcji informacji, przekazywanej w nurcie pokoleń.

Dopiero od niedawna wiemy, że tę rolę dziedzicznego transportera cech, więc nośnika informacji dotyczących budowy organizmu i jego funkcji życiowych — spełniają kwasy nukleinowe. Na pobieżny rzut oka mogłoby się wydawać, że z dwóch zasad ipirymidynowych (tyminy i cytozyny) oraz dwóch zasad purynowych (adeiny i gwaniny) da się zbudować niewiele odrębnych rodzajów DNA. W tym wypadku pozory mylą. Częsteczką DNA może liczyć aż 20 000 ogniw. Cztery wymienione podstawowe nukleotydy mogą ustawić się w tym długim łańcuchu na niewyobrażalnie wielką ilość sposobów: liczba ta składa się z 12 000 cyfr! Dla porównania, liczbę atomów w części Wszechświata dostępnej obserwacjom astronomicznym ocenia się „tylko” na jedynkę z osiemdziesięcioma zerami.

Kluczowe w teorii ewolucji, darwinowskie odkrycie doboru naturalnego i walki o byt — nabrało w cybernetycznym ujęciu nowych, pełniejszych znaczeń. Każdemu przesyłowi informacji towarzyszą zakłócenia. Znamy to z codziennych doświadczeń — choćby w postaci szumów radiowych i drgań telewizyjnych. Otóż mutacje, tak doniosłe w genetyce, nie są niczym innym, jak tylko zniekształceniami w przekazywaniu informacyjnego kodu z jednego pokolenia w drugie. Mogą one przeinaczyć nawet sam styl pracy układu sterowania. Spowoduje to zmiany reakcji zachowawczych, które — w zależności od rodzaju — wpływają szkodliwie bądź korzystnie na szansę przeżycia gatunku. Ten proces przebiega parę miliardów lat; od-

ąd pojawiły się na Ziemi istoty żywe: ciała białkowe zaopatrzone w układ, sterowania i transportu dziedzicznej informacji.

Cybernetyka pozwala — sprawniej i ściślej niż sama biologia — zjednoczyć oraz pojąć takie podstawowe terminy biologiczne, jak dziedziczność, amienność genetyczna i dobór naturalny. A to dopiero początek drogi. Niemniej już dziś odsłaniają się widoki stworzenia w naszych czasach jednolitej matematycznej teorii ewolucji darwinowskiej. Wydaje się, że dopiero to przymierze ujęć cybernetycznych i bio-fizyko-chemicznych ułatwi zrozumienie samej istoty życia jako procesu przyrodniczego oraz odsłoni okoliczności jego powstania na Planecie.

Dotknijmy jeszcze przelotnie, pod innym kątem widzenia, rozwoju poglądów dotyczących narodzin życia na Ziemi. Do lat pięćdziesiątych ostro dzielono u nas

teorie biogenezy na dwie grupy. W pierwszej znalazły się te, według których powstanie życia stanowi ogniwo konieczne ewolucji materii na każdym globie o sprzyjającym klimacie. To stanowisko najmocniej uwypuklił Oparin i Bernal. Druga grupa hipotez — pochopnie a bezzasadnie pomawiana wtedy o sprzeczność z materializmem dialektycznym — traktowała pojawienie się życia jako szczęśliwy zbieg przypadków, który w młodości naszej planety wisiał na włosku. Przypadek polega na tym, by spośród nieprzeliczonego mrowia bardzo złożonych cząsteczek chemicznych — jedna jedyna tak wydatnie skomplikowała swoją budowę, że przez dłuższy czas nie ulegnie rozpadowi, a także, co najistotniejsze, rozmnoży się: zapoczątkuje ciąg następnych, potomnych struktur, równie udanych i poddających się już nie tylko chemicznej, lecz i biologicznej ewolucji. Ze wspomnianych autorów

67

należy tu wymienić Haldane'a, w pewnym stopniu również Szklowskiego. Nadal ścierają się te dwa przeciwstawne poglądy — z tym, iż do wyjaśnienia mechanizmów bio-genezy wprzegamy naukę, a nie — filozofię. Chodzi o to, że nadużywanie ideologicznych życzeń w przy-rodoznawstwie" sprowadza poszukiwania na manowce. Nawet problem tak podstawowy z pozycji ideologii, jak materialne podłoże życia — musiał zostać rozstrzygnięty przez wiedzę, a nie przez wyznawany światopogląd. W przeciwnym razie, cóż odróżniałoby naukę od religii? Ta ostatnia opiera się na wierze i na objawieniu. Natomiast podwaliną nauk przyrodniczych jest doświadczenie i sprawdzone fakty. Modne w swoim czasie, .namiętne zwalczanie „siły życiowej" tylko dlatego, że ona koliduje z naszym światopoglądem

— nie mogło przekonać ludzi o odmiennych zapatrywaniach. Tymczasem wykrycie i udowodnienie

•sposobu kopiowania cech organizmu za pośrednictwem DNA jest ukazaniem rzeczywistego stanu istniejącego w przyrodzie. Zaprzeczać jego prawdziwości ^można wyłącznie z zaślepienia albo ze złej woli.

Podobnie było sto lat wcześniej z teorią ewolucji: biblijnej legendzie o cudownym stworzeniu świata należało przeciwstawić nagie fakty, zamiast żywołowych napaści na religię. Dokonał tego Karol Darwin z pozycji czysto naukowych. Ewolucyjnej drogi, jaką przeszły na Ziemi wszystkie gatunki roślin i zwierząt włącznie z człowiekiem — dziś nikt już nie podważa, bez względu na to, jaki światopogląd osobiście wyznaje.

Wyjaśnienie roli, kwasów nukleinowych pozwoliło zrozumieć, iż proces powstania i rozwoju życia jest bardziej zawity niż dawniej sądziliśmy. Nagle okazało się, że dotychczasowe hipotezy rozpatrywały tylko jedną stronę medalu: przemiany chemiczne.

Weźmy przykład Oparina. Ten wybitny biochemik zanalizował etapy wiodące do powstania życia na długiej drodze przekształceń materii dopiero formującej się Planety — aż do koacerwatów, które w swoistym „bulionie", jakim był wodny roztwór przeróżnych związków organicznych w praoceanie, „dały początek życiu". Ostatnie wyrazy wzięłem w cudzysłów dlatego, że ani w tej hipotezie, ani u Bernala oraz pokrewnych badaczy — mimo najszczerzych chęci nie uda się dostrzec, w jaki sposób materia martwa przetworzyła się w żywą.

Z opisów geologicznej przeszłości Ziemi po prostu dowiadujemy się od tych autorów, że kiedy dojrzał czas po temu, zaczęły powstawać miliardy prymitywnych istot zapełniających Ziemię. A sam proces? Nasuwa porównanie z takim zjawiskiem, jak grad. Krople wody w wysokiej chmurze zamarzają, potem nabierają rozmiarów dostatecznych aby pokonać napór prądów wstępujących — i wtedy już nic nie stoi na przeszkodzie gradobiciu. Powstawanie życia jest nierównie bardziej

skomplikowane, to prawda, ale czasu było pod dostatkiem. Wszakże zasada ogólna ta sama. Kiedy silnie rozbudowana deszczowa chmura kłębiasta osiągnie szczytową formę swego rozwoju, to przy równoczesnym spełnieniu niezbędnych warunków meteorologicznych musi spaść grad; z konkretnego chemicznego tworzywa, przekształcającego się setki milionów lat — mu s i powstać mnóstwo istot żywych, koniecznie i nieprzypadkowo, tak samo jak z naszej chmury 'musi spaść mnóstwo bryłek lodu.

Ważkie argumenty przemawiają za poglądem, iż narodziny życia na Ziemi nie były procesem spontanicznym, a wszystkie dzisiejsze organizmy pochodzą od wspólnego przodka: jednej jedynej drobiny związków węgla, która uzyskała tak wysoki stopień organizacji swej struktury wewnętrznej, że nie rozpadła się (jak miliardy innych, mniej udanych), tylko użyczyła impulsu dalszemu rozwojowi życia na Planecie.

Od z górą stu lat umysły przyrodników zaprzęta pytanie, dlaczego białka i kwasy nukleinowe są z reguły lewoskrętne. Go to oznacza? Większość złożonych związków chemicznych wykazuje niesymetryczną budowę. Cząsteczki o takim samym komplecie atomów, lecz odmiennym ich ułożeniu, nazywamy izomerami. Istnieją rozmaite odmiany tego zjawiska. Nas interesuje izomeria przestrzenna: dwie cząsteczki tej samej substancji różnią się od siebie tym, że obraz jednej stanowi zwierciadlany (więc odwrócony) wizerunek drugiej.

Jeśli sztucznie wytwarzamy w laboratorium jakiś asymetryczny związek —, powstawanie prawoskrętnych i lewoskrętnych drobin podlega statystycznej prawidłowości, czyli dla każdej poszczególnej cząsteczki jest przypadkowe. Dlatego zawsze otrzymujemy — w dużym przybliżeniu — połowę cząsteczek jednego rodzaju oraz tyleż drugiego. Poznajemy je po tym, że skręcają płaszczyznę światła spolaryzowanego — bądź w lewo, bądź też w prawo. To samo dotyczy aminokwasów i stosunkowo prostych białek produkowanych syntetycznie. Natomiast w żywej komórce dzieje się inaczej: wszystkie zawarte w niej wielkocząsteczkowe związki chemiczne są lewoskrętne.<sup>12)</sup>

Wypowiedziano wiele hipotez próbujących wytłu-

12 Wyjątek stanowi glilcyyna. Jest to wszakże aminiokwas o budowie symetrycznej, więc jego cząsteczka nie może być ani prawoskrętna, ani lewoskrętna.

maczyć to dziwne zachowanie się żywej materii, lecz żadna z nich nie znalazła potwierdzenia. Rzecz jasna, iż lewoskrętność drobin białkowych nie może być przypadkowa.

Inna osobliwość tworów biologicznych dotyczy budowy białek, których cząsteczki składają się z łańcuchów aminokwasów, odpowiednio powiązanych. Chemiczne właściwości węgla sprawiają, że mogą powstawać 103 rodzaje aminokwasów, zawierających od dwóch do sześciu atomów węgla w cząsteczce. Zagadka polega na tym, że istoty żywe, jakie znamy, razem wzięte wykorzystują na ogół tylko 23 aminokwasy.<sup>13)</sup> W żaden sposób nie potrafimy uzasadnić, iż właśnie te rodzaje aminokwasów przejawiają — z pozycji biokosmosu — wyższość nad pozostałymi. Wydaje się pewne, że takiego uzasadnienia w ogóle nie ma; że dla najszerszej pojętych procesów życiowych — wszystkie wspomniane 103 aminokwasy mogą być użyteczne.

Aminokwasy to niezbyt skomplikowane związki chemiczne. Stanowią nieodzowny budulec cząsteczki białka, złożonej z licznych reszt aminokwasowych<sup>14)</sup>, które połączone wiązaniami, peptydowymi tworzą długie łańcuchy białkowe, charakterystyczne dla żywych ustrojów. Natomiast aminokwasy jako takie łatwo powstają w wyniku naturalnej syntezy abiogennej (lecz nie — w klimacie dzisiejszej Ziemi) i występują pospolicie we Wszechświecie — co będzie poruszone

w rozdziałach V i IX.

Powielanie się pewnych bardzo zasadniczych,

13) Dla ścisłości tezeba uzupełnić, a dodatkowe typy aminokwasów spotykamy w niektórych organizmach niższych, co wiąże się z 'subtelnyimi różnicami budowy cząsteczki DNA w ich komórkach.

14) W zależności od rodzaju białka — przeważnie od 100 do 30 000.

a jednocześnie dość .szczegółowych cech znamionujących wszelkie żywe organizmy, jakie zamieszkują Ziemię — nie sprowadza się tylko do właściwości chemicznych, lecz wkracza również w sam plan budowy komórki. W osi wszystkich rzęsek, czyli migawek komórkowych, bieżą dwa włókna, z reguły otoczone pękiem dziewięciu włókien bliższych powierzchni. Fakt powtarzania się w całym znanym świecie istot żywych zawsze tej samej liczby dziewięciu włókien w migawkach z pewnością nie jest przypadkowy — tym bardziej, że z równym powodzeniem u jednych gatunków mogło by ich występować np. 8, u innych zaś 13.

To osobliwe ujednoczenie chemicznych właściwości żywej substancji, a także strukturalnych finezji wykończenia komórki — jest bardzo zastanawiające.

Wybredność żywej materii w stosunku do aminokwasów, lewoskrętność białek oraz kwasów nukleinowych w tkankach roślin i zwierząt, wreszcie zawsze powtarzająca się liczba dziewięciu włókien w migawkach komórkowych — da się wytłumaczyć za jednym zamachem wyłącznie w wypadku jeśli, uznamy, że powstanie życia nie było procesem żywiołowym, ale zdarzeniem odosobnionym, które zaistniało tylko raz w całych dziejach Planety.

Sceneria tych przyrodniczych działań pozostaje bez zmian: młodą Ziemię oblewa ciepły ocean wód zawierających obfitość rozmaitych związków węgla, wodoru, tlenu, azotu, fosforu, siarki oraz innych pierwiastków. 15) Wśród

nieprzeliczonych miliardów mniej i bardziej złożonych drobin chemicznych —

15) Z obliczeń iznanego amerykańskiego uczonego Carla Sagana wynika, że jeśli izwiązki organiczne gromadziły się na Ziemi przez móMam lat — to cały ioh 'zapas rozpuszczony w wodach oceanicznych wytworzył roztwór o jednopro-eentowym stężeniu.

72

trafiła się jedna o nadspodziewanie 'skomplikowanej budowie. Zapewne była tylko nieznacznie prostsza od wspomnianej cząsteczki RNA dzisiejszego wirusa mozaiki tytoniowej.

Ponieważ związek typu kwasu rybonukleinowego jest optycznie czynny — tę cząsteczkę musiała znamionować albo prawoskrętność, albo lewoskrętność. Obie te możliwości, zależne tylko od przypadku, były jednakowo prawdopodobne.

„Kosmetyczne wykończenie" tej drabiny zależało od sposobu ułożenia się atomów, z których akurat powstała. To były jej cechy indywidualne. Stanowiła odosobniony, jedyny na Planecie posiew życia — w tym sensie, że potrafiła budować białka.

Zaczęła montować je z otaczającego środowiska, w którym nie brakowało aminokwasów — jako związków stosunkowo prostych. Miała więc w czym przebierać.

Odrzucała prawoskrętne cząsteczki aminokwasów, gdyż była lewoskrętna. także odrzucała wiele ich rodzajów, jako nie przystających do przypadkowych znamion jej budowy. W efekcie, mogła wykorzystać około dwudziestu aminokwasów — które, wyłącznie w związku z jej istrukturą, a więc „z jej punktu widzenia", były lepsze od pozostałych, nie pasujących do tej struktury. Znamię jej cech indywidualnych, uformowanych przypadkowo, odcisnęło się na wszystkich ustrojach żywych zamieszkujących Ziemię przez następnych parę miliardów lat — jako na jej potomkach.

Wydaje mi się pożądane wprowadzić obszerną dygresję na temat fazy poprzedzającej biogenezę. Daremnie poszukiwano odpowiedzi, skąd się wzięły na powierzchni

Praziemi takie związki organiczne, jak aminokwasy, stanowiące podstawowy 'budulec wszelkich białek. Obecnie aminokwasy produkowane są wyłącznie przez organizmy zwierząt i roślin.

pr II'

A jak było wówczas, gdy jeszcze nie istniało życie?

Wyjście z tego zakłętego kręgu przyszło nagle, zaskakując biologów. Było tak sensacyjne, że warto opisać je pokrótce.

Do końca lat czterdziestych badacze usiłowali za wszelką cenę wytworzyć aminokwasy w laboratorium, używając do tego prostszych związków węgla, ale pochodzących z przemiany materii żywych ustrojów. Prześcigano się w doborze proporcji tych materiałów wyjściowych, a zwłaszcza w stosowaniu silnych źródeł energii. Przykładowo, kalifornijski biochemik Melvin Calvin (Nagroda Nobla 1961 r.) w doświadczeniu przeprowadzonym w 1950 r. posłużył się wielkim akceleratorem elektronów. Na tej drodze uzyskał pewną ilość aldehydu mrówkowego i kwasu mrówkowego. Związki te, złożone z czterech i pięciu atomów, więc mniej złożone od aminokwasów, nie stanowiły jeszcze substancji kluczowych pod względem biologicznym. A co najważniejsze — wynik nie wyjaśniał niczego, bo. Praziemia nie miała przecież akceleratorów.

Trzy lata później problem został rozwiązany w sposób, jakiego nikt się nie spodziewał. Dokonał tego Stanley Miller, student chemii uniwersytetu w Chicago.

Eksperyment, który przeprowadził, wyróżniała podziwu godna prostota.

Początkujący badacz rozumował logicznie, że doświadczenie będzie miało wartość dowodową tylko wtedy, jeśli w mikroskali powtórzy warunki, jakie rzeczywiście występowały w przyrodzie młodej Ziemi. Dlatego ściśle ograniczył się do tych danych, które uchodzą za 'bezdyskusyjne. Wyszedł więc z uproszczonego założenia, iż nad pierwotnym oceanem rozpościerała się beztlenowa atmosfera z metanu i amoniaku, a podczas częstych burz biły z nieba błyskawice. Wierny temu obrazowi, szklaną kolbę

napełnił do połowy czystą wodą, resztę miejsca przeznaczając na gazową mieszaninę amoniaku i metanu. Pod względem chemicznej zawartości — to było wszystko. Ogrzewana od spodu woda stale wrzała. Miller podłączył to urządzenie do przewodu wysokiego napięcia, dzięki czemu w górnej części kolby przebiegały iskry silnych wyładowań.

Już po upływie doby przerwał dopływ prądu, wodę z kolby przelał do probówek i zaczął poszukiwać, czy wytworzyły się w niej jakiegokolwiek związki organiczne.

i

Przypomnijmy, że od powstania praoceanu do wystąpienia w nim niezbyt złożonych połączeń węgla (początkowo głównie aminokwasów) upłynęło co najmniej kilkadziesiąt milionów lat. W porównaniu, dwudziestoczęterogodzinny czas doświadczenia był śmiesznie krótki. A jednak...

Pomimo spełnienia tylko części warunków, jakie cechowały i klimat, i chemizm pierwotnej Ziemi, i) a także rażącej dysproporcji między okresem geologicznym, w jakim rozgrywał się ten proces w oryginale, a znikomo krótkim czasem trwania jego namiastki w laboratorium — eksperyment zakończył się nadspodziewanym sukcesem: w kolbie Millera powstały liczne cząsteczki aż trzech aminokwasów. Były to: glicyna, alanina i asparagina.

Furorę sprawiła nie tylko obecność aminokwasów jako takich, lecz również ich dobór. Wszystkie trzy mieszczą się bowiem w zestawie właśnie tych stosunkowo nielicznych rodzajów aminokwasów, jakie powszechnie występują w ciele istot żywych. Nie tylko to! Należą one do najczęstszych i biologicznie

16) Nie znamy dokładnie panujących wówczas temperatur morza i powietrza, ani szczegółowego składu atmosfery; zawierała ona także dmne gazy, prócz użytych w



omawianym doświadczeniu, najpotrzebniejszych (np. glicyna uczestniczy w procesach odtruwania organizmu). Nadto, wszystkie trzy reprezentują grupę aminokwasów endogennych. 17) Opublikowanie przez Millera wyniku tego doświadczenia wzbudziło wśród biologów zdumienie, zrazu połączone z niedowierzaniem. Lecz powtórzone w licznych pracowniach naukowych, zawsze z podobnym skutkiem, rozwiało wątpliwości. Po paru latach plony tych badań miały już obszerną literaturę. Eksperymentowano najrozmaitszymi sposobami, wypróbowując coraz to inne materiały wyjściowe oraz źródła energii, zawsze z dbałością, aby i jedno i drugie nie wykraczały poza warunki, których obecność na powierzchni Praziemi nie budziła zastrzeżeń. Więc zamiast metanu, amoniaku i wody, użytych przez Millera, stosowano między innymi dwutlenek węgla, azot i jego proste połączenia, cyjanowodór, siarkowodór. 18) Wyładowania elektryczne bywały zastępowane znacznym podgrzaniem badanej mieszaniny, albo promieniowaniem nadfioletowym, albo po prostu światłem. Żadna z tych prób nie trafiła w próżnię. Bywało, że w jednym doświadczeniu otrzymywano po kilku dniach aż 70 rodzajów aminokwasów! Nadto tworzyły się cukry, pochodne puryn, adenina oraz inne cegiełki kwasów nukleinowych, porfiryny (wchodzące w skład chlorofilu), a nawet kwas adenozy-notrójfosforowy, nazywany ATP, który jest podstawowym źródłem energii wszystkich znanych komó-  
łł- Te spośród aminokwasów, które są syntetyzowane nie tylko przez rośliny, lecz również w organizmach ludzi i zwierząt, nazywamy endogennymi (pozostałe, czyli egzogenne, jesteśmy zmuszeni pobierać wraz z pokarmem).  
18) Nlefetóre aminokwasy, np. cysterna i metionina, zawierają siarkę.

76

rek zwierzęcych i roślinnych. Z kolei, te systematycznie uzyskane substancje biogenne wykazały mocną tendencję do wiązania się w długie łańcuchy cząsteczek, czyli polimery, z jakich zbudowane są białka i kwasy nukleinowe. W ostatnich latach badania te posunęły się bardzo naprzód. Warto wymienić doświadczenie S. W. Fo-xa, w którym bezwodne środowisko dokonywanej syntezy było sukcesywnie podgrzewane do 170°C. Eksperymentator otrzymał tą drogą — z abiogennych materiałów wyjściowych — drobiny o masie cząsteczkowej 300 000, pod wieloma względami ogromnie zbliżone do białek. Zasluguje na szczególną uwagę, że zawierały aż 18 spośród 23 aminokwasów powszechnie spotykanych w ciele współczesnych organizmów. Na tym doświadczeniu Fox oparł swoją termiczną teorię pochodzenia życia, o której była mowa.

Ale już pierwszy, klasyczny eksperyment Millera daje niezwykle dużo do myślenia w kwestii tamtego rozdziału Praziemi — z dopiero co utworzoną hydrosferą i atmosferą — który był fazą przygotowawczą dla biogenezy. Czy powinno się wydać tajemnicze, że spośród bezliku możliwych do pomyślenia związków węgla, jakie wtedy z pewnością powstawały — na plan pierwszy wysunęły się właśnie te, które spełniają dziś rozstrzygającą rolę w organizmach roślin, zwierząt i ludzi? Logika wskazuje, że powinniśmy odwrócić tok rozumowania. Widocznie fizykochemiczne cechy wczesnej Ziemi, uzależnione od mnóstwa czynników (zjawisk wulkanicznych, meteorologicznych, także astronomicznych), preferowały wiązanie się atomów węgla, azotu, wodoru, tlenu, oraz — w charakterze substancji towarzyszących — jeszcze innych pierwiastków (wśród nich siarki, potasu, żelaza, miedzi, ma-

77

gnezu), w takie właśnie połączenia, jakie wystąpiły zarówno w kolbach Miłlera i, jego następców, jak też stanowią dziś nieodzowne składniki białek, kwasów nukleinowych oraz innych związków o doniosłym 'znaczeniu biologicznym. Życie może powstać tylko z tego materiału, którego jest pod dostatkiem, w

otoczeniu. Nigdy się nie dowiemy, jak wyglądałaby teraz nasza biosfera, gdyby przed z górą czterema miliardami lat Planeta cechowała nieco inne warunki, przez co prabudul-cem organizmów byłyby trochę odmienne związki węgla; wśród nich — nie te właśnie rodzaje aminokwasów, jakie weszły do produkcji białek. A przecież i tamte związki musiały być wtedy obecne, lecz w małych ilościach. Dlatego w toczącej się przez miliony lat ewolucji chemicznej siłą rzeczy ustąpiły miejsca strukturom bardziej powszechnym. To unaocznia dobitnie, jak karkołomne są próby ściągnięcia do wspólnego mianownika jakichkolwiek biosfer powstałych niezależnie na dwóch odrębnych globach. 19)

Wróćmy do rozważań nad domniemaną pierwszą cząsteczką zdolną do replikacji. Czy powstała tylko jeden jedyny raz, a jej potomkami są wszystkie organizmy zasiedlające Ziemię? Za tego typu przypadkowością głosuje liczne grono badaczy, Josif Szklowski wyprowadził taki wniosek z tych rozważań: „Jeśli życie na Ziemi powstało „przypadkowo”, oznaczałoby to, że życie we Wszechświecie jest zjawiskiem niezmiernie rzadkim (choć, oczywiście, nie odosobnionym). Dla danej planety (np. Zie-

19) Szerzej będzie to omówione w rozdziale IX.

78

mi) powstanie swoistej postaci wysoko zorganizowanej materii, którą nazywamy życiem, wydaje się być przypadkiem.” 20)

Jest to problem nadal bardzo dyskusyjny. Osoby — bicie sądzę, że można podejść do niego trochę inaczej. Zastanówmy się, czy obie grupy hipotez, o których mowa: spontanicznego a zarazem koniecznego powstawania życia na Ziemi, albo jego przypadkowych, jednorazowych narodzin — mimo swej odrębności nie mają pewnej zasadniczej cechy wspólnej?

Szczelina w którą pragnę wcisnąć swoje rozumowanie, wynika stąd, że pojęcie przypadku nie jest ani abstrakcją, ani literacką przenośnią. Szansa skreślenia sześciu trafnych w „Toto-Lotku”, lub otrzymanie trzynastu trefli w brydżowym rozdaniu kart — woale nie wymaga wywróżenia: ona da się obliczyć. Tak samo jest z urzeczywistnieniem każdego rzadkiego zjawiska. Dlatego wielokrotnie próbowano ustalić prawdopodobieństwo powstania jednej życiorodnej cząsteczki w praoceanie Ziemi: Rozbieżność wyników oraz wątpliwa ich wartość nie świadczy o brakach metody, lecz o niedostatecznej znajomości warunków wyjściowych.

Wnioskujemy z geologicznych danych, że od ostygnięcia skorupy ziemskiej i skroplenia się na niej wód, do powstania pierwocin życia — upłynęło około 20) Cytat z książki „Wszechświat, życie, myśl” (PWN, 1965). Szklowski był wtedy jednak wyrazicielem szerokiego rozprzestrzenienia kosmicznych biosfer. Później radykalnie zmienił pogląd, dając temu wyraz w licznych publikacjach. W „Woprosach filozofiji” (nr 6 z 1976 r. napisał wyraźnie: „Wniosek, że jesteśmy sami, jeśli nie w całym Wszechświecie, to przynajmniej w Układzie Lokalnym Galaktyk, uzasadniony jest nie gorzej, lecz znacznie lepiej niż tradycyjna koncepcja wielości światów zamieszkałych.”

79

ło miliarda lat. Można przyjąć, iż połowa tego okresu była stadium przygotowawczym: zagęszczaniem się „bulionu pierwotnego”. Na proces biogenezy zostaje 500 milionów lat. Ziemię pokrywał praocean z gromadzącymi się w nim nadal związkami organicznymi, wśród których niezliczone zastępy mniej lub bardziej złożonych drobin tworzyły się i rozpadały każdego dnia. Przypuśćmy, że szansa powstania jednej tak skomplikowanej cząsteczki, zdolnej do powielania indywidualnych znamion swej budowy, wypada raz na pół miliona lat.

Jest to szansa nadzwyczaj mała, którą trudno określić inaczej niż wyjątkowo rzadki przypadek. W nurcie pół miliarda lat — powinno w ten sposób powstać na

całej Ziemi tysiąc życiorodnych cząsteczek chemicznych. Z drugiej strony — szansa, by w takim układzie nie zrodziło się życie, jest bardzo niewielka: jedna na tysiąc biogenicznych globów.

Pozorna sprzeczność upada skoro sobie uświadomimy, że pierwsze rozumowanie dotyczyło każdej poszczególniej cząsteczki organicznej, drugie zaś — całych dziejów planety. Nie darmo wybitny amerykański astronom Harlow Shapley zanważył: „Liczby kosmiczne są dostatecznie wielkie, a czas kosmiczny wystarczająco długi na to, by nawet skrajnie rzadkie zjawiska zdarzały się powszechnie.”

W gruncie rzeczy, szansa biogenezy była u nas jeszcze kilkakrotnie większa. Gdyby życie nie powstało trzy i pół miliarda lat temu, ówczesny klimat Ziemi przetrwałby do dziś, i jeszcze co najmniej tyle samo w przyszłości. A w każdym razie atmosfera nie zawierałaby liczących się ilości tlenu i azotu — wprowadzonych do niej w wyniku procesów biologicznych. Wszechocean Planety, nadal jałowy, nadal przesycony „bulionem pierwotnym”,

80

i w jeszcze większym stężeniu — byłby dogodnym środowiskiem i odpowiednią pożywką, gotową na przyjęcie Życia.

Cisnie się na usta pytanie: w takim razie dlaczego życie na Ziemi nie wywodzi się od tysięcy niezależnych protoplastów, tylko od jednej jedynej organicznej drobiny, jako wspólnego przodka wszystkich istniejących roślin, zwierząt i ludzi?

Kiedy wytworzyła się owa uprzywilejowana cząsteczka — powstanie życia na Planecie, ta szansa najznakomitsza w przyrodzie, wisiała na włosku. Ta wątła bezcenna drobina z łatwością mogła ulec mechanicznemu uszkodzeniu. Z chwilą jednak, kiedy odtworzyła siebie w pewnej liczbie takich samych egzemplarzy (co musiało nastąpić bardzo szybko) — proces ich mnożenia się nabrał lawinowego charakteru. Roznoszone prądami morskimi, w ciągu niewielu lat rozprzestrzeniły swoje potomstwo po bezkresach oceanicznych.

Ukształtowanie się następnej udanej cząsteczki, do stadium jej replikacji — nie miało prawie żadnych widoków powodzenia. Już w trakcie powstawania padła ona nieuchronnie pastwą istot żywych zasiedziały w tym samym żywiole — więc o ileż prężniejszych, i bardziej przedsiębiorczych w sztuce pożerania!

Czy ten hipotetyczny model powstania życia na Ziemi można ekstrapolować na biokosmos? W ogólnych zarysach — chyba tak. Ale z nieodzownym zastrzeżeniem, iż dotyczy on biosfer ziemopodobnych: białek zanurzonych w wodzie.

Rozdział III

W WODZIE, W AMONIAKU, W SIARCE...

Przekonaliśmy się w poprzednim rozdziale, że definicje życia oparte na procesach biochemicznych są już dziś niewystarczające i muszą ustąpić definicjom funkcjonalnym. Pochodzi to stąd, iż możemy się spodziewać bądź skonstruowania - własnymi środkami, bądź spotkania gdzieś we Wszechświecie — takich form życia, które z biologią w naszym rozumieniu będą miały niewiele wspólnego, albo zgoła nic. Wybitny znawca tych zagadnień, Krzysztof Boruń, tak o tym pisze: 1)

„Pasjonujący problem stworzenia sztucznego życia może być rozwiązany nie tylko drogą syntezy żywej substancji białkowej sztucznymi metodami. Nie ma chyba podstaw, aby uznać za nieżywy organizm, który jest pozbawiony tylko niektórych atrybutów życia (np. rozmnażania się, wzrostu, genezy ewolucyjnej). Czy np. sztuczny twór przejawiający wszystkie zasadnicze cechy życia psychicznego ze świadomością własnego istnienia włącznie, lecz niezdolny do metabolizmu i samoreprodukcji, może być traktowany jako martwy? Wyznaczenie wyraźnej granicy życia jest sprawą trudną i subtelną, jeśli nie wręcz umowną.”

J) „Mały sławoik cybernetyczny”, .Wiedza Powszechna 1973, hasło „Życie”.



struktur biologicznych. Natomiast tlen, którym oddychamy, jest produktem rewolucji spowodowanej przez biosferę na późniejszym etapie, kiedy pewne formy drobnoustrojów uzyskały zdolność fotosyntezy. Była to śmiertelna groźba zagłady wszelkiego ówczesnego życia wskutek zatrucia tlenem, o czym będzie jeszcze mowa w rozdziale VIII.

Echem pradziejów życia są istniejące do dziś formy beztlenowe, czyli anaeroby, które spotykamy wśród bakterii, pierwotniaków, nawet zwierząt wielokomórkowych (np. takich pasożytów człowieka i zwierząt, jak tasiemce). Dzielimy je na dwie grupy. Beztlenowce względne zwykle żyją w otoczeniu normalnego powietrza, lecz w procesach oddychania nie korzystają z tlenu, więc mogą obyć się bez niego. Natomiast beztlenowce bezwzględne wytrzymują wyłącznie środowisko pozbawione tego gazu, gdyż jest on dla nich zabójczy.

Zauważmy, że właśnie do tlenu mamy stosunek bardziej „antropomorficzny” niż do jakiegokolwiek innego pierwiastka. Traktujemy go jak unikalny, niezastąpiony życiodajny fluid. A przecież utlenianie — to konsekwentny proces destrukcji, nie oszczędzający nawet tak twardego metalu jak żelazo, doprowadzane na tej drodze do rdzewienia. Wprowadzenie tlenu do atmosfery około trzech miliardów lat temu przez fotosyntezujące drobnoustroje było największym wstrząsem w dziejach biosfery. Fakt, że życie nie tylko obroniło się przed naciskiem tej katastrofy, ale gruntownie przywykło do całkiem nowych warunków i wykorzystało je dla zapoczątkowania swojego świetnego rozkwitu — świadczy nie o wyjątkowych właściwościach tlenu, lecz o zdumiewającej plastyczności tej skomplikowanej samo-

85

organizacji materii, którą nazwaliśmy życiem. Fantastyczny „postronny obserwator”: wyabstrahowany rozum znający prawa fizyki i chemii, lecz nie wiedzący nic o biologii — poznawszy najwcześniejsze ziemskie organizmy nie byłby w stanie przewidzieć, że w przyszłych epokach w atmosferze planety znajdzie się obfitość tlenu, a mimo to życie nie tylko nie zginie, lecz osiągnie swą dzisiejszą oszołamiącą bujność i różnorodność.

Trzeba natomiast wyraźnie podkreślić, że żaden z poznanych ziemskich organizmów nie zniesie zupełnego braku wilgoci. Woda wprawdzie stanowi tylko tło życia, ale tło niezastąpione (wciąż mowa o biosferze Ziemi). Osocze naszej krwi jest prawie nie do odróżnienia od wody morskiej, w której powstały najwcześniejsze praorganizmy. Może to być bardziej ogólna prawidłowość: płyn ustrojowy opiera się na tej substancji, z której środowiska wystartowało życie.

U nas jest to woda — dlatego, że przy\* temperaturach panujących na Ziemi żadna inna ciecz nie nadaje się lepiej do tego celu. Nadto, ziemskie oceany są wypełnione wodą, a nie — amoniakiem bądź ropą naftową. Życie powstaje w tym, czego jest pod dostatkiem, albo nie powstaje w ogóle.

Problem środowisk, w jakich życie może się rozwijać, jest polem naukowych spekulacji, gdyż brak nam kryteriów porównawczych. Nie są to jednak jałowe fantazjowania. Zwłaszcza osiągnięcia biochemii, odkrycie roli kwasów nukleinowych jako kodu dziedziczności i pewne pojęcie o samoorganizacji na najniższym, molekularnym szczeblu — pozwala eks-trapolować modele życia białkowego na inne, hipotetyczne struktury, zespolone ze specyfiką przyrody rozmaitych planet.

Wizje królestw życia przechodzą rozmaite passy.

Kilkanaście lat temu za pryncypialny pierwiastek „innego życia” okrzyknięto krzem. Nawet usiłowano zastępować nim węgiel, całkiem rugując ten ostatni z tak pomyślanych organizmów — co jest ryzykowne." Potem przyszła moda na amoniak. Zaroilo się od publikacji naukowych (w ślad za nimi ruszyły pół-i

ćwierćnaukowe, a także zupełnie dowolne) uzasadniających, że jeśli Mars i Wenus mogą być martwą pustynią, to cała nadzieja w planetach-olbrzymach.

Wyrywkowo zajrzano w ten sposób do dwóch „okienek” temperaturowych, wybierając związki chemiczne mogące służyć dostosowanym do nich formom życia.

Tymczasem da się stworzyć odwrotny obraz: pewnego ciągu, od temperatur niskich ku wysokim, poprzerwanego „okienkami azoicznymi”. Każde z nich stanowi „strefę cienia”, w której zimniejszy płyn już wyparował, cieplejszy zaś jeszcze nie roztopił.

Zresztą nie muszą to być regiony całkowicie martwe: mogą na nie zachodzić, przynajmniej częściowo lub w ograniczonym stopniu, formy życia sąsiadujące z nimi. Najbliższa naszemu środowisku „strefa cienia” rozciąga się od 0°C (punkt marznięcia wody)

•do — 33°C (punkt wrzenia amoniaku). Jednak ziemskie życie wytrzymuje ten przedział bądź w stanie anabiozy, bądź nawet aktywnie (ssaki i ptaki). Życiu ze środowiska amoniakalnego przypuszczalnie trudniej byłoby sięgnąć wzwyż, tak jak białkowcy nie przekraczają pułapu wrzenia wody. Prawdopodobnie natomiast istoty amoniakalne, wytworzywszy stałocieplność, dobrze znosiłyby właściwe sobie „mrozy” poczynając od — 78°C (zestalenie się amoniaku) — być może aż do dna „strefy cienia”, czyli

— 162°C (punkt wrzenia metanu). Nie znamy rozpiętości granic, w jakich życie po-

87  
trafi prosperować. Nie umiemy się ustosunkować do takich ekstremów fantastycznych wizji, jak organizmy falowe; polowe, żyjące obłoki pyłu kosmicznego, itp. Twierdzenie, że one istnieją, jest na pewno nienaukowe. Lecz tak samo nieuzasadnione byłoby stawianie tamy możliwościom przyrody — bo znamy je w sposób niepełny i przymierzamy do warunków współbrzmiających z naszym światem.

Najłatwiejsze wydaje się określenie temperatur, w których życie „już” albo „jeszcze” jest do pomyślenia. Mamy tu przynajmniej jakiś punkt zaczepienia, choć tylko z jednego krańca: to zero bezwzględne, bariera nieprzekraczalna, bo dopiero poczawszy od niej zaczyna się ruch cząsteczek, a więc ciepło.

Zakres temperatur możliwych, lub realnie istniejących — jest kolosalny. Pobieżne spojrzenie sugeruje, że teoretycznie górną granicę stanowi skrajne zbliżenie się intensywności ruchu termicznego elementarnych cząstek do prędkości światła.

Ponieważ jednak w fizyce einsteinowskiej masa ciała wzrasta przy prędkościach relatywistycznych, zmierzając ku nieskończoności — nie istnieje szczyt gorąca. Praktycznie zaś, taką granicą jest 6 miliardów stopni. Skoro wewnątrz gwiazdy osiągnie tę temperaturę, wybucha on<sup>^</sup> jako supernowa.

Stojąc na gruncie życia choćby o tyle zbliżonego do- ziemskiego, że mają je warunkować koloidalne struktury — nie możemy wspinać się ku szaleń-stwom gwiazdnych żarów, gdzie nie tylko nie utrzy--mują się żadne związki chemiczne, lecz nawet atomy zmieniają swój „ubiór” miliony razy na sekundę. Przy takim założeniu, pułap scenerii życia nie powinien przekroczyć 1000°C.

Poniższa tabela ukazuje najprawdopodobniejsze  
płynne osnowy życia w przytoczonym zakresie temperaturowym: 2)

Lp.	Pierwiastek lub związek chein.	Temp. topnienia pod ciśn. i atm.	Temp. parowania pod ciśn. i atm.	Rozpie.-tość temperatur stanu ciekłego	kresu temperaturowego w skali bezwzględ-nej
1	wodór	-259	-253	6	30
2	metan	-183	—	1,62	21 19

3	amoniak	, -78	-33	45	19
4	woda	0	+ 100	100	27
5	siarka	+ 113	+ 445	332	46

Warto zwrócić uwagę., że w dowolnie wybranej temperaturze tylko jedna z tych pięciu substancji jest cieczą.

Wkraczając w coraz cieplejsze regiony, rozszerza się przedział pozostawania danego ciała w stanie płynnym. Gdy sięgniemy jeszcze gorętszego pułapu, ten zakres procentowo' znów znacznie maleć. Zbyt pochopne byłoby jednak wnioskowanie, iż życie powinno osiągać pełnię swej bujności w siarce, na drugim miejscu w wodzie, a zimniejsze ciecze są mniej przydatne do tego celu. Niezależnie od innych subtelnosci, może również nieodkrytych — wszelkie reakcje w niskich temperaturach przebiegają powolnie, co łagodzi te dysproporcje. Na planetach zim-

2) Dla większej kotnuniilkaltywności, trzy pierwsze rubryki liczbowe podałem w stopniach Celsjusza. Ostatnią musiałem odnieść do skali Kelvina' (np. woda:  $373^{\circ}\text{K} - 273^{\circ}\text{K} = 100^{\circ}\text{C}$ ;  $100 = 27\%$  od 373).

89

nych — wahania temperatur, dobowe i roczne, są bez porównania mniejsze niż na globach silnie nagrzewanych przez swoją gwiazdę-słońce.

Nasuwa się pytanie: dlaczego akurat te pięć substancji wyróżniłem spośród wielu innych, które w omawianym przedziale temperatur także występują jako ciecze? Zaczniemy od • dolnej granicy. Wydaje się logiczne, że przy zerze absolutnym wszystko stwardnieje z kretesem. Tymczasem wyjątek stanowi hel: pod ciśnieniem atmosferycznym wprawdzie skrapla się przy 4,2 K, lecz w ogóle się nie zestala. Choć w uproszczeniu podaje się, że przy zerze bezwzględny ustaje wszelki ruch termiczny — mechanika kwantowa uzasadnia istnienie tam szczątkowego ru--obu atomów. To wystarczy, aby utrzymać hel w stanie ciekłym.

Czy mógłby on stanowić ten najniższy, najzimniejszy poziom życia? Nie. Gazy szlachetne trzeba tu wykluczyć. Wprawdzie w 1962 r. udowodniono, że krypton, ksenon- i radon ulegają pewnym reakcjom chemicznym — ale to w naszym przypadku jest bez znaczenia.

Zbyt dużo miejsca zajęłyby rozważania, dlaczego powstanie życia opartego na innych pierwiastkach-bądź związkach chemicznych niż uwzględnione w tabeli jest mniej prawdopodobne. Poprzestaną więc na stwierdzeniu, że w „recepturze życia" te pięć substancji dobrze pasuje na płyn ustrojowy. Natomiast wtrąć dygresję o stopniu rozpowszechnienia we Wszechświecie ważniejszych pierwiastków. Dostateczna obfitość określonego tworzywa jest warunkiem koniecznym (choćbyz bynajmniej nie wystarczającym), aby ono mogło odegrać swoją podstawową rolę w budowie ciała organizmów żywych.

W astrochemii przyjęto określać rozpowszechnięnie danego pierwiastka w dostępnej naszym badaniom części Wszechświata w ten sposób, że podaje się względną zawartość tej substancji na każdy tysiąc atomów krzemu. W oparciu o to kryterium sporządzono tabelę 3) obejmującą wszystkie znane pierwiastki. Podawanie jej w całości wydaje się niecelowe, uwzględniam więc tylko pierwszych 31 pierwiastków, w kolejności ich liczby atomowej. Dalsze występują w ilościach wyrażanych coraz mniejszymi ułamkami. Pierwiastki najcięższe (pod względem masy atomowej), począwszy od polonu, z reguły, promieniotwórcze we wszystkich swoich izotopach — bądź w ogóle nie występują w przyrodzie (transuranowee, sztucznie wytworzone w laboratoriach), bądź w tak znikomych ilościach (polon, radon, rad), że ich się nie uwzględnia w tabeli. Wyjątek stanowi tor (0,00003) i uran (0,000008) — gdyż mając czas połowicznego rozpadu wynoszący miliardy lat, mogły się utrzymać.

W uproszczeniu podaje się nieraz, że Wszechświat zawiera około 87% wodoru i 13% helu — z drobną domieszką innych pierwiastków. Ta drobna domieszka ma podstawowe znaczenie dla egzobiologii: gdyby istniał tylko wodór i hel, powstanie życia byłoby w ogóle niemożliwe.

Spośród tworzywa naszego białka — tlenu jest w Kosmosie tysiąc razy mniej niż wodoru, a węgla i azotu jeszcze skąpiej. Mimo to — po wodorze i helu — należą one do substancji najbardziej rozpowszechnionych w przyrodzie.

3) Twórcami jej są H. Suess i H. Urey. W postaci zmodyfikowanej przez A. Caimeronona (w Ewiazfou z postępowi uzyskiwania oraz interpretacji widm odległych ciał kosmicznych), to zestawienie odzwierciedla współczesny stan wiedzy o składzie chemicznym obserwowanego Wszechświata.

91

Liczba atomowa	Pierwiastek	Względna liczba atomów
1	wodór	25000000
2	hel	3800 000
3	lit	0,1
4	beryl	. 0,02
5	bór	0,02
6	węgiel	9300
7	azot	2400
8	tlen	25 000
9	fluor	1,6
10	neon	1,6
11	sód	14000
12	magnez	44
13	glin	95
14	krzem	1 000
15	fosfor	10
16	siarka	380
17	chlor	2,6
18	argon	150
19	potas	3,2
20	wapń	49
21	skand	0,03
22	tytan	1,7
23	wanad	0,2
24	chrom	7,8
25	mangan	6,8
26	żelazo	150
27	kobalt	1,8
28	nikiel	27
29	miedź	0,2
30	cynk	0,2
31	gal	0,009

Obraz chemizmu Wszechświata, składającego się głównie z gwiazd i mgławic, jest całkiem inny niż w wypadku organizmów żywych. Narodziny i rozwój życia wyobrażamy sobie tylko na planetach.

92

Tymczasem te chłodne globy, uzależnione od promieniowania swojego słońca, stanowią znikomą część materii Kosmosu. Np. stosunkowo duża zawartość neonu (zresztą obojętnego dla życia) wynika z powstawania go na pewnym etapie ewolucji gwiazdy — z reakcji jądrowych w gorącym jej wnętrzu (złączenie się jądra



atomowego tlenu i helu daje atom neonu).

Rozmieszczenie pierwiastków na globach typu Ziemi jest wyraźnie inne (w przeciwieństwie do planet-olbrzymów, które przypuszczalnie mają skład chemiczny zbliżony do gwiazd). Proszę mi wybaczyć, że podam jeszcze trochę liczb. Wydaje mi się to najprostszą ilustracją omawianego problemu. Będzie tu mowa o klarku pierwiastków, gdyż tak nazywamy w geochemii liczbę określającą ilościowy udział poszczególnych pierwiastków w statystycznie przeciętnym składzie materii pewnego środowiska w przyrodzie.<sup>4)</sup>

Chemiczny skład Ziemi (wagowo) jako całej planety przedstawia się następująco w procentach: żelazo 35,4 krzem 12,6 tlen 27,8 siarka 2,7 magnez 17,0 nikiel 2,7 Natomiast przeciętny skład chemiczny skał powierzchniowych (z pominięciem wód) jest zgoła inny:

tlen 47,30 wapń 3,47 krzem 27,70 sód 2,46 glin 7,85 potas 2,41 żelazo 4,57

magnez 2,24 W obu wypadkach suma jest nieco mniejsza od stu. Brakujące około półtora procentu przypada na wszystkie pozostałe pierwiastki. Występują one nie-

4) Nazwa na cześć amerykańskiego uczonego Franka Ciarice'a (1847—1931), jednego z twórców geochemii.

93

raz w postaci zaledwie drobnych zanieczyszczeń. Jakże są jednak ważne, skoro mieszczą się tam (poza tlenem) podstawowe substancje warunkujące istnienie życia (węgiel, wodór, azot, także fosfor)! Choć skromne procentowo, na Ziemi występują jednak bez porównania obficie niż w obrębie gwiazd i mgławic.

Mimo tak różnorodnej panoramy hipotetycznych biosfer, jakie prezentuję — nie wykraczam poza struktury oparte na węglu. Szczególna właściwość kreuje go bowiem na najznakomitszą osnowę tkanek istot żywych. Chodzi o zdolność szepiania długich atomowych łańcuchów i pierścieni, co realizuje takie cząsteczki-olbrzymy jak białka, złożone nawet z milionów atomów.

Pod tym względem najbardziej podobnymi pierwiastkami są bór i krzem, które jednak nie roszą dużych nadziei aby gdziekolwiek stały się fundamentalnym tworzywem komórek żywych pozbawionych węgla; bór nigdzie nie występuje dość obficie, o krzemie zaś będzie jeszcze mowa.

Cztery pierwsze pozycje w tabeli (wodór, metan, amoniak i woda) mogą być tłem dla życia opartego na związkach tego typu, jakie występują w tkankach ziemskich organizmów — choć z istotnymi modyfikacjami.

Znamy wzgląd, który każe zaliczyć do jednej wspólnej grupy struktury odpowiednie dla życia w środowisku wodoru i metanu, do drugiej zaś — w amoniaku oraz w wodzie. Chodzi o to, że woda reprezentuje substancje polarne: ładunki elektryczne w jej cząsteczkach są rozłożone niesymetrycznie. Polarny jest również amoniak, niepolarne natomiast są metan i wodór.

Ciecze polarne rozpuszczają wyłącznie inne ciała polarne, i odwrotnie. Dlatego w wodzie (i w amo-

l\* s

niaku) rozpuszczają się białka, kwasy nukleinowe, także sól, cukier — ale nie lipidy (tłuszcze i oleje). Te rozpuszczają się za to w wodorze i metanie.

Przystąpmy w miejscu tabeli, gdzie czujemy się na swoim podwórku: w królestwie wody. Potem zejdziemy w mroźne regiony, by na zakończenie tego przeglądu przyjrzeć się krainom świecącego żaru.

W państwie wody — „życie jest formą istnienia ciał białkowych”, jak to stwierdził Engels. Na razie nie zanosi się, byśmy coś dorzucili do tego poglądu: zbyt gruntownie poznaliśmy chemizm najistotniejszych procesów dostępnych w środowisku wodnym, aby się nagle okazało, że mogą tam powstawać jakies wielkocząsteczkowe koloidy\* nie oparte na kombinacjach węgla z wodorem, tlenem i

azotem. Wprawdzie z 23 aminokwasów, najczęściej występujących w żywych ustrojach, dałoby się stworzyć znacznie więcej odrębnych rodzajów białek niż liczba atomów w obszarze Wszechświata dostępnych dla naszych obserwacji. Choćbyśmy wprzęgli do tej akcji również pozostałe 80 aminokwasów — wciąż będą powstawały białka w ściśle określonym znaczeniu tego słowa.

Współczesne badania biochemiczne nie znajdują podstaw do przypuszczeń, że amoniak mniej nadaje się na płyn ustrojowy aniżeli woda. Zdaniem wybitnego autorytetu egzobiologii, Josifa Szklowskiego, „w oparciu o amoniak można zbudować analogony „zwykłych” aminokwasów, a następnie dowolnie złożone odpowiedniki wszystkich możliwych związków białkowych”. Dalej Szklowski stwierdza bez niedomówień: „Zupełnie prawdopodobne jest występowanie „amoniakalnych” odpowiedników kwasów nukleinowych, puryn i pirymidyn. Całkiem możliwe są też „amoniakalne” odpowiedniki

•"JE-

i RNA z właściwym dla nich kodem dziedziczności.” („Wszechświat, życie, myśl”, PWN 1965, s. 241).

Tylko dlatego woda wydaje się nam sposobniejsza do tej roli, że życie „wodne” znamy, „amoniakalne” zaś pozostanie hipotezą do czasu odkrycia go — może na Jowiszu, może gdzie indziej...

W środowisku amoniakalnym, odpowiednikiem utleniania jest przyłączanie jonów azotowych lub azotowo-wodorowych, końcowym zaś produktem przemiany materii — amoniak i cyjan (zamiast wody i dwutlenku węgla). Organizmy więc amoniakalne, o ile istnieją, piją amoniak i oddychają azotem. Reakcje życiowe bynajmniej nie muszą opierać się na spalaniu, pojmowanym jako proces utleniania — czego dowodem całkiem odmienny metabolizm niektórych ziemskich drobnoustrojów.<sup>5)</sup>

Tlen i azot decydują o polarności cząsteczki białka. Toteż przewaga azotu w „białku amoniakalnym” niczego nie zmienia: pozostaje ono w dalszym ciągu polarne i rozpuszcza się w amoniaku. Schodząc niżej po szczeblach zimna, kandydatem na płyn ustrojowy jest metan, a dolnym kresem wszelkich możliwości — wodór. Ale już na samym początku natrafiamy tu zasadniczą trudność: obie te ciecze są niepolarne.

W kręgu substancji odgrywających istotną rolę w ciele zwierząt i roślin — niepolarne są lipidy. Czy one mogą stanowić fundamentalny budulec życia? Nawet niedostępność tlenu, jako taka, jest czysto umowna. Hołdujemy chemii ściśle geocentrycznej, dopasowanej przez nas do przyrodniczych warunków Ziemi. Twierdzimy, że wodór jest palny, gdyż pali się w tlenie. Istoty amoniakalne, żyjące w atmosferze metanowej, uznałyby takie podejście za niepraktyczne: dla nich palny byłby właśnie tlen, w praeoiowieńskim wodom.

W jakich układach — zastępując białka i kwasy nukleinowe? Nie jest to wykluczone. Rozporządzamy empirycznym dowodem, że te struktury w pewnych wypadkach osiągają wyjątkową złożoność: w ludzkim mózgu występują tłuszczowe cząsteczki-olbrzymy, których rola dotąd nie została wyjaśniona.

Również ta szansa jest zasługą zawartości atomów węgla, zawsze skorych do tworzenia dowolnie długich łańcuchów. Póki nie stwierdzimy, że gdzieś w Kosmosie kwitnie życie oparte na innym pierwiastku — mamy prawo nazywać węgiel jedynym swoistym „eliksirem życia”. Taki krąg propozycji przyrody nie jest bynajmniej ciasny. Umiejętność łączenia się atomów węgla z innymi atomami w bardzo skomplikowane związki sprawia, że te białka, jakie znamy w niezliczonych odmianach (charakterystycznych dla poszczególnych gatunków), są zapewne „lokalną próbką”, która stanowi wypadkową fizykochemicznych warunków Ziemi oraz okolicznościowych przypadków towarzyszących bio-genezie.

Dosięgliśmy prawie dna zimna. Nawet w tak szokującym otoczeniu — czynnościami

życiowymi mogą kierować substancje zupełnie swojskie, zbliżone do tłuszczów z naszej codzienności. Ale skoro prze-rzuciliśmy się w strefy gorąca, portret zatracą znajome rysy. To dlatego, że koloidy ziemskich organizmów ulegają szybkiemu rozpadowi już we wrzącej wodzie.

W tych rozważaniach umówiliśmy się ograniczyć poszukiwania form życia do związków węgla. Trzeba pomyśleć, jakie kombinacje jego atomów z innymi pierwiastkami dadzą struktury w wysokich temperaturach dostatecznie trwałe, by nie uległy zniszczeniu, zarazem wystarczająco nietrwałe dla nieustannej przemiany materii.

7 BtoHpamos t. 1 97

Na globach gorących związki wodoru musiały się rozpuścić, a on sam ulotnił się w przestrzenie międzyplanetarne. Tymczasem zastąpienie wodoru natrafia na poważną trudność: jego atom jest najmniejszy ze wszystkich. To sprawia, że każdy łańcuch węglowy, dowolnie skomplikowany, może się ciasno otoczyć atomami wodoru. Temu zadaniu podoła jeszcze tylko jeden pierwiastek: fluor. Od dawna o tym wiedziano, lecz w tamtych czasach egzobiologią, jeszcze bezimienną, zarządzali fantasci, uczeni zaś niechętnie eksperymentowali z fluorem, gdyż odstręczała jego wybuchowa aktywność. Chemię fluoru opracowano dopiero podczas drugiej wojny światowej — w związku z badaniami nad sześćfluorkiem uranu, niezbędnym przy produkcji bomb atomowych.

Wtedy poznano grupę węglofluorów, pod wieloma względami przypominających węglowodory. Daleko im do przejawiania „elastyczności” i uniwersalności białek. Nie wynika to z „gorszych” właściwości fluoru, tylko z zadań, jakie chemia fluoro-organiczna stawia przed sobą. Podobne do nich takie związki wodorooorganiczne, jak polietylen lub nolistyren także nie naprowadziłyby przybyszów i obcych nam warunków biochemicznych na myśl, że istnieją połączenia węgla z wodorem przydatne do konstruowania żywych ustrojów.

Fluoroproteiny (tak chyba nazwiemy dotąd nie-poznane „białka fluorowe”) przejawiałyby w ziemskich warunkach znikomą aktywność. Natomiast na planetach typu Wenus przypuszczalnie byłyby zdolne podtrzymać procesy życiowe nie gorzej niż białka w naszym klimacie.

Inną możliwością jest wprzęgnięci? w służbę „gorącego” życia atomów krzemu. Jak wspomniałem, przed kilkunastu laty modne było fantazjowanie

98

o krzemooorganicznych potworach z Merkurego (wtedy Wenus wydawała się dla nich za chłodna). Jako „białko krzemowe” na ogół wyobrażano sobie wielkocząsteczkowe związki, w których węgiel został zastąpiony krzemem.

Ponieważ krzem jest czterowartościowy (tak samo jak węgiel), rzeczywiście łączy się on z wodorem tworząc długie łańcuchy w obrębie skał i znosząc temperaturę czerwonego żaru. Atomy krzemu występują tam na przemian z atomami tlenu i są obudowane z wszystkich stron atomami wodoru. Jednakże te związki zdają się mieć strukturę za mało subtelną, aby ewoluując w jakichkolwiek warunkach — zdołały osiągnąć szczybel życia.

Warto rozważyć efekt zastąpienia atomami krzemu dwóch spośród czterech obecnych w tym łańcuchu atomów tlenu, z przyczepionymi tak samo atomami wodoru: otrzymamy silikony, odgrywające coraz donioślejszą rolę w przemyśle tworzyw sztucznych.

Tu właśnie można poszukiwać wielkiej szansy krzemu. Wydaje się, że na planetach gorących silikony, raz powstałe, w ciągu miliarda lat potrafią tak skomplikować swoją budowę, aby spełniać rolę jaka na Ziemi przypadła białku. Jeśli krzem jest gdzieś w biokosmosie budulcem życia — to chyba nie zamiast węgla, lecz w połączeniu z nim.

Nasuwa się jeszcze inny obraz. A gdyby wprowadzić pewną korekturę: atomy wodoru

zastąpić atomami fluoru? Przyroda mogła spełnić takie zadanie. Jest ono logiczne z dwóch względów: w obrębie gorących światów brakuje wodoru, a ponadto fluor daje większą plastyczność takim strukturom.

Pominęliśmy dotąd sprawę płynu ustrojowego domniemanych organizmów węglodlorowych, sili-

19

konowych bądź fluorosilikonowych. W czym to go-gacę życie się kapie — dosłownie i w przenośni?

Wśród cieczy pasujących do węglodlorowych koloidów, na pierwszy plan wysuwa się siarka. Aktywna, w ilościach śladowych wchodząca w skład ziemskich zwierząt i roślin — może być tłem życia tam, gdzie poprzednio omówione cieczki zamieniły się w gaz. Płynna już nieznacznie powyżej punktu wrzenia wody, pozostaje nią w trzystopniowym przedziale rozpiętości, mogąc towarzyszyć takim roztopionym metalom, jak ołów i cynk. W skwarze planet typu Wenus powinna być jednym z dominujących pierwiastków. Na pospolitość siarki we Wszechświecie wskazuje jej udział w meteorytach: chondryty węglowe zawierają przeważnie od 6 do 14% siarczku żelaza, a także jest tam siarka w stanie wolnym oraz związana w postaci siarczanów i węglowodorów.

Struktury silikonowe bądź fluorosilikonowe, w których również siarka musi występować w pokaźnych ilościach, mogą pływać w olejach krzemoor-ganicznych o własnościach, odpowiednich dla życia bytującego w wysokich temperaturach, nawet przekraczających punkt wrzenia siarki.

Zdaniem niektórych autorów,<sup>6)</sup> organizmy krzemowe mogłyby prosperować jeszcze przy 1000 °C. Ale czy to już górny pułap temperatur dogodnych dla rozwoju życia? Nie wiemy nic na ten temat. Warto jedynie odnotować, że sięgając wzwyż, tracimy mocny grunt pod stopami. Rozważania stają się coraz bardziej niepewne, drogi wyboru coraz mniej jednoznaczne, widnokrąg rozszerza się i przesłania go mgiełka nieoznaczoności.

\*) M.;in. Kazimierz SehalHing, „Możliwość życia we Wszechświecie" — „Urauuia" XII 1(974 r.

100

Możemy być przekonani, że jeśli istnieje gdziekolwiek życie w" otoczeniu 255 stopni mrozu, to pływa ono w wodorze. W naszych warunkach, prawie na pewno jedyną jego szansę stanowią białka zanurzone w wodzie. Natomiast o , ile jakieś istoty bytują w tysiącstopniowym upale — możliwości jest wiele i wszystkie wydają się nam wątpliwe, głównie z braku odpowiednich badań laboratoryjnych. Byłyby to w ścisłym znaczeniu eksperymenty egzobiochemiczne, a ta gałąź wiedzy dopiero oczekuje swoich narodzin.

Egzobiologia jeszcze nie wypowiedziała się konkretnie, co postanawia uznać za życie w? skali kosmicznej. Trzeba wyraźnie zaznaczyć, że przy eks-trapolowaniu tego pojęcia na Wszechświat nabiera ono cech umowności. Z grubsza, mamy dwie drogi wyboru. Pierwsza zawęża problem do życia typu ziemskiego, więc białek zanurzonych w wodzie. W takim ujęciu sprawa wydaje się dosyć prosta. Jedyne ewentualne kłopoty — to spotkanie gdzieś biosfery in statu nascendi, na szczeblu jej tworzenia się; np. zaawansowany rozwój koacerwatów w praocianie. Byłaby to jednak w gruncie rzeczy trudność pozorną, podobną dyskusji, czy poczwarkę uważać już za motyla. A może nawet bardziej pokrewną argumentom Zenona z Elei przeciwko istnieniu ruchu.<sup>7)</sup> Rozpatrywanie bowiem procesów

7) Zenon z Elei (dk. 490 — oik. 430 p.sn.e.), grecka filozof, twórca starożytnej dialektyki, usiłował wykazać niemożliwość wszelkiej zmiany, w związku z czym zawzięcie atakował najprostszą jej formę: ruch. Tak brzmi jeden z czterech słynnych jego argumentów przeciwko ruchowi (tzw. STRZAŁA): „Lecąca

strzała w chwili terażniejszej nie porusza się, lecz spoczywa w powietrzu i nie przebiega żadnej przestrzeni; tak samo w każdej .innej ohwiill Czas składa się jednak z chwil, więc strzała nie może posuwać się napnzod w powietrzu, tylko spoczywa. Błąd rozumowania

101

życiowych w ograniczeniu do danego momentu (a dla wczesnych stadiów biosfery — „momentem” są okresy rzędu milionów lat) wypacza obraz i prowadzi donikąd.

Drugie kryterium rozszerzyłoby pole naszych dociekań na wszelkie struktury zdolne do przemiany materii poprzez mechanizm wybiórczości (selektywnego wchłaniania tylko tych atomów i cząsteczek, które są przydatne do budowy ciała i jego wzrostu), plastyczne wobec zmian środowiska, pobudliwe, podległe przeobrażeniom osobniczym i gatunkowym — więc wykazujące te podstawowe cechy, jakie potocznie kojarzymy z życiem.

Jednak i takie założenia dadzą się rozszerzyć. Skoro tylko opuścimy mocny grunt pod stopami, czyli analogię do chemicznych podstaw ziemskiej biosfery — granice stosowalności pojęcia „życie” stają się silnie rozmyte. Mowa bowiem o czymś, czego w ogóle nie znamy.

Sytuacja, w której wahamy się, co w skali kosmicznej uznawać za życie, jest tylko dopóty możliwa, dopóki nie natrafimy na jakieś formy szczególne, dalekie od wszystkiego cokolwiek znamy z przyrody Ziemi — a jednak żywe, bądź posądzane o to, że są żywe. Byłaby to zbyt kusząca gratka dla egzobiologów, aby chcieli oznajmić ze stoicką obojętnością: — Temat wykracza poza naszą specjalność.

W tej książce zasadniczo zajmuję się życiem podobnym do ziemskiego, czyli opartym na białkach zanurzonych w wodzie — nie przesądzając, czy w egzobiologii powinniśmy na razie rozpatrywać

polegał na tym, że punktoty i momenty można jedynie całkować, a nie — sumować.

Rachunek całkowity wynalazł dopiero Newton.

102

wyłącznie takie formy życia, czy również wszelkie inne. Wydaje mi się, że — ogólnie biorąc — dla szeroko pojętej egzobiologii ten drugi punkt widzenia jest o wiele słuszniejszy.

Na prawach dalekiej analogii, ten spór przypomina wahania kosmologów w kwestii definicji Wszechświata. Jedni ujmują tu „wszystko cokolwiek istnieje”, inni zaś — te obszary rzeczywistości, które były, są lub będą fizycznie powiązane z naszym światem. W drugim wypadku odrzuca się to, co znajduje się poza tzw. stożkiem Minkow-skiego. A więc, mówiąc najprościej, jeśli światło jakiejś galaktyki nie może do nas dotrzeć, ponieważ ona jest zbyt daleko, albo znajduje się poza horyzontem (rozumianym kosmologicznie) — podchodzimy do sprawy tak, jak gdyby ta galaktyka fizycznie nie istniała. To samo dotyczy gwiazd dotkniętych zapaścią grawitacyjną (sfera Schwarzschilda).

Powtarzam, ta analogia jest dość odległa. Wszelkie formy życia, jakie spotykamy we Wszechświecie, będą dostępne naszym badaniom — na podstawie wypowiedzianego założenia, że je odkryliśmy.

Wciąż jeszcze brak w światowej literaturze takiej pozycji, która szczegółowo rozpatrywałaby rozmaite pozabiałkowe typy życia w Kosmosie. Nauka chyba dorosła już do tego, aby takie dzieło mogło powstać. Ja podjąłem się jednak skromniejszego zadania: rozpatrzeć szansę występowania życia białkowego w rozmaitych biotopach planetarnych, ze szczególnym uwzględnieniem wyrostłych z tego pnia, wysoko rozwiniętych cywilizacji.

Wprawdzie niektóre obce formy życia (np. ustroje amoniakalne) mogą być pod wieloma względami zbliżone do ziemskich organizmów, a nazwanie lub nienazwanie ich białkowcami stanie się umów-

ne. Jednak biosfery ze skrajnych regionów zimna lub gorąca musiałyby wydatnie odbiegać od wyobrażeń nas, ludzi — wychowanych na kryteriach ziemskiej biologii. Rozległa chemiczna różnorodność domniemanych struktur żywych we Wszechświecie, które przytoczyłem, opiera się na konkretach współczesnej wiedzy przyrodniczej. Snucie domysłów nad specyfiką społeczeństw bytujących w ultrazimnym morzu metanu, albo w żarze płynnej siarki, jest bardzo pociągające. Nie czynię tego (przynajmniej teraz) — z obawy przed ryzykiem ewentualnego udowodnienia kiedyś, że takie struktury nie mogą istnieć. Przecież już samo mówienie o życiu pozaziemskim, życiu jakiego nie znamy, siłą rzeczy jest przepełnione ryzykiem daleko posuniętej dowolności; rozminięcia się ze stanem faktycznym, jaki stwierdzimy poznawszy biosfery innych planet. Bez podejmowania takiego ryzyka trudno byłoby ważyć się pisać cokolwiek na tematy egzobiologiczne, poza pewną ilością komunałów.

Omawiając w tej książce istoty rozumne, przyjmuję milcząco, że również one są zbudowane (w szerokim ujęciu) ze związków chemicznych właściwych dla ziemskiego życia. Przy każdym odstępstwie od tego założenia, zostanie to wyraźnie zaznaczone. Dokonałem takiego wyboru, kierując się wymogami konstrukcji książki oraz ram tematycznych. Sądzę, że środowiska jaskrawo odmienne od klimatu Ziemi także potrafią zrodzić biosfery i wyłonić z nich rozumnych gospodarzy globu. Nie wynika stąd jednak, iż analizując problem psychozoów koniecznie należy tę sprawę rozpatrzeć.

Życie we Wszechświecie i tak jest tematem, którego wyczerpanie stanowi fizyczną niemożliwość. Dzisiejszy poziom matematyki nie pozwala odpo-

104

wiedzieć, czy liczba kombinacji, jakie może wytworzyć materia — jest skończona, czy nieskończona. Nie ma to jednak istotnego znaczenia. Gdybyśmy zapragnęli dokładnie opisać wszystkie ziarenka piasku na kuli ziemskiej (każde z osobna pod względem masy, objętości, kształtu, odcienia, drobnych różnic chemicznych i mineralogicznych, „znaków szczególnych”, rys oraz innych chropowatości dostrzeganych pod silnym mikroskopem, itp.) — nasze zadanie byłoby o niebo łatwiejsze od opisu biosfer rozproszonych w obrębie kilkudziesięciu miliardów galaktyk dostępnych współczesnym obserwacjom (przypominam: każda galaktyka może zawierać miliardy układów planetarnych).

A poszczególne biosfery są same w sobie strukturą niezmiernie skomplikowaną, nie dającą się ująć ani w krótki opis, ani tylko z jakiegoś wyróżnionego punktu widzenia. Dowodem tego — życie na Ziemi: świat drobnoustrojów, roślin i zwierząt, wreszcie świat człowieka z oszałamiającym bogactwem i złożonością duchowych oraz materialnych wartości zrodzonych mocą jego umysłu.

Ale podobnie wielka może być różnorodność biosfer opartych na białku zanurzonym w wodzie. Wobec tego, czemu wprowadzam takie ograniczenie przy omawianiu kosmicznych cywilizacji?

Odpowiedź jest prosta: by uczynić obraz bardziej przejrzystym. W przeciwnym razie bowiem — na prawach hipotez o małym, albo wręcz znikomym stopniu prawdopodobieństwa — należałoby się do-, patrywać ewentualnych cywilizacji niemal w każdym miejscu Wszechświata. Na poparcie tej tezy, z mrowia możliwych przykładów podam jeden charakterystyczny. Fred Hoyle w powieści „Czarna chmura” ukazuje olbrzymi kłęb rozrzedzonej materii pyłowej stanowiący twór rozumny, który w

105

swjej wędrówce po Kosmosie odwiedza Ziemię i w dysputach z intelektualistami uzmysławia im płyt-kość wiedzy oraz zaściankowość poglądów, jakie reprezentują. Niezależnie od tego, iż jest to ciekawy, literacko bardzo udany utwór science

fiction — wyszedł on nie spod pióra dyletanta, lecz jednego z najznakomitszych współczesnych astronomów, który ani słowem nie zastrzega się, że myślący obłok, jaki ukazuje w swej książce, jest niemożliwy. Dodatkowo wyłania się zaskakujący dylemat: czy ten kłęb pyłu, rozumny ponad wszelką wątpliwość, mamy uznać za twór żyjący?!

Owiewa nas tu szeroki oddech egzobiologii. Zapewne kiedyś rzeczywiście spotkamy biosfery tak daleko odbiegające od naszych utartych pojęć o życiu, iż przysporzą nam kłopotów w ocenie: czy to są żywe jestestwa, czy też przedmioty martwe? Może w niektórych wypadkach takie rozstrzygnięcie nabierze charakteru czysto arbitralnego. Wciąż niełatwo nam sobie wyobrazić uczucie, jakiego doznamy natknąwszy się twarzą w twarz na wspaniałe panoramy działań (astroinżynieryjnych, ży-ciotwórczych? jeszcze innych?) ze strony podmiotu, który nie mieści się w naszych naukowych kryteriach życia. Najświecniejszy jak dotąd w literaturze świata obraz takiego spotkania, zarazem pełen patosu i lirycznej zadumy, dał Stanisław Lem w powieści „Solaris”: dramat milczącego, wstrząsającego mocnego kontaktu między astronautami z Ziemi a rozumnym oceanem planety, którą odwiedzili, i

Na ten sam temat wypowiada się niedwuznacznie również Josif Szklowski — tym razem nie w książce fantastycznej, lecz naukowej („Wszehświat, życie, myśl”, s. 376): „W końcu (aż strach pomyśleć, tym bardziej napisać), może przyczyną szcze-  
106

gólnie silnego promieniowania niektórych galaktyk (tzw. radiogalaktyk) jest działalność takich form wysoko zorganizowanej materii, które nawet trudno nazwać życiem rozumnym?”

Ukazuje nam to dobitnie, że rozważanie hipotetycznego życia wszędzie gdziekolwiek możemy się go spodziewać — zagmatwałoby obraz, czyniąc go dość nieczytelnym. Natomiast zawężając pole widzenia do biosfer opartych na białkach zanurzonych w wodzie — w pewnym stopniu ekstrapolu-jemy w kosmiczne bezkresy rzecz znajomą z naszego planetarnego podwórka. Możemy nawet przyjąć jedną z definicji stosowanych wobec życia ziemskiego, i nie zajmować się zjawiskami, które wykraczają poza nią.

Stajemy więc na gruncie o wiele bardziej określonym. Wykluczamy z naszych poszukiwań życia nie tylko gwiazdy, pustkę międzyplanetarną, bądź planety zbyt małe, aby mogły utrzymać gazową otoczkę oraz wodę w stanie płynnym; także otoczenie nowych powrotnych, wielu gwiazd zmiennych, niektórych systemów gwiazd wielokrotnych. Pomijamy nawet całe radiogalaktyki, jako obszary o nadmiernym stężeniu rozmaitych rodzajów twardych promieniowań, choć mogą tam być organizmy czerpiące energię dla swej przemiany materii nie z przemian chemicznych, tylko promieniotwórczych. Być może, jakiś nasz rozumny pobratymca właśnie tworzy rozprawę o życiu w Kosmosie i mocno podkreśla, że w galaktykach „spokojnych”, takich jak Układ Drogi Mlecznej, brak źródeł energii niezbędnych dla życia, istnienie zaś biosfer odmiennych typów jest tak problematyczne, że nie warto poważnie o tym myśleć...

• Ponadto, z dociekań usuwamy w ogóle znaczną większość gwiazd (jako słońce ewentualnych ukła-

107

dów planetarnych). Jedne dlatego, że ich moc świecenia jest zbyt słaba, by nawet zupełnie bliskie, globy ogrzać do temperatury roztopiającej lód. Inne zaś, b dużej masie — ponieważ gwałtowne ich spalanie się powoduje zbyt szybką przemianą gwiazdy, a stąd okres trwania na planetach równomiernie ciepłego klimatu jest za krótki. Wiemy przecież, że u nas od formowania się pierwocin życia do powstania człowieka upłynęło znacznie ponad trzy miliardy lat.

Nie znamy czynników mogących przyspieszyć ten proces. Toteż przedział czasowy tego rzędu wydaje się konieczny, w wypadku ewolucji każdej biosfery białkowej typu ziemskiego. Trudno natomiast orzec, jak przebiega ten proces w oparciu o inne struktury chemiczne. To jeszcze jeden ważki argument za ograniczeniem ogólnych rozważań o psy-chozoach do form znanych przynajmniej pod tym względem. W taki sposób możemy wiedzę o ziemskiej biologii przenosić na kosmiczne formy rozumnego życia, oczywiście z umiarem i ze świadomością podjętego ryzyka. Jest to chyba jedyny mocny punkt zaczepienia. Dotkliwie go nam brakuje w dziedzinie filozofii, socjologii, psychologii oraz wszelkich nauk zajmujących się duchowymi właściwościami gatunku Homo sapiens. Mamy bowiem prawo przypuszczać, że emocjonalno-intelektualny świat Człowieka jest naszą hermetyczną własnością. Sprawdzenie tego stanie się możliwe przy konfrontacji z Innymi.

Pisząc o życiu białkowym we Wszechświecie oraz o cywilizacjach wyrosłych z gleby takich biosfer, zastanawiając się nad losami takich cywilizacji (co pociąga nas o tyle, że mieści w sobie także naszą własną przeszłość), ani na chwilę nie tracę z oczu faktu, że nie próbuję przedstawić panoramy całej

108

egzobiologii, choćby w najogólniejszych zarysach, lecz tylko drobny jej fragment. Wybór tego fragmentu nie jest przypadkowy. Gdyby Ziemię zasiedlali krzemowcy, falowcy, światłożercy lub jeszcze inne plemię rozumne, którego istnienia w bioko-smosie nawet nie przeczuwamy — tematem tej książki nie byłaby ewolucja białek zanurzonych w wodzie.

Z tego względu uważam za konieczne choćby • szkicowo przedstawić to, co stanie się chyba metodologią wszechstronnej egzobiologii wtedy, gdy ta nauka rozwinie się w zgodzie z duchem czasu, w oparciu o możliwości badawcze stwarzane przez rozwój dzisiejszej wiedzy (cybernetyki, astronautyki, nauk astronomicznych i biologicznych) oraz pod naporem wzrastających potrzeb. Jest to więc obraz futurologiczny, który dotyczy niedalekiej przyszłości.

Egzobiologia stwarza komplikacje takiego rodzaju, jakich nie znamy w biologii. Stanowi to zarazem jej słabość i nadzwyczaj wysoki pułap naukowych ambicji. Głównym problemem jest tu, powiedzmy szczerze i dobitnie — nieznajomość bazy startowej. Nie jest to znajomość niezupełna, lecz kompletny jej brak. Za taką bazę nie powinniśmy uznawać poznania biosfery jednej planety — skoro sądzimy, że istnieje niezliczone mnóstwo biosfer. Ponieważ jednak w każdym badaniach naukowych szuka się punktu oparcia, owej dźwigni Archimedesza pozwalającej podnieść kulę ziemską — w egzobiologii sam się narzuca naturalny punkt odniesienia, którym jest przyroda Ziemi: życie jako takie oraz szczytowy jego owoc — kultura Ziemian.

Teoretyczny dowód, że materia może samorzutnie skomplikować swoją budowę do tak zadziwia-

109

jącego stopnia organizacji, jaką stanowi żywa komórka — jest niemożliwy do przeprowadzenia przy dzisiejszym stanie wiedzy. Tę jej umiejętność przyjmujemy wszakże bez dowodu — ponieważ komórka istnieje. Uznajemy również za pewnik występowanie tak bardzo złożonej organizacji, jaką jest mózg ludzki, a nawet, powiedzmy konkretniej, mózg ludzi takich, jak Demokryt, Kopernik, Darwin. Tymczasem szeroko pojęta egzobiologia stawia przed nami wymagania, które na pobieżny rzut oka wydają się, niewykonalne. Jeśli chcemy przystąpić do rzeczywiście wszechstronnej analizy życia we Wszechświecie, to powinniśmy spełnić dwa warunki. Po pierwsze, oprzeć się na pewniku, że w przy-, rodzie występuje Życie jako pojęcie bardzo ogólne; jako forma kierunkowego rozwoju



materii nie tylko wysoko uporządkowanej, ale stosunkowo długo zachowującej ten swój porządek (przez cały czas trwania życia organizmu) wbrew powszechnemu prawu wzrostu entropii. Drugi warunek, to wyrzeczenie się nie tylko antropomorfizowania, czyli rozpatrywania zjawisk po linii naszych utartych, ludzkich pojęć, lecz również ekstrapolacji jakichkolwiek znanych postaci gatunków istot żywych na biosfery innych globów.

Wszystkim tym, którzy ochoczo perorują o prawach dialektyki, ale nie rozumieją ich giętkości — rzuca się w oczy domniemana nieosiągalność wyobrażenia sobie czegoś, co nie posiada pierwowzoru w pojęciach znanych bądź z autopsji, bądź z pewnych znaków kulturowych, rzekomo też nieodzownie opierających się na analogiach lub kombinacjach rzeczy i pojęć znanych bezpośrednio. Klasycznym przykładem jest powtarzany bezkrytycz- w niektórych filozoficznych wywodach argu-  
118

ment Pegaza, którego ponoć możemy sobie uzmysłować wyłącznie dlatego, że znamy konia i ptaka.

Rzeczywistą trudność przedstawia natomiast dotrzymanie drugiego warunku — przy niezbędnym, mimo wszystko, oparciu się na pierwszym jako platformie startowej dla badań i przemyśleń. Pewnik bowiem, że życie jako takie występuje w przyrodzie — zawdzięczamy w sposób oczywisty doświadczeniu wypływającemu z dwóch faktów: że sami żyjemy oraz że znamy inne organizmy żywe nie należące do rodzaju Homo.

Zaniedbując tę świadomość, zdegradowalibyśmy pewnik do poziomu bardzo luźnej hipotezy. I odwrotnie, nadmiernie eksponując wiedzę o istnieniu życia jako organizacji materii, postulując przekształcanie się we wszelkich warunkach fizykochemicznych materii martwej w żywą, stworzylibyśmy swoisty kanon przyrodniczej wiary. Stanowisko pierwszego typu zepchnęłoby egzobiologię na pozycje probabilistyczne, drugie zaś skierowałoby ją w nurt dogmatyzmu.

Konieczne jest tu zachowanie złotego środka: uchronienie przedmiotu badań zarówno przed zbytnią pewnością siebie, jak też asekuranckim zwątpieniem w skuteczność dociekań. Nauka, godna tego miana, nie tylko może, ale nawet powinna rozważać każdą postawioną hipotezę, choćby sprzeczną z poznanymi prawami przyrody i z tak zwanym zdrowym rozsądkiem.

Prawa przyrody znamy co najmniej w sposób niepełny, ponieważ zachodzi racjonalne podejrzenie, iż w niektórych wypadkach interpretujemy je subiektywnie. A nawet niewykluczone, że czynimy to zawsze. Wynika stąd, że istota rozumna wyposażona w inne zmysły i w związku z tym budująca taką aparaturę badawczą, która jest przedłużeniem,

A

subtelnym i dociekliwym spotęgowaniem tych właśnie zmysłów — może dojść do jakościowo innego opisu poszczególnych • fragmentów rzeczywistości, sprzecznego z obrazem przez nas ugruntowanym. Natomiast zdrowy rozsądek to pojęcie wtórne, oparte wyłącznie o nasze własne, ludzkie widzenie świata — więc zdecydowanie subiektywne.

Egzobiolog niedalekiej przyszłości, powołany do rozpatrywania wszelkich form życia mogących wchodzić w skład biokosmosu, powinien wprowadzić siebie w rolę aktora będącego fikcyjnym „obiektywnym rozumem” — odseparowanym od świata rzeczywistości, który zrodził ten rozum. O tym, że życie istnieje w przyrodzie, wie on z całą oczywistością. Uświadomiwszy sobie ten fakt, teoretyk kosmicznych biosfer powinien „zapomnieć” skąd to wie, i dopiero z tej pozycji tworzyć w umyśle logiczne jakościowe konstrukcje Życia, oparte wyłącznie o znajomość materii na jej najniższych piętrach — tak w fizyce (budowa atomu) jak i w chemii (struktura cząsteczki). Jedynie takie podejście może nas uchronić przed

rozpoczęciem rozważań od plagiatu Natury, czyli od życia uformowanego z białek zanurzonych w wodzie.

Nowe zdobycze fizyki i chemii z każdym rokiem wydatnie rozszerzają krąg takich poszukiwań. Jako jeden z mnóstwa przykładów, można zacząć budowanie modelu Życia od założenia, iż najspodobniejszym źródłem energii dla metabolizmu ustrojów żywych są przemiany radioaktywne. Wbrew pozorom, w skali wszechstronnej egzobiologii nie jest to bynajmniej model bardziej ekscentryczny od ziemskich wzorów. Na tym poziomie badań nie możemy bowiem przyjąć za podstawę znanych nam białek zanurzonych w wodzie. Nie powinniśmy ich traktować bardziej „ogólnie” w stosunku do cało-

112

kształtu biosfery Kosmosu niż entomolog traktuje muchą domową w zestawieniu z paroma milionami gatunków owadów istniejących na Ziemi.8)

Inny badacz może wziąć za punkt wyjścia, że życie opiera się na gotowych postaciach energii: wszak „zapomniał”, jak wygląda życie doświadczalnie sprawdzone, więc nie ma powodów mniemać, iż metabolizm powinien się opierać tylko na przemianach chemicznych — zamiast, przykładowo, na powstawaniu, elektronu w wyniku przemiany neutronu w proton w procesie beta.9)

Ten przykład wcale nie jest skrajny, ani się nawet nie zbliża do kresu możliwości stawiania koncepcji w tej dziedzinie — chociażby z przyczyny, iż takiego kresu nie ma. A jeśli w ogóle można o nim mówić, to z koniecznym zastrzeżeniem: „...zgodnie z tym, co wiemy w roku 1982”. Co śmielsi przekraczają te granice. Im dalej przenikają w przyszłość, tym większej odwagi i wyrozumiałości potrzeba, aby uszanować ich trud tworzenia nowego; a te dwa piękne przymioty nie są najpospolitsze w świecie, w którym żyjemy.

Niektórzy uczeni puścili się na takie ryzyko już w dziewiętnastym wieku. Na przykład W. Preyer

8) Choć dotychczas zewidencjonowano tylko około 900 000 żyjących gatunków owadów — uważa się za pewne, że ach liczba jest kilkakrotnie większa (zdaniem niektórych specjalistów sięga 12 milionów).

Wciąż mowych 'Odkryć dokonuje się nie tyUko w tnidno dostępnych rejonach teuli ziemskiej: kilkanaście lat temu znany entomolog z Bytomia, Marian Bielewicz opisał w Biiesizozadaich cztery gatunki małych motyli, nieznanymi nauce.

9) Analogicznie „postawił problem na głowie” wybitny amerykański fizyk teonetyk (emigrant rosyjski) George Ga-mow — nie w egzobiologii, lecz w kosmologii: założył, że początkowo Wszechświat składał się z energii, a dopiero gdy się „zmaterializował” — powstały (galaktyki).

8 Biokoamos t. I

113

opracował modną; w swoim czasie teorię pirozoów. Jego zdaniem, życie istniało na Ziemi już wówczas, gdy skały jej powierzchni były roztopioną magmą. Najstarsze, wulkaniczne formy życia — piroza („zwierzęta ogniowe”), miały być przodkami dziś istniejących gatunków. Współczesna biologia nie widzi szansy przejścia od form ogniolubnych do białek zanurzonych w wodzie. Trudno jednak wykluczyć, że coś w typie pirozoów odkryjemy na jakiejś skwarnej planecie.

Życie w formach niższych występuje w Komosie pospoliej niż gatunki rozumne, które stworzyły własne cywilizacje. Można to uznać za pewnik. Jest przecież oczywiste, że życie, gdziekolwiek powstaje, pnie się wzwyż od najprostszych bezstruktural-nych form związków organicznych, zaś dla osiągnięcia odpowiednika ssaków, a tym bardziej psy-chozoów — wymaga tych paru miliardów lat rozwoju, jakimi rozporządzała ewolucja ziemskiej biosfery. Nawet jeśli istnieją czynniki, które mogą ten proces znacznie skrócić (co wydaje się mało prawdopodobne — może

tylko dlatego, że ich nie znamy), to droga od ustrojów prostszych do coraz bardziej złożonych jest nieunikniona. Muszą więc występować takie globy, na których zabrakło bądź czasu, bądź jakiegoś innego warunku rozstrzygającego o osiągnięciu tego najwyższego z poznanych szczebli, jakim jest Rozum.

Na przekór temu, egzobiologowie poszukują przede wszystkim jestestw myślących — więc owocu rozwoju materii występującego rzadziej od niższych form życia.

Powodem takiego kierunku dociekań jest nie tylko to, że inteligentni kosmiczni bracia pasjonują nas znacznie bardziej niż mech, robak albo rybokształtny zwierz w oceanie obcej planety. Chodzi o to, iż — prawem paradoksu —

114

choć więcej jest globów o prymitywnych biosferach niż będących sceną cywilizacji, być może najpierw odkryjemy jakieś rozumne społeczeństwo.

Wcześniejsze formy życia jesteśmy w stanie, przy dzisiejszych możliwościach technicznych, znaleźć tylko w Układzie Słonecznym. Szansę występowania tam pozaziemskich biosfer są niewielkie; na dobitkę, kurczą się w miarę coraz świeższych danych.

Cały Układ Słoneczny jest w zasięgu naszych sond zwiadowczych. W ciągu najbliższych dziesięcioleci człowiek będzie mógł osobiście dotrzeć w każdy dowolnie odległy jego punkt oraz wylądować na tych obiektach, które się do tego nadają. Dlatego w nadchodzącym półwieczu powinniśmy ostatecznie sprawdzić, czy i jakie życie krzewi się poza Ziemią w rodzinie Słońca.

Takiego negatywnego dowodu nigdy nie uzyskamy w kwestii Galaktyki, ani — tym bardziej — Wszechświata. Trudno przecież sądzić, abyśmy podołali przebadaniu, choćby zdalnie, ponad 200 miliardów gwiazd Układu Drogi Mlecznej, ustalić które z nich posiadają planety — iż kolei zająć się poszukiwaniem na nich życia.

Dlatego ewentualne stwierdzenie kiedyś, że wśród tysiąca lub miliona planet wszystkie są jałowe — w żadnym razie nie będzie dowodem, iż nigdzie poza Ziemią nie istnieje życie. Gdybyśmy nawet (wbrew temu, co wydaje się wykonalne) dokładnie spenetrowali całą Galaktykę — to przecież ona stanowi tylko nikłą cząstkę Kosmosu, wyspę w oceanie próżni. W zasięgu największego teleskopu znajduje się kilkadziesiąt miliardów galaktyk, a przypuszczalnie jest to zaledwie drobny rejon Wszechświata.

Przy dzisiejszych metodach obserwacyjnych nawet nie próbujemy dociekać, czy w układach innych gwiazd istnieje życie w formach niższych od

115

szczebla Rozumu (np. przez stwierdzenie obecności związków białkopodobnych, barwników typu chlorofilu, itd.) Jedyna droga to poszukiwania bądź wywoławczych sygnałów, bądź symptomów działań astroinżynierskich, o których będzie mowa.

Między innymi dlatego tematem przewodnim tej książki nie jest różnorodność życia w biokosmosie jako taka — lecz społeczeństwa istot rozumnych, z naciskiem na możliwości ich osiągnięć kulturowych i cywilizacyjnych, oraz ich drogi rozwojowe w konfrontacji z naszą własną historią i z dyskutowanymi modelami przyszłości, jaką sobie stworzymy. Przygotowaniem do tych rozważań jest rozpatrzenie w przestrzeni i w czasie ogólnej panoramy, na której rodzą się, rozwijają i urzeczywistniają siebie aktorzy największej sceny, jaką stanowi Wszechświat: świadomi własnej osobowości, własnych dążeń i czynów nasi rozumni bracia, a wśród nich także my sami.

Rozdział IV

#### ZAZIEMSKIE SKAMIELINY

Planety oraz ich księżyce grupują niemal całą materię, która okrąża Słońce. Pod względem masy reszta ciał naszego układu jest zaniedbywalna. Mimo to, są one wielokrotnie liczniejsze od poprzednich. Poznanym dziesięciu planetom i około 40

księżycom da się przeciwstawić setki komet oraz tysiące planetoid. Co więcej, w obu tych grupach obiektów kosmicznych stosunek odkrytych do faktycznie istniejących jest zgoła odmienny. Można zaryzykować twierdzenie, że Układ Słoneczny nie zawiera więcej niż kilkanaście planet i sto kilkadziesiąt satelitów (Jowisz może ich mieć setkę). Tymczasem zarówno w wypadku komet, jak planetoid — liczba ich jest co najmniej rzędu stu tysięcy. Nie mówiąc o miliardach masywnych meteorów i nieprzeliczonym mrowiu drobnych kosmoli-tów wielkości grochu, które uwznioślają piękno pogodnych nocy delikatnymi smużkami „gwiazd spadających”, a znacznie rzadziej rozbłyskują ogniem jasnego bolidu. Cały ten piarg kosmiczny ma doniosłą wagę dla naszego tematu.

Pochodzenie planetoid, komet i meteorów jest dalekie od ostatecznego wyjaśnienia. Bez względu na to, czy je cechuje wspólny rodowód, mają wiele

117  
 zbieżnych właściwości. Planetoidy różnią się od meteorów tylko pokazniejszymi rozmiarami. Dolna granica wielkości pierwszych oraz górna — drugich, jest czysto umowna. Nawet nie została ściśle zdefiniowana. Najdrobniejsze zarejestrowane planetoidy mają średnicę paruset metrów. Obiekt trzydzie-stometrowy może być opisany przez jednych autorów jako planetoida, a przez innych — meteor. Żadne z tych wszystkich ciał nie jest na tyle duże, byśmy mogli snuć przypuszczenia, że obecnie krzewi się tam życie. Istnieją natomiast poważne sugestie, iż cały ten rumosz skalny powstał z rozpadu większego globu typu Ziemi, który posiadał hydrosferę, atmosferę i biosferę. Ponieważ rozpatrujemy nie tylko bieżący stan życia w Systemie Słonecznym, lecz również przeszłe dzieje, z tego punktu widzenia interesują nas wszystkie trzy wymienione grupy ciał kosmicznych. Rozpocznijmy przegląd od planetoid, gdyż stanowią klucz do rozważenia minionej historii świata, którego już nie ma, a być może stanowił scenierię bujnego życia, Wymazaną z map nieba przez gwałtowną katastrofę w epoce znacznie wcześniejszej niż na Ziemi pojawił się człowiek.

W badaniach Układu Słonecznego, planetoidy to swoisty problem. Wliczając najdrobniejsze, może ich być nawet milion, z czego oko astronoma oglądało (wizualnie, bądź na kliszy fotograficznej) najwyżej kilkadziesiąt tysięcy. Historia odkrycia tych obiektów jest pełna emocji. Dawno zauważono, iż rozmieszczenie planet wykazuje zastanawiającą nieregularność. W zasadzie, im dalej od Słońca, tym wzajemne ich odległości wzrastają proporcjonalnie. Istnieje wszakże pewna rysa na tym obrazie: jego symetrię wyraźnie zakłóca zbyt rozległa przerwa między orbitami Mar-

118 •

są i Jowisza. Już w początkach XVII W7-"Kepler zwrócił uwagę na tę anomalię sugerując, że zapewne krąży tam jakaś niewielka planeta. Poszukiwał ją przez lunetę i zachęcał do tego innych.

Minęło 150 lat, kiedy przypomniano sobie o tym w związku z odkryciem astronoma z Wittenbergi, J. D. Titiusa, że odległości planet Układu Słonecznego spełniają regułę:

$$a = 0,4 + 0,3 n$$

gdzie n przybiera kolejne wartości 0, 1, 2, 4, 8, 16, 32. Znano wówczas sześć planet. Tak wyglądała tabelka opublikowana przez Titiusa:

Planetan	Odległość przewidywana w j. a.	Odległość rzeczywista w j.a.
Merkury	0	0,4
Wenus	1	0,7
Ziemia	2	1,0
Mars	4	1,6
?	8	2,8
Jowisz	16	
Saturn	32	
		5,2 10,0
		0,39 0,72 1,00 1,52 ? 5,20 9,54

Jak widać na pierwszy rzut oka, ta współzależność (obecnie nazywana regułą Titiusa-Bodego) dobrze zgadza się ze stanem rzeczywistym — lecz pod warunkiem,

że między Marsem a Jowiszem zostawi się miejsce na hipotetyczną w tamtych czasach planetę. 1) ;

Publikacja Titiusa zdopingowała do systematycz-

1) Spośród odkrytych później obiektów — nie tylko środek piętścŁeinia iplaneloid, lecz również Uran i Pluton zajmują pozycje zgodne z przewidywaniami (ożyli n równe — odpowiednio — 8, 64, 128). Natomiast Neptun jest w tym ujęciu niejako globem nadprogramowym.

119

l t.

nychposzukiwań przepowiedzianej planety. Związało się w tym celu specjalne międzynarodowe towarzystwo złożone z wybitnych astronomów. Tymczasem nie należący do tego grona Giovanni Piazzzi, włoski astronom w Palermo, w północ sylwestrową otwierającą dziewiętnaste stulecie zauważył w gwiazdozbiornie Byka dość jasny obiekt teleskopowy, który znacząco przesunął się pomiędzy gwiazdami w porównaniu z obserwacją sprzed kilku dni. Była to poszukiwana planetar której odkrywca dał imię C er es — opiekuńczej bogini Sycylii.

Na jakiś czas stracona z oczu wskutek pochmurnej pogody, została po roku odszukana w obserwatorium krakowskim przez Jana Śniadeckiego. W miesiąc później (marzec 1802 r.) tenże nasz znakomity uczony odkrył drugą niewielką planetę. Okazało się jednak, iż niezależnie od niego, i nieco wcześniej, znalazł ją Heinrich Olbers w Bremie i nazwał Pallas. W 1804 i 1807 r. wciągnięto na tę listę jeszcze dwa podobne obiekty, które też otrzymały imiona bogiń z rzymskiej mitologii: Juno i Vesta. N

Astronomowie przywykli niebawem, że zamiast domniemanej jednej transmarsyjskiej planety krążą w tamtym rejonie cztery niewielkie ciała, które nazwano planetoidami (używa się też określeń: pla-netki, lub asteroidy). Lecz i ten obraz się zmienił: po 37-letniej przerwie odkryto piątą, a odtąd przybywało ich każdego roku. Kilka nowych metod poszukiwania planetek z pomocą astrografu (specjalnego przyrządu do fotografowania nieba) dało tak obfity plon, że już w 1895 r. znano 409 asteroid. Sięgając do przykładów z nowszych czasów, w 1933 r. jeden tylko astronom K. Reinmuth odkrył w obserwatorium w Heidelbergu 134 takie ciała kosmiczne (24 lipca ujawnił na jednej kliszy aż

120

10 nieznanym planetek). Obecnie, dla uniknięcia zalewu danych, utrzymuje się w ewidencji i oblicza efemerydy<sup>2)</sup> tylko niektórych planetoid. Wybiera się większe lub z jakichś względów ciekawe, np. o bardzo wydłużonej orbicie, albo szczególnie dużych wahaniach blasku. Ten rejestr zawiera około 2000 asteroid. Planetki obiegają Słońce w kierunku prostym, czyli zgodnym z posuwaniem się wskazówek zegara

— tak samo jak planety. Tory tych drobnych obiektów bywają silnie wydłużonymi elipsami, co upodabnia ich drogi do orbit kometarnych. Dotyczy to zwłaszcza bardzo małych asteroid.

- Największa z nich, Ceres, ma średnicę około 800 km, Pallas — 500, Yesta — 400, Juno, Iris i He-be — po 200. Są to oceny niezbyt dokładne, ze względu na słaby blask tych ciał kosmicznych. Znamy 32 planetki o średnicy ponad 100 km.

Większość zewidencjonowanych ma średnicę rzędu 30 km, odkrywane zaś obecnie są zazwyczaj jeszcze drobniejsze. Planetoidy o średnicy 1—2 km, zapewne występujące najpospoliciej, można dostrzec tylko jeśli znacznie zbliżają się do Ziemi. Jedna z takich, Adonis, nie przekracza 400 m.

Tylko najokazalsze planetoidy możemy sobie wyobrazić jako globy w ścisłym znaczeniu tego słowa, o pejzażach typu księżycowego, ale znacznie bardziej skróconym widnokregu. Na powierzchni innych czulibyśmy się raczej jak na

zewnątrznym pancerzu stacji kosmicznej. Weźmy dla przykładu Amora, średnicy około 2 km. Waga dorosłego człowieka wyniesie tam tyle, co dużego chrząszcza. Tytaniczna — w tej proporcji — siła naszych mięśni

2) Położenie na tle igwiazd w różnych datach, pozwalające obserwacyjnie odmałeżyć obiekt toasmiiczny.

121

sprawi, że kamień rzucony w górę stanie się meteorem krążącym wokół Słońca. A rekordy sportowe — strach pomyśleć! W skoku wzwyż osiągnęlibyśmy 40 km, z tej odległości oglądając pla-netkę startu jako postrzępioną tarczę dwukrotnie większą niż u nas Księżyc w pełni. Opadlibyśmy na jej powierzchnię po czterech godzinach, łagodnie, bez żadnej kontuzji. Jedna bomba wodorowa wystarczy, aby cały ten skalny świat obrócić w pył.

Blask wielu planetoid zmienia się okresowo w cyklu kilku lub kilkunastu godzin, nieraz w dość dużych granicach. Już przed wojną podejrzewano, iż jest to skutek wirowania obiektów o nieregularnym kształcie. Ostatecznie potwierdziły to obrazy obu księżyców Marsa (będących asteroidami schwytanymi przez Czerwoną Planetę) na zdjęciach przekazanych z Mariner 9. Przez analogię wiemy dziś, że Eros, który okresowo znacznie zbliża się do Ziemi, jest blokiem skalnym o wymiarach około 35X16X7 km, czyli wielkości łańcucha Tatr Wysokich.

Te nieregularności kształtu planetoid umocniły uczonych w poglądzie, że wszystkie one stanowią produkt rozbicia „normalnej” planety, krążącej niegdyś pomiędzy orbitami Marsa a Jowisza. Badacze radzieccy nawet nadali nazwę tej domniemanej praplanecie: Faeton.3) Niektórzy astronomowie przypuszczają, że krążyła po bardzo wydłużonej

3) Postać została trafnie dobrana do sytuacji. Syn greckiego boga Słońca — Heliosa, poprosił ojca, aby mógł jeden raz powozić jego ognistym rydwanem. Przerażony wysokością, Faeton obniżył lat rumaków, oo groziło spalaniem Ziemi. Kiedy Dzeus spostrzegł pierwsze symptomy kataklizmu: pocernianie skóry Etiopów oraz obrócenie żyznych pól saharyjskich w pustynię — zataił Faetona uderzeniem pioruna i strącił go w nurt rzeki Erydaam.

122

elipsie, przez to nadmiernie zbliżając się do Jowisza. Podczas jednego z takich niebezpiecznych przejść siły przepływowe tego olbrzyma spowodowały rozerwanie globu na strzępy.

Jest to jedna spośród kilku dyskutowanych hipotez powstania planetoid. Niektóre przypisują katastrofę działaniu niezrównoważonych sił wewnętrznych tego ciała, inne — zbyt szybkiej jego rotacji. W 1955 r. opublikowałem własną hipotezę, w myśl której asteroidy powstały ze zderzenia dwóch planet, z których jedna krążyła po elipsie wysuniętej nie ku Jowiszowi, lecz odwrotnie, w stronę Ziemi, zaś satelitą drugiej, posiadającej biosferę, był Mars.

Są to problemy trudne do rozstrzygnięcia, bo jeśli takie rozbicie albo zderzenie przytrafiło się istotnie — upływ czasu rozproszył powstałe odłamki na tyle, że rozmieszczenie ich nie pozwala wskazać ani miejsca, ani charakteru katastrofy. W dalszym ciągu dla uproszczenia będziemy mówili o jednej planecie (umownie nazywając ją Faeto-nem), z której szczątków mogły powstać planetoidy, meteory i komety.

Trzeba jednak zaznaczyć, że grupa „katastroficzných” hipotez powstania tych obiektów nie stanowi jedynych prób wyjaśnienia ich genezy. Niektórzy badacze są zdania, iż te drobne ciała kosmiczne powstały tak samo jak planety i równocześnie z nimi — z obłoku pyłowo-gazowego otaczającego młode, dopiero co ukształtowane Słońce. W obu wypadkach musimy jednak w kwestii komet uznać tworzenie się ich również w późniejszych epokach, aż do naszych czasów — gdyż są

to ciała zbyt nietrwałe, by mogły nie rozpaść się przez tak długi okres.

Planetoidy budzą żywe zainteresowanie z astro-  
123

nautycznego punktu widzenia. Warto pokrótce wyjaśnić, jakie korzyści przyniesie użycie tych skalnych bloków do załogowych wypraw. Pozornie wydaje się to nieracjonalne: wszak można lecieć samodzielnie przez Układ Słoneczny po takiej samej orbicie jak asteroida. Tymczasem manewry związane z wylądowaniem na jej powierzchni, a później oderwaniem się, pochłoną dodatkową ilość paliwa.

Planetoida jest obiektem zbyt dużym, aby zaskoczyć załogę pojazdu. Zresztą i w tym wypadku — automatyczny pilot sprzężony z radarem uruchomiłby na moment silnik, dla dokonania uniku. Natomiast te bryły krążące po międzyplanetarnych przestworzach mogą uchronić astronautów od wielu niebezpieczeństw.

Współczesne statki kosmiczne nie mają, przy podróżach trwających miesiące albo lata, dostatecznego zabezpieczenia przed promieniowaniem szczególnie intensywnych wybuchów słonecznych, zagrażających życiu załogi. Ponadto, dotarcie choćby do orbity Merkurego wymagałoby wydatnej izolacji wnętrza kabiny od rozgrzanego pancerza pojazdu. Astronauci unikną tych kłopotów zagospodarowując się na planetoidzie. W wykutych w niej skalnych sztolniach i korytarzach będą poza zasięgiem wszelkich promieniowań, pod skuteczną osłoną na wypadek uderzenia meteoru. Wraz z Ika-rem można w ten sposób podejść do Słońca na 28 milionów km (dwukrotnie bliżej niż Merkury). Inna planetoida, Hidalgo, powiodłaby nas aż w okolice Saturna.

Badania asteroid są mocno brane pod uwagę w konkretnych planach - astronautycznych. Podczas gdy załogowe wyprawy ku tym drobnym ciałom niebieskim nastąpią chyba dopiero w początku

124

przyszłego wieku, już po zdobyciu Marsa — loty próbników przewiduje się na najbliższą przyszłość. Jednym z często dyskutowanych celów jest wspomniany Eros. Rozważa się możliwość wysłania tam pojemnika z odpowiednim oprzyrządowaniem podczas opozycji Erosa w 1982 r. Sonda powróciłaby na Ziemię po trzech latach, przywożąc próbki skał, zdjęcia i rozmaite analizy: plon studniowego pobytu na tym lilipucim globie. s

Na XXX Kongresie Międzynarodowej Unii Astro-nautycznej (Monachium, wrzesień 1979 r.) Olgierd Wołczek przedstawił trzy warianty badawczych misji planetoid.

Pierwszy zakłada przelot obok największej z nich, Cerery, z przekazaniem na Ziemię drogą radiową zdjęć jej powierzchni oraz wyników zdalnych obserwacji.

Trudniejszym projektem jest pobranie próbek pyłu i skał, wraz z dostarczeniem ich na Ziemię. Szczególny nacisk położył nasz uczyony na trzeci wariant, tak samo realny w granicach już osiągniętych możliwości technicznych.

Byłby to złożony lot okrężny, przewidujący znaczne zbliżenie do kilku lub nawet kilkunastu planetek. Próbnik należałoby zaopatrzyć w automatyczny układ napędowy, którego prototyp, już gotowy w Stanach Zjednoczonych, ma być sprawdzony w działaniu — podczas jednego z pierwszych lotów wahadłowca. Ten raketowy silnik jonowy, nazwany SEPS (Selar Electric Propulsion Stage — Słoneczno-Elektryczny Stopień Napędowy) zasila energią promieniowania słonecznego. Sonda przebywałaby w pierścieniu planetoid około dziesięciu lat. Biorąc pod uwagę postęp techniczny do czasu spełnienia tego przedsięwzięcia, można rozbudować program o lądowanie na niektórych asteroidach w celu pobrania

125

chni. Ze względu na zbieżny kierunek lotu próbnika i planetek, oraz małą siłę przyciągania tych drobnych obiektów, takie manewry nie pochłoną zbyt dużo

energii.

Przebadanie znacznych różnic albedo<sup>4)</sup> poszczególnych planetoid doprowadziło ostatnio do ciekawych wniosków. Przypuszcza się, że zachodzi dość wyraźna współzależność budowy oraz położenia tych obiektów. Porównując ich skład mineralogiczny z meteorytami, krążące bliżej Ziemi odpowiadają typowym meteorytom kamiennym, zaś na peryferiach zewnętrznych — chondrytom węglowym. Za chwilę przekonamy się, że te drugie powinny być nader interesujące dla egzobiologii.

Nie mając jeszcze próbek, pobranych z planetoid, musimy zadowolić się tym, co posiadamy. Prócz skalnego materiału przywiezionego z Księżyca, jedyną pozaziemską substancją, z jaką styka się człowiek, i to od niepamiętnych czasów, są meteoryty.

Liczne wzmianki o nich spotykamy w kronikach, począwszy od starożytności. W muzeach znajdują się okazy osiemnastowieczne, a nawet wcześniejsze — których data i miejsce upadku są znane.<sup>1)</sup> Tym bardziej dziwi, że aż do początku zeszłego stulecia uczeni z uporem wzbraniali się uznać real-

4) Albedo: stosunek ilości promieniowania odbitego we wszystkich kierunkach do padającego na daną powierzchnię. Wyraża się zawsze ułamkiem mniejszym od jedności. W wypadku planetoid, skrajne wartości albedo wynoszą: dla Nysy 0,38, dla Arethusy 0,02.

Ł) Najślynniejszym z dawno znanych meteorytów jest Czarny Kamień, wmurowany w ścianę świątyni Kaaba w Mekce. Być może, zmatologizowanyim • świadectwem jego zaobserwowanego upadku jest tradycja muzułmańska, że został przyniesiony z nieba przez archanioła Gabriela (a podczas potopu zabrany <do nieba na przechowanie).

•

126

ność spadania kamieni z nieba i zwalczali takie twierdzenia jako zabobon.

Na jednym z posiedzeń Francuskiej Akademii Nauk w 1790 r. sakramentalnie sztywna zazwyczaj atmosfera została naruszona kaskadami śmiechu. Bo oto przewodniczącemu przypadło w udziale odczytać coś tak kuriozalnego... Właśnie gniótł w rękę pismo nadesłane przez zarząd miasteczka Jouliaac w Gaskonii. Donoszono w nim, że kilkanaście • dni temu, 24 czerwca wieczorem, duży kamień runął z nieba.

Protokół podpisało trzystu świadków z merem na czele.

Na wniosek Alfonsa Bertillon, twórcy antropometrii, zebrani uchwalili wyrazić ubolewanie, iż Jouliaac ma tak głupiego mera, a zarazem ufa mu nadmiernie, co doprowadziło do zbiorowego wzmówienia w siebie halucynacji. W dalszym ciągu odpowiedź zalecała na przyszłość zwalczać podobne przesady.

Minęło trzynaście lat. W słoneczny dzień 26 kwietnia 1803 r. o godzinie 13 nad północną Francją pojawiła się ognista kula, z akompaniamentem potężnych detonacji. Rozgłos tego zjawiska i niesamowite wieści z nim związane, oraz fakt widoczności fenomenu również w Paryżu — sprawiły, że Francuska Akademia Nauk wydelegowała J. Biot<sup>6)</sup> do miejscowości L'Aigle, skąd nadchodziły niewiarygodne meldunki.

Ku zdumieniu paryskich uczonych, Biot nie zdementował „plotek i przesądów”.

Opierając się na zgodnych relacjach wielu świadków, odtworzył zdarzenie barwnie ale ściśle, przyrównując je do efek-

6) Jean Babtdste Btót (1774—1862), francuisiki fizyk, astronom i .geodeta, odkrywca zjawiska skrećania się płaszczyzny polaryzacji światła. W związku, z opisywanymi tu wypadkami bywa nazywany ojcem meteor ytologii.

12?

i-

tów bitewnych. Nad Yerneil, Falaise, Caen oraz innymi miejscowościami Normandii



ukazał się kłęb ognia szybko nadlatujący z południowego wschodu. Pięć do sześciu minut potem zahuczał ogłuszający grzmot, po nim szereg wystrzałów armatnich, grzechot kulomiotów, wreszcie straszliwy dudniący łoskot bębnow. W tym czasie nad L'Aigle płynął po niebie niewinny obłoczek znoszony wiatrem. Ku przerażeniu mieszkańców okolicy rozległ się przejmujący świst, któremu towarzyszył grad kamieni „jakby sypiących się z worka”. Kilkometrowy odcinek drogi pokryło mnóstwo różnorodnych okrucichów skalnych. Największe ważyły do 9 kg. Ogółem spadło ich około 3000. Te, które Biot przywiózł do Paryża i poddał badaniom, były obtopione na powierzchni, nadto zawierały nieznanne minera-

•ły-

Wydaje się pewne, że skład mineralogiczny asteroid i meteorytów jest taki sam. Nie oznacza to, aby był ujednoczony. Wprost przeciwnie: zarówno astronomiczne obserwacje planetek, jak też laboratoryjna analiza meteorytów — wskazują, że hipotetyczny Faeton był globem typu Ziemi, więc miał żelazonikłowe jądro, pośrednią warstwę sialu, płaszcz i powierzchniową skorupę z lżejszych skał, prawdopodobnie także hydrosferę i atmosferę. Pozostaje wyjaśnić, czy posiadał biosferę.

Małe planetoidy mają z reguły kształt niesymetrycznych bloków, natomiast niektóre największe są w przybliżeniu kuliste. Można sądzić, że drobniejsze pochodzą z pokruszenia bardziej zewnętrznych, kamiennych warstw planety, najmasywniejsze natomiast z głębszych pokładów skalnych i żelazonikłowego jądra, płynnych w chwili wybuchu, które po rozbiciu globu utworzyły wielkie „krople” średnicy paruset kilometrów, dość szybko stygnące na powierzchni, a z biegiem czasu także i w swoim wnętrzu.

Analogiczny obraz przedstawiają meteoryty, dzielone na szereg klas i mniejszych podgrup. Ujmując najogólniej, rozróżniamy aerolity, czyli meteoryty kamienne, zawierające głównie tlenki żelaza, magnezu i krzemu, dalej syderyty — żelazonikłowe, które składają się przeciętnie z 90% czystego żelaza i 8% niklu, z domieszką 0,6% kobaltu oraz innych pierwiastków, wreszcie syderolity (czasami nazywane mezosyderytami), o składzie pośrednim, gdzie bądź bryłki żelazoniklu są wtopione w zasadniczą masę kamienną, bądź odwrotnie.<sup>7)</sup>

Wśród wielu odmian syderytów (różniących się zawartością niklu, strukturą, topliwością i innymi cechami) występują oktaodryty i heksaedryty. Pierwsze poznajemy po obecności figur Widmanstatta, drugie zaś — linii Neumanna (nazywanych także pasmami Neumanna). Gładko wypolerowana powierzchnia oktaodrytu, poddana trawieniu rozcieńczonym kwasem azotowym, pokrywa się delikatną siatką przecinających się trójkątnych i czworokątnych rysunków. Linie Neumanna stanowią na przekroju heksaedrytu cienkie równoległe linie (czasami kilka systemów tych linii w jednym okazie), świadczące, że okaz składa się z warstwowo ułożonych płytek.

Rzuca to pewne światło na pochodzenie meteorytów. Figury Widmanstatta wskazują, że wytworzenie warunkujących je kryształów kamacytu

7) Do niedawna za osobną Masę uciroidały tektyty, które nazywano także meteorytami szklistymi. Dziś wiemy, że są to stopione i zastygłe w powietrzu „krople” ziemskich

minerałów, podczas Uiderań wielkich meteorytów (mogących już uchodzić za planetoidy) miotane na odległość setek km.

9 Blokcosmos t. I

129

i tenitu wymagało, aby stop żelazoniklu ochładzał się równomiernie przez wiele milionów lat, pod ciśnieniem milionów atmosfer. Mogło to przebiegać tylko wewnątrz masywnej planety. Natomiast linie Neumanna dowodzą, zdaniem wielu

specjalistów (ni.in. H. Uhliha), że we wnętrzu tego globu występowały nagłe zmiany ciśnienia, tzw. zmiany fazowe, co potwierdziłoby jedną z hipotez, tłumaczącą rozpadnięcie się tego globu niezrównoważeniem napięć w jego wnętrzu. W naszym temacie mieszczą się wyłącznie meteoryty kamienne. Przebadanie licznych aerolitów, pochodzących z wielu spadków zarówno współczesnych jak i dawnych, z rozmaitych regionów kuli ziemskiej, pozwala wyodrębnić 45 ich rodzajów. Przy wprowadzeniu tej systematyki wzięto pod uwagę skład chemiczny, strukturę, występujące minerały oraz morfologię, czyli ogólny wygląd.

Warto wtrącić, że wszystkie odmiany aerolitów zawierają sporo żelaza rozproszonego w ich mineralnej strukturze (przeciętnie około 25%). Nadto, w porównaniu ze skałami ziemskimi, posiadają znacznie więcej magnezu i siarki, a mniej glinu, sodu i potasu.

Cechą dzielącą meteoryty kamienne na dwie -wielkie grupy jest obecność lub nieobecność chondr. Są to okrągłe kulki, najczęściej wielkości ziarnka maku lub prosa (choć trafiają się rozmiarów grochu), o składzie mineralogicznym takim samym jak ich spoiwo. Z tego punktu widzenia, wszystkie aerolity możemy podzielić na chondryty — zawierające chondry oraz pozbawione ich achondryty. W meteorytach kamiennych znaleziono ponad 50 rodzajów minerałów, z których wiele nie występuje na Ziemi. Nadano im nazwy, najczęściej pochodne od meteorytu, w którym po raz pierwszy

130 -

zostały opisane.8) Stwierdzenie ich w badanej próbie przesądza o jej kosmicznym pochodzeniu.

W meteorytach ustalono obecność niemal wszystkich pierwiastków występujących w przyrodzie, a także krystaliczną odmianę węgla: diament (zwłaszcza w aerolitach). Te diamenty są bardzo drobne, więc nie przedstawiają wartości jubilerskiej ani przemysłowej. Istnieje natomiast mocno wyodrębniona klasa meteorytów kamiennych o sporej zawartości węgla pod „zwykłą” postacią, z towarzyszeniem wody i siarki. Są to chondryty węglowe. Właśnie one obchodzą nas szczególnie, gdyż stanowią — jak dotąd — najpoważniejszą poszlakę materialnych śladów pozaziemskiego życia.

Najstarsze wiarygodne wzmianki o tego typu materii kosmicznej pochodzą ze schyłku XVIII w. 16 czerwca 1794 r. w pobliżu miejscowości Valdi-chiana koło Sieny (Włochy) zauważono czerwoną kulę ognistą, która rozpadła się nad głowami obserwatorów. Znaleziono jej szczątki, pokryte woskowatą substancją, pachniały podobnie do spalonego prochu. Analogiczne zjawisko wspomina niemiecki fizyk Ernst Chladni: 8 marca 1796 r. z przelatującej po niebie rozżarzonej kuli spadł na Górnych Łużycach materiał o wyglądzie smoły.

Pierwszym chondrytem węglowym poddanym szczegółowemu badaniu był okaz, który pojawił się 15 marca 1806 r. nad Alais we Francji. Około godziny siedemnastej usłyszano w tamtym rejonie podwójną eksplozję, potem grzmot, wreszcie syk. Jeden odłamek zarył się płytko w ziemię na polach

8) Każdy meteoryt lub deszcz meteorytów otrzymuje nazwę zwykle od miejscowości, w pobliżu której spadł, bądź rejonu geograficznego. Dwa najbardziej anane polskie meteoryty (które stanowiły obfity deszcz kamienny), to Pułtuski z 30 stycznia 1888 r. i Łowicki z 12 marca 1035 r.

9\*

131

1

wioski Saint Etienne de Lolm, a drugi ściał koronę figowca we wsi Yalence. Konsystencja tych próbek była wyjątkowo luźna i przypominała czarny torf. W wodzie materiał rozpadał się podobnie jak glina, zaś podgrzany wydzieliał woń

pokrewną smole. Był tak miękki, że dało się rysować nim na papierze. W wilgotnym powietrzu te meteoryty szybko wietrzały, przypominając czarną próchnicę. Oba eksponaty zawierały żelazo.

Wśród uczonych, którzy przeprowadzali analizę meteorytu Alais, znalazł się znakomity szwedzki chemik i mineralog Jöns Jacob Berzelius (1770—1848), który z tej okazji wypowiedział w 1834 r. znamienne słowa: „Być może, jest to znak, że na innych ciałach niebieskich żyją nieznanne organizmy.” To zapoczątkowało uporczywe badania pod tym kątem widzenia.

W połowie ubiegłego stulecia, przy znacznie mniej wszechstronnych metodach analiz chemicznych niż obecnie, udało się w tego rodzaju meteorytach nie tylko określić zawartość węgla, wody związanej oraz siarki pod postacią żółtych bryłek. Już wówczas odkryto w nich rozpuszczalne składniki organiczne: węglowodory podobne do wosku ziemnego i parafiny, wielkocząsteczkowe związki o konsystencji żywicznej i rozmaite lepkie substancje, przeważnie jasnobrązowe, fluoryzujące w promieniach nadfioletowych.

Łączna masa znanych dziś chondrytów węglowych nie przekracza 50 kg. Pochodzą one z około dwudziestu spadków. Stanowi to 2% liczby znanych meteorytów kamiennych, pod względem wagowym zaś — bez porównania mniej. Zostały one zbadane tym wnikliwiej. Znaczne zróżnicowanie pod względem chemicznym pozwoliło podzielić je na trzy typy. Pierwszy wyróżnia znaczna zawartość

132

węgla (3—7%) i wody związanej (do 22%). Typ trzeci zawiera najmniej tych składników (0,5 do 2% węgla, około 2% wody), drugi zaś — wartości pośrednie. Momentem zwrotnym w dziejach poszukiwań materii pochodzenia biologicznego w meteorytach stał się artykuł opublikowany 18 listopada 1961 r. w znanym angielskim tygodniku naukowym „Nature” („Przyroda”). Dwaj badacze amerykańscy, George Claus z Ośrodka Medycznego Uniwersytetu w Nowym Jorku i Bartholomew Nagy z Katedry Chemii Nowojorskiego Uniwersytetu Fordham — donosili, że w trzech próbkach chondrytów węglowych znaleźli zastanawiające struktury, ostrożnie nazwane przez nich „elementami zorganizowanymi”. Wyodrębnili sześć rodzajów tych tworów.

Pierwsze to owalne ziarnka długości od 4 do 10 mikrometrów, z podwójną otoczką, miejscami zdeformowaną, która nieodparcie przypomina błonę komórkową. Drugi typ ma ścianki kanciaste, czasami bruzdkowane, z wyraźnym ogonkiem. Następne stanowią symetryczne tarczki. Czwarty rodzaj to krótkie, wyraźnie ścięte walce, piąty ma kształt orzecha włoskiego z ostrym kolcem. Wreszcie ostatnia grupa składa się z regularnych sześciokątnych cząstek o uporządkowanej budowie wewnętrznej, spowitych w kulistą powłokę. Wszystkie te struktury są mikroskopijne, rzadko osiągają 50 mikrometrów długości. Ogólny wydźwięk artykułu brzmiał: „Wydaje nam się, że odkryliśmy w meteorytach węglowych skamieniałe jednokomórkowe organizmy.”

Mówienie o komórkach, zamiast — ogólnie o substancjach biologicznych, nie było bezpodstawne: liczne spośród „elementów zorganizowanych” zawierały w swym wnętrzu odpowiedniki jądra ko-

133

f.?!\*' flf

mórkowego, a niektóre były wzajemnie połączone w sposób do złudzenia przypominający podział komórkowy. Claus i Nagy poddawali te struktury działaniu barwników stosowanych w mikrobiologii do identyfikowania drobnoustrojów oraz tkanek zwierzęcych i roślinnych. Przekonali się ze zdumieniem, że domniemane jądra komórkowe materii meteorytu rzeczywiście reagowały tak samo, jak jądra komórek organizmów ziemskich.

Również wiele dawało do myślenia, że rodzaj „zorganizowanych elementów” charakteryzujących się swoistym ogonkiem bardzo przypominał ziemskie skamieliny wiciowców: jednokomórkowych organizmów wodnych na pograniczu świata roślinnego i zwierzęcego, które uważamy za jedną z najstarszych grup istot żywych.

Zastanawiająca była także , obfitość odkrytych mikrocząstek, jednakowa w meteorytach wziętych z różnych muzeów i pochodzących z różnych spadków: każda miligramowa próbka zawierała około 1800 tych tajemniczych tworów.9)

Wspomnianego odkrycia dokonano w meteorycie Ivuna i w dwóch odrębnych próbkach meteorytu Orgueil. Pierwszy z nich spadł 16 grudnia 1938 r. w Tanzanii, na zachodnim brzegu jeziora Rukwa. Dostrzeżono lot trzech kamieni, lecz odszukano tylko jeden, wagi 705 g. Meteoryt Orgueil spadł 14 maja 1864 r. w południowo-zachodniej Francji. Dał się słyszeć donośny huk, po czym runęło około dwudziestu kamieni, z których największy miał rozmiar ludzkiej głowy. Znalezione okazy trafiły

8) Taikae zagęszczenie „elementów aorganicznych” budzi do dziś wiele (kontrowersji. Ostatnio austriacki uczony parol. Papp wyraził (przypuszczenie, iż „życie na obiektach macierzystych, z których pochodzą meteoryty węglowe, rozwijało się jeszcze bujniej niż na Ziemi”.

134

ra.in. do muzeów w Paryżu, Montauban (płd.-zach. Francja), Londynie, Nowym Jorku i Waszyngtonie. Okruch wagi 54,5 g znajduje się w zbiorach Uniwersytetu Wrocławskiego, stanowiąc jeden z cenniejszych okazów meteorytów w naszym kraju. Taki podział chondrytu węglowego Orgueil wyszedł na korzyść omawianych badań. Próbki analizowane przez Clausa i Nagy'ego pochodziły-z dwóch różnych miejsc: z Nowego Jorku i Waszyngtonu. Znalezienie w nich tak samo wyglądających niezidentyfikowanych mikrocząsteczek dawało rękojmię, że nie zostały one zaprószone podczas pobytu w muzeum.

Nie uspiło to jednak czujności obu badaczy, którzy skrupulatnie rozważali każdą ewentualność zanieczyszczenia meteorytów podczas lotu w atmosferze, w momencie upadku, w trakcie dalszego transportu, w samych muzeach, a nawet w laboratorium. Zarówno oni, jak kilku uczonych współpracujących z nimi w toku dalszych prac — wykazali rygorystyczną dbałość o rzetelne wyeliminowanie dostępu jakichkolwiek, choćby najdrobniejszych obcych ciał pochodzenia ziemskiego.

Badaniom poddano zarówno bakterie i pyłki kwiatowe z okolic upadku tych okazów, jak kurz w muzeach; także wodę, którą przemywano te minerały, i chemikalia stosowane do analiz. Tym sposobem udowodniono, że po przylocie na Ziemię meteoryty nie stykały się z niczym, co przypomina „elementy zorganizowane”.

Wyjątek stanowiło pewne podobieństwo jednego z rodzajów tych zagadkowych tworów do pyłków kwiatowych bożyby-tu.10) Po pierwsze jednak, nie dotyczyło to pięciu ło) Roślina zielna z Ameryki Północnej. Zawleczona drogą morską, rozprzasitrzeiniła się po Eunopie, kwitnie na rowach i miedzach.

138

pozostałych form. Po wtóre stwierdzono, że niezależnie od dość luźnej konsystencji chondrytów węglowych, „zorganizowane elementy” były wtopione w całą ich strukturę, a nie znajdowały się na powierzchni bądź w pęknięciach.

Eksperymentatorzy zgodzili się, że odkryte mikrocząsteczki są kosmicznego pochodzenia. Pozostało wyświecić, czy niegdyś były istotami żywymi.

Ten sukces pobudził do badań naukowców z innych ośrodków. Nowozelandzcy meteorytolodzy M. Brigs i G. Kitts zajęli się chondrytem węglowym Mokoia z 26 listopada 1908 r., którego główny okaz znajdował się w muzeum w Wanganui. Znalezli w nim również mikrocząsteczki wyglądające na pozostałości całych organizmów, a prócz tego — co miało doniosłe znaczenie — dużą ilość substancji

mogących być produktami rozpadu struktur probiologicznych typu koacerwatów. Z kolei poddano badaniom następane meteoryty węglowe, wśród nich Alais (Francja, 1806 r.) i Tonk (Indie, 1911 r.). We wszystkich próbkach znaleziono dość podobne „elementy zorganizowane”. Ponadto w meteorycie Murray (1950 r.) odkryto kilka rodzajów cukrów i aminokwasów.11)

Obecności tych związków nie można było uznać za ostateczny dowód odszukania materialnych pozostałości zaziemskiego życia. Świadczyły one tylko niezbitnie, że w materiale meteorytów dokonały się w ciągu długich epok przemiany chemiczne będące punktem wyjścia dla substancji żywych, lecz zdolne powstać w ramach syntezy nieorganicznej. To samo dotyczyło wybitnie odrębnego niż na Ziemi  
) W 1974 T. w tym samym okazie oraz w meteorycie Murchison udało się grupie Kvenvoldena w Ames (Kalifornia) odkryć 17 rozmaitych kwasów tłuszczowych, normalnie występujących w żywych komórkach.

m

wzajemnego stosunku izotopów węgla w badanych próbkach oraz izotopowego składu wody.

Dalszym krokiem naprzód w tym detektywistycznym tropieniu domniemywanych skamielin kosmicznych drobnoustrojów było wykrycie — po zastosowaniu szczególnie subtelnych metod badawczych — obecności w meteorycie Orgueil porfiryń zawierających wanad. Znany jest jako barwnik liści niektórych wydzielonych grup roślin względnie ludzi i zwierząt. Te związki weszły na drodze biologicznej do starych warstw osadowych i ropy naftowej. Wanadoporfiryń są też barwnikiem komórek dzisiejszych osłonek.12)

W tych badaniach, jak też w poprzednich Clausa i Nagy'ego, służył radą i wskazówkami laureat Nagrody Nobla, amerykański chemik Harold Urey, przeświadczony o pozaziemskim rodowodzie „elementów zorganizowanych”. Sądzi on na podstawie przeprowadzonych badań, że o biologicznym pochodzeniu substancji wyabstrahowanych z meteorytów Ivuna i Orgueil świadczą widma tych związków organicznych w nadfiolecie i podczerwieni.13)

u) Prymitywne zwierzęta z ciepłych mórz, długości 1—50 cm. Tworzą w systematyce podtyp słupowców (równoległy z kręgowcami). Osobliwością osłonek jest jednowarstwowa nabłonek wytwarzający wokół galaretowatą osłonkę, która zawiera tumicynę o składzie chemicznym zbliżonym do błonnika roślin. Sprawia to, że w publikacjach, pisanych nie przez biologów, osłonek bywają czasami określane jako „żyjątka pośrednie między roślinami a zwierzętami” (F. L. Boischke, „Z Kosmosu na Ziemię”, s. 383, PWN 1969) — co jest rażącym błędem.

13) Analizę widmową wykorzystuje się do subtelnych badań składu chemicznego meteorytów. Brooks i Shaw stwierdzili w 1973 r., że widmo niektórych nierozpuszczalnych materiałów smolistych, uzyskanych z chondrytów węglowych, jest w podczerwieni prawie tożsame z widmem zmierzonych pyłkopodobnych tworów z osadów prekambryj-

137

Nader pomysłowym sposobem próbowano rozstrzygnąć, czy badany meteoryt zawiera choćby ślady substancji optycznie czynnych: skręcających płaszczyznę światła spolaryzowanego.14) Posłużono się tu znowu trzema okazami meteorytu Orgueil, które od 1864 r. nieprzerwanie spoczywały pod szklanym kloszem w muzeum w Montauban, nie nosiły śladów farby, wosku ani innych znamion zabiegów konserwatorskich. Badania mikroskopowe wykazały, że pierwotna struktura meteorytu została zachowana. Do eksperymentu wybrano wyłącznie próbki z rozbitego wnętrza minerału. Dla porównania zanalizowano w ten sposób meteoryt Bruderheim, pył z muzeum w Montauban, wosk stosowany do hermetyzacji pojemników i rozmaite pyłki kwiatowe.

Substancja meteorytu Bruderheim nie wykazała aktywności optycznej — w przeciwieństwie do pyłków kwiatowych, wosku i kurzu z muzeum. Natomiast meteoryt Orgueil wyraźnie skręcał płaszczyznę polaryzacji światła w lewo!

Jest to poważna poszlaka, iż „elementy zorganizowane” to skamieniałości istot żywych z Kosmosu. Lecz sprawa pozostaje nadal otwarta. Wciąż jeszcze nie wiemy, co warunkuje lewoskrętność białek

stoich. W 1978, r. badania meteorytów Orgueil i Mumray potwierdziły to zjawisko. Wictoramasinghe skomentował je jako pochodzące od swoistych form „protokomórek” międzygwiazdnych: utajonych zarodków, mogących dopiero w „sprzyjających warunkach rozpocząć czynne życie. Według niego, ich winikami do atmosfery Ziemi miało zapoczątkować biogenezę.

) Jak była mowa w rozdziale II, przytłaczająca większość związków chemicznych, powstałych w wyniku przemiany materii żywych ustrojów, jest lewosferyczna — w przeciwieństwie do optycznie biernych tych samych substancji powstałych z syntezy abiotycznej.

138

ziemskich organizmów; ta właściwość wydaje się całkiem obojętna dla sprawnego ich funkcjonowania.

Nie ulega natomiast wątpliwości, że chondryty węglowe obfitują w takie związki chemiczne, bez których powstanie życia typu ziemskiego byłoby niemożliwe, gdyż stanowią one fundamentalny materiał budowy białek i kwasów nukleinowych. Prócz aminokwasów (w jednym tylko meteorycie Murchisona ujawniono ich 35 rodzajów) wchodzi tu m.in. kwasy tłuszczowe o długich łańcuchach, ciała silnie przypominające RNA, substancje białkopodobne, porfiryny i pirymidyny.

W grupie „katastroficznych” hipotez powstania planetoid, meteorów i komet przyjmuje się na ogół, że meteority żelazoniklowe pochodzą z jądra rozbitej praplanety, kamiennie-żelazne z warstw pośrednich, a kamiennie z płaszcza i skorupy tego globu. Narzuca się to z dużą siłą. Dalszy tok rozumowania każe przypuszczać, że chondryty węglowe to odpryski z samej powierzchni tej hipotetycznej planety, na co wskazuje duża zawartość w nich związków organicznych — bez względu na to, czy one są pochodzenia biologicznego.

Kiedy mogła się wydarzyć kosmiczna katastrofa, która tak zdmuchnęła tamto życie jak płomień świecy oraz jaki pułap zdażyło ono osiągnąć? Temu celowi służą badania wieku meteorytów. Mówimy o nim — w przeciwieństwie do planet — w podwójnym znaczeniu.

Wiek skalnego złoza na Ziemi datujemy (z pomocą zegara promieniotwórczego) od chwili, kiedy ono zastygło ze stadium płynnej magmy. Tą samą drogą szacuje się wiek meteorytów, osiągając (metodą argonowo-potasową i strontowo-rubidową) dość zgodną dla wszystkich znanych okazów lic-

139

zbę około 4,5 miliarda lat, co w przybliżeniu odpowiada wiekowi Układu Słonecznego. „Drugi wiek” meteorytów to okres, w ciągu którego krążą one samodzielnie, wystawione na oddziaływanie warunków przestrzeni międzyplanetarnej; a zarazem czas, jaki upłynął od katastrofy ich macierzystego globu.15)

Opracowano pomysłowy sposób zbadania tego wieku meteorytów. U progu lat pięćdziesiątych kilku uczonych (C. Bauer, H. Huntley, F. Singer) wykazało, że promieniowanie kosmiczne, bombardując meteory, musi wytwarzać w nich hel, którego trzecia część tworzy tzw. tritium (izotop oznaczany jako He<sup>3</sup>). Pozwala to jednoznacznie odróżnić hel powstały dopiero podczas samodzielnego krążenia meteoru wokół Słońca — od helu radiogenicznego, pochodzącego z rozpadu pierwiastków promieniotwórczych (który służy określeniu normalnego wieku

minerału). Pod tym kątem widzenia przebadano dotychczas skrupulatnie kilkanaście sydereytów (m.in. Mount Ayliff, Tamarugal, Toluca, Thunda). Wszystkie te analizy dały taki sam wynik: trzysta milionów lat!

Na Ziemi był to okres węglowy, kiedy istniało już życie w formach mocno zróżnicowanych, E udziałem licznych kręgowców (ryby w morzach, płazy i gady na lądzie). Jak przedstawiała się wtedy biosfera hipotetycznego Faetona? Być może, wskutek gorszych warunków klimatycznych (co najmniej trzykrotnie słabsze natężenie promieniowania słonecznego) zarówno biogeneza, jak dalsza ewolucja, przebiegały tam wolniej i doprowadziły tylko do mikroorganizmów o pokroju wiciowców

Is) „Trzecim wiefaiem” meteorytu można nazwać ciąg czasu od jego upadku na Ziemię.

140

(skamieniałych później w „elementy zorganizowane”) — jakie na Ziemi powstały miliard lat wcześniej.

Mogło być jednak inaczej. Wyobraźmy sobie pewien eksperyment. Pobieramy 20 próbek skał powierzchniowych z rozmaitych regionów kuli ziemskiej — celem porównania ich z dwudziestoma meteorytami węglowymi. Nie słyszałem, aby takie doświadczenie przeprowadzono, lecz jego wynik łatwo przewidzieć. Trzeba by nadzwyczajnego przypadku, aby chociaż w jednej z badanych ziemskich próbek trafiła się dobrze zachowana skamielina organizmu jakiegoś tkankowca (zwierzęcia lub rośliny). Natomiast przy równie subtelnym metodach badań, jak te, którym poddano chondryty węglowe — w każdym mineralu z powierzchni naszego globu znajdziemy skamieniałe drobnoustroje i pyłki kwiatowe. A jednak ziemskie złoża kryją odciski i odlewy niezliczonych tysięcy gatunków kręgowców, nie licząc innych form faunistycznych oraz flory. Być może, pewnego dnia rozwiązanie zagadki życia na nieznanym rozbitej planecie spadnie nam dosłownie z nieba — w postaci wizytówki zwierzęcia nie budzącej żadnych wątpliwości.

Wokół przypuszczalnych śladów życia, pozostawionych w meteorytach, wysunięto wiele zaskakujących, ale czasami także kuriozalnych hipotez. Jedną z nich można żartobliwie nazwać „pingpongową”. Dlaczego? Wyobraźmy sobie pewną kosmiczną grę, w której pomyslowym graczem jest ślepa przyroda. Aby uniknąć posądzenia o chęć ośmieszenia nauki — zamiast opisać tę hipotezę swoimi słowami, przytoczę fragment ze strony 324/325 zajmującej i rzeczowej książki czeskiego astronoma Josefa Sadila pt. „Planety” (PWN 1967):

„Według niektórych hipotez kosmogenicznych

141

Księżyc był pierwotnie ciałem samodzielnym (małą planetą) i dopiero później został schwytyany przez Ziemię. Tym samym została naruszona równowaga w układzie stosunkowo małych ciał obiegających w owym czasie wokół naszej planety i które wówczas zaczęły spadać zarówno na Księżyc (dając początek księżycowym kraterom i morzom) jak i na Ziemię. Jeżeli w tym okresie istniały już na Ziemi oceany, podczas eksplozji towarzyszących tym upadkom część ich wód mogła zostać wyrzucona do przestrzeni międzyplanetarnej, a następnie schwytywana przez Księżyc. W ten sposób mogły się dostać na Księżyc spory i zamarłe żywe organizmy, które tam zostały po prostu „odłożone” lub nawet przez pewien czas rozwijały się dalej w podpowierzchniowych jamach (dopóki woda przeniesiona na Księżyc z tych jam nie wyparowała lub nie wsiąknęła głębiej pod powierzchnię). Zgodnie z tym chondryty węglowe mogły powstać zarówno z mieszaniny achondrytów i zwykłych chondrytów o wysokiej zawartości żelaza, to jest z pierwotnej materii powierzchni Księżyca i upadających meteorytów, jak i z wody zawierającej resztki organizmów i związków węgla pochodzących z Ziemi.”

Zarzuty przeciwko tej hipotezie idą nie po linii nikłego prawdopodobieństwa, tylko urągania elementarnym prawom fizyki. Prędkość ucieczki z Ziemi wynosi 11,2 km/s, a wyrzucenie jakiegokolwiek ciała z naszego globu na Księżyc wymaga tylko nieznacznie mniejszej szybkości. Niedorzeczne jest sugerowanie, że upadek planetoidy w ocean mógłby spowodować tryśnięcie fontanny wody z prędkością kilkanaście razy większą od kuli karabinowej; dalej — że ta woda przebiłaby się przez całą grubość atmosfery nie ulegając wyparowaniu, i jeszcze 'Zdołałaby dotrzeć na Księżyc w tak zwartej

142

T

masie, by na dłuższy czas wypełnić tam podpowierzchniowe jamy. Tymczasem z rachunku wynika, że do wybicia z Ziemi choćby ziarnka piasku w przestrzeń międzyplanetarną potrzeba takiej energii uderzającej z Kosmosu bryły, która zdolna byłaby rozkruszyć nasz glob! Ten przypadek mógł się wydarzyć — ale nie Ziemi, tylko Faetonowi.

Nasuwa się zdziwienie, co inspirowało tak bardzo sztuczną hipotezę, którą w rozmaitych wariantach spotykamy w niejednym z nowszych dzieł astronomicznych. Odpowiedź wydaje się prosta. Wielu autorów nie dowierza, aby na planecie krążącej w pasie dzisiejszych asteroid, więc niemal trzykrotnie dalej od Słońca niż Ziemia — mogła istnieć woda w stanie płynnym, warunkującym rozwój życia białkowego. Przecież już Mars, położony bliżej, jest stosunkowo zimny. Gdyby go przesunąć w strefę planetoid, na całej jego powierzchni panowałyby stale tęgie mrozy.

Ten aspekt pobudził badaczy do snucia rozważań mających pogodzić sugestie o skamielinach drobnoustrojów w chondrytach węglowych z przypuszczeniem, że to życie powstało jednak na domniemanym Faetonie. Są to hipotezy mniej dziwaczne od przytoczonej, jednak wydają się naciągnięte.

Jedna z nich zakłada, że ponieważ temperatura na powierzchni Faetona wykluczała istnienie tam nie zamrożonych zbiorników wodnych — życie mogło powstać tylko w głębokich pieczarach z podziemnymi jeziorami. Energię dla swojej przemiany materii czerpało z procesów promieniotwórczych przebiegających w skorupie planety.

Można uprościć taki obraz przyjmując, że ten glob posiadał oceany podobne do ziemskich, które — pod wpływem tej samej promieniotwórczości skał — utrzymywały w głębinach temperaturę 4°C,

143

przy której woda ma największą gęstość. Wydaje się zresztą, że nawet bez dopływu tej energii, kil-kukilometrowe głębie nie zamarzłyby do dna.

Są to jednak jałowe spekulacje. Na razie nie wiemy o Faetonie nic pewnego. Nie znamy orbity, po jakiej krążył, ani jego masy, ani właściwości atmosfery.

Również nie udało się dotąd ustalić, czy pa-reset milionów lat temu Słońce promieniowało identycznie jak teraz. W każdym razie, jeszcze w me-zozoiku, nasz klimat był znacznie cieplejszy.

Wreszcie, ta planeta mogła krążyć po torze podobnym do dzisiejszej orbity Marsa, wraz z nim jako satelitą. Przyjmując właśnie to założenie w swojej hipotezie powstania asteroid, opublikowanej w 1955 r. — między innymi kierowała mną chęć pogodzenia obecności domniemanych substancji pochodzenia biologicznego w meteorytach (było to 6 lat przed odkryciem Clausa i Nagy'ego) ze znaczną odległością strefy planetoid od Słońca. W rejonie dzisiejszego ich pierścienia mogła krążyć druga planeta, po orbicie silnie wydłużonej, przez to mało stabilnej wskutek grawitacyjnych zakłóceń ze strony Jowisza — co z kolei spowodowało, że na przeciwnym krańcu, w peryhelium, zderzyła się z macierzystym



globem Marsa, posiadającym hydrosferę, atmosferę i biosferę.

Nie jest to zresztą jedyna droga do usunięcia sprzeczności, o której mowa.

Wspomniałem, że gdyby Mars krążył w środku pasa planetoid — miałby klimat bardzo mroźny. Podstawmy jednak w to miejsce Wenus. Cieplarniany efekt jej gęstej atmosfery, który przesądza o panującym tam pięćset-stopniowym żarze — w odległości 2,8 j.a. od Słońca wystarczyłoby dla utrzymania się nie zamarzniętych oceanów.

Istnienie więc warunków dla powstania i rozwo-

144

ju życia na hipotetycznym Faetonie można sobie wyobrazić w rozmaity sposób — bez uciekania się do bardziej ekstrawaganckich pomysłów typu podziemnych jezior, niby biologicznych katakumb.

Warto jeszcze poświęcić chwilę uwagi kwestii wód, jakie mogły występować na Faetonie. Jeśli istniały tam jakiegokolwiek zbiorniki wodne, pośród produktów rozpadu tego globu musiały znaleźć się ciała zbudowane z lodu. Wcale nie powinno nas to dziwić, gdyż astronomiczne obserwacje potwierdzają istnienie także innych lodowych obiektów kosmicznych. Przeważa pogląd, iż pierścienie Saturna składają się przede wszystkim z mniejszych i większych brył lodu. Ponadto, co drugi spośród ujawnionych satelitów tej planety ma, w granicach dokładności pomiarów, gęstość wody. Przymuszczalnie te księżyce, o średnicach paruset kilometrów, są zbudowane z lodu.

Wprawdzie lodowe odłamki nie znajdują się na liście sklasyfikowanych rodzajów meteorytów, lecz to nie przesądza, że takie się nie zdarzają. Istnieje wiele opisów upadku brył lodowych nie mających wiele wspólnego ze zjawiskiem gradu: niejednokrotnie donoszono o zwałeniu się z nieba bloku lodu o średnicy metra, a nawet kilku metrów. Żadne z tych wydarzeń nie zostało jednak poświadczane przez uczonych.

Meteor lodowy bynajmniej nie musi wyparować wskutek tarcia o atmosferę.

Rozgrzewając się i tocząc przed sobą warstwę sprężonej pary wodnej, ma on nie mniejsze szansę częściowego spadnięcia na Ziemię, niż bryły z kamienia lub metalu.

Inna sprawa, że w wypadku wielkich i szybko nadlatujących bloków lodowych może powstać proces o charakterze gwałtownej eksplozji. Jeśli taki meteor w swej wędrówce wokół Słońca pędzi na-

10 Blokospis t. 1

14§

przeciw Ziemi (zamiast ją doganiać), więc wpada w atmosferę z prędkością około 60 km/s — poduszka gazowa, jaką wytwarza przed sobą, rozgrzewa się ponad 3500°C. Wtedy, następuje dyso-cjacja pary wodnej na wodór i tlen: mieszaninę wybuchową zwaną gazem piorunującym.

Biorąc pod uwagę te argumenty, uważam za najbardziej prawdopodobne, że słynny meteoryt Tun-guski z 30 czerwca 1908 r. był właśnie ogromną bryłą lodu. Moim zdaniem, tłumaczy to — lepiej od jakże licznych hipotez na ten temat — wszystkie ustalone okoliczności zjawiska, a zwłaszcza nieodnalezienie jakichkolwiek odłamków. Zapewne spadły one w tajdze i albo zostały przeoczone, 'albo zdążyły stając w ciągu 13 lat, jakie upłynęły do pierwszej wyprawy badawczej Leonida Kulika.

Niezależnie od tego, czy meteory i komety mają wspólne pochodzenie — prawdopodobnie tworzywo, z jakiego składają się jedne i drugie, cechuje wiele podobieństw. Komety należą do najsłabiej poznanych obiektów astronomicznych, choć zainteresowanie nimi jest tak stare, jak myśląca ludzkość. Pojawiały się zawsze niespodziewanie, budząc zabobonny lęk w czasach, kiedy nie umiano podejść

racjonalnie do natury tych fenomenów. Uważano je za wróżbę klęsk, jedna dostąpiła nawet... klątwy papieskiej, gdyż wygięty jej warkocz przypominał jatagan — krzywą szablę turecką, a było to w okresie wojen krzyżowych. Opiewano komety w poezji („Pan Tadeusz”), zasłużyły się literackim metaforom, a „jazda na ko- mecie” określano szczyt błagi, niedorzeczności, w najlepszym razie — nieziszczalnej fantazji.

Znany rosyjski astronom i świetny popularyzator, prof. Woroncow-Wieliaminow kiedyś nazwał komety „widoczne nic”. Wyobraźmy sobie, aż szo-  
146

kując efektowne ciało kosmiczne, które pewnej zwyczajnej nocy, nie zapowiedziane przez uczonych, wspaniałym świetlistym warkoczem omiata pogodne niebo. Dowiadując się, że ten fenomen ma objętość tysiące razy większą niż Ziemia, nabieramy dlań respektu.

Słabe komety, dostrzegalne tylko w teleskopach, ukazują się każdego roku. Ale na okazałe trzeba cierpliwie czekać. Najbardziej okrzyczana jest kometa Halleya, powracająca w pobliże Słońca (i Ziemi) co 76 lat. Podczas jej ostatniej wizyty w 1910 r. wydarzyła się rzecz osobliwa: Ziemia przebiła na wskroś komętę! Ścisłej, przeniknęła przez jej warkocz składający się z cyjanu oraz innych trujących gazów.

I co się stało? Nic. Astronomowie stwierdzili to jedynie z obliczenia drogi komety na niebie. Czułe przyrządy nie wykryły domieszki obcych gazów w atmosferze.16)

„Widoczne nic”... Nie sposób trafniej określić ciało kosmiczne, które zawiera, gram materii w 600 km<sup>3</sup> objętości. Takie jest rozrzedzenie warkocza. Głowa komety, obserwowana jako świecąca tarczka, stanowi także zbiorowisko rozrzedzonego gazu i pyłu. Tylko jej jądro jest czymś masywnym, mniej lub bardziej spoiwym. Za to ma skromne rozmiary: średnicę rzędu 10 km. •

Przeważa pogląd, że jądro komety składa się z lodu, zestalonych gazów (głównie metanu i amonia-

”) Podczas najbliższego podejścia komety Halleya do Słońca (przedwiośnie 1986 r.) to rzadkie ajawisko nie powtórzy się. Astronomowie przewidują, że tym razem bądzie ona słabym obiektem około 4,5m (ledwo widocznym gołym okiem), może nawet bez warkocza. Takie prognozy są jednak z reguły niepewne ^komętę Kohoiuitka z» stycznia. 1973 r. zapowiadano jako „komętę atulecfa” — a -była z trudem dosibrajałtaa bez pomocy lunet).

10'

147

ku) oraz — wtopionych w to tworzywo — skalnych okruchów bądź identycznych z meteorami spadającymi na Ziemię, bądź bardzo podobnych. Te kamienne i metalowe bryły mogą tkwić w lodowym spoiwie jak rodzynki w cieście. Albo odwrotnie: enklawy lodu wodnego, metanowego i amoniakalnego są wrośnięte w skalny blok. Tak może być zwłaszcza w starych kometach, z których bardziej lotne substancje zdążyły wyparować. Te wyjątkowo nietrwałe ciała kosmiczne tracą bowiem przeciętnie dwusetną część aktualnej masy przy każdym podejściu do Słońca.

Komety budzą żywe zainteresowanie astronautyki które zresztą nie jest wyłącznie „bezinteresowne”: przypuszczalnie nabiorą znaczenia gospodarczego — co będzie poruszone w rozdziale XIV. W tej chwili obchodzi nas struktura jądra kometarnego o tyle, o ile to może się wiązać z hipotetyczną biosferą Faetona. Brak bliższych, a zwłaszcza pewnych danych o fizycznej budowie komet nastęrcza tu duże trudności. Z drugiej strony, otwiera pole do snucia domysłów. ^

Wydaje mi się warte zastanowienia, czy w tworzywie komet przeważają skały z zewnętrzných, czy też wewnętrznych partii rozbitej praplanety. W pierwszym

wypadku mogłyby one być istną kopalnią odkryć, również paleontologicznych — jeśli sprawdzą się sugestie, że na Faetonie istniało życie.

Niestety, taki odsiew materii pokruszonego globu jest wątpliwy. Wprawdzie wolno przypuścić, że w wyniku kataklizmu właśnie wierzchnie, luźniejsze warstwy, zawierające wodę, glebę, wszelkiego rodzaju żwiry, piargi i zwietrzałe skały, wytworzyły od razu swoiste „obłoki” o luźnej konsystencji, które szybko zlepiły się, głównie w wyniku marznięcia wody. Później mogły się z kolei rozkruszać, mieszać i przetasowywać swą zawartość, krążąc po Układzie Słonecznym. Jednak komety są obiektami zbyt nietrwałymi, aby utrzymać się setki milionów lat. Wyjątek stanowią te, które okrążają Słońce raz na kilka milionów lat.

Natomiast zgoła nierealne byłoby przetrwanie do naszych dni komety Enckego o okresie obiegu 3,3 roku, albo komety Finleya powracającej ku nam co siódmy rok. Potwierdzają to dość częste, obserwacyjnie śledzone zjawiska rozpadu komet na dwie lub więcej części — z godziny na godzinę. Skoro jednak powstają one w naszych czasach, widocznie przetrwały tych ciał kosmicznych nie tylko rozprasza się, lecz także — odwrotnie — koncentruje w jakiś sposób. Na razie nie znamy mechanizmu tego procesu.

W nadchodzących latach rozpocznie się badanie komet z bezpośredniej bliskości. Na pierwszy ogień pójdzie zapewne kometa Halleya, poważnie uwzględniana w programach radzieckiej i amerykańskiej astronautyki.

Jeden z projektów NASA dotyczy wysłania sondy mającej ponadto dokonać obserwacji krótkookresowej komety Tempel-2 (czas obiegu wokół Słońca 5,26 lat). Ta sztuczna planetoida ma wystartować 1 sierpnia 1985 r., minąć komety Halleya już 28 listopada w odległości 100 000 km, a po trzech latach, 18 lipca 1988 r. spotkać się z komety Tempel-2 i odtąd towarzyszyć jej po wspólnej orbicie. Ponieważ kometa Halleya okrąża Słońce ruchem wstecznym, sonda lecąca naprzeciw minie ją z dużą prędkością, lecz to wystarczy dla dokonania zdjęć i rozmaitych pomiarów. Uwzględnia się możliwość odłączenia od niej specjalnego próbnika, który wszedłby na wokółsłoneczny tor komety 3000 km od powierzchni jej jądra, albo nawet

- m

miętko tam wylądował, oczywiście nadając wyniki obserwacji na Ziemię.

Inny amerykański wariant zakłada wyniesienie w 1982 r. w przestrzeń kosmiczną — za pomocą wahadłowca — aparatury badawczej przyczepionej do kwadratowego żagla słonecznego o boku 800 m. Ten zestaw, skierowany najpierw ku Słońcu, w odpowiednim momencie dokonałby zwrotu celem osiągnięcia komety Halleya w 1986 r. Taki kosmiczny zwiad otworzy drogę astronautom, których dotarcia do jednej z komet (przypuszczalnie krótkookresowych) można się spodziewać tuż po roku dwutysięcznym. Badania tych dość zagadkowych obiektów będą miały wyjątkowo doniosłe znaczenie zarówno dla astronomii, jak egzo-biologii. Gdyby się okazało, że komety zawierają (wtopione w lód i w zestalone gazy) wszystkie rodzaje meteorów w takich proporcjach, w jakich one spadają na Ziemię — sytuacja i tak byłaby nader korzystna. Chondryty węglowe stanowią 1% meteorytów pozyskiwanych na Ziemi. Jest to bardzo niewiele. Natomiast rozporządzając złożami miliardów ton, powinniśmy bez trudu odszukać dobrze zachowane, wcale nie mikroskopijne skamieliny — jeśli takie wytworzyły się na Faetonie.

Nasuwa się jeszcze inna ewentualność. Nie wiemy, z czego składa się jądro przeciętnej komety. Na pewno — jako całość — pod względem mineralogicznym odbiega od zwartych skalnych bloków meteorów i planetoid. Być może, głównym tworzywem komet są takie materiały, jak asfalt lub ozokeryt, bądź podobne związki, nieznanne na Ziemi, a będące tak samo produktami rozpadu istot żywych? Jest to tym bardziej prawdopodobne, że w widmie warkoczy komet, parujących podczas zbliżania się do Słońca, spotykamy przede wszystkim

różnorodne węglowodory; trudno wykluczyć, że wiele z nich jest pochodzenia biologicznego.

Spotyka się także zgoła inne domniemania — dlatego, iż zarówno charakter komet, jak ich pochodzenie, dalekie są od wyjaśnienia. Najpoważniejszym argumentem na korzyść „katastroficznych” hipotez powstania planetoid, meteorów i komet jest jednakowy wiek sydereytów z różnych spadków: wspomniane 300 milionów lat. Mimo to, niektórzy astronomowie wiążą wszystkie te drobne ciała z całokształtem powstania Układu Słonecznego i sądzą, że uformowały się one w postaci mniej lub bardziej gotowej w tym samym procesie, w jakim powstała Ziemia, inne planety oraz ich księżyce.

Ponadto, wielu uczonych jest zdania, że zarówno „elementy zorganizowane”, jak różnorodne związki organiczne stwierdzone ponad wszelką wątpliwość w chondrytach węglowych, nie są pozostałościami organizmów zasiedlających ongiś planetę typu Ziemi, lecz wynikiem procesów „zimnej biogenezy”, ich zdaniem dokonującej się stale w przestrzeniach międzyplanetarnych. Łączy się to ściśle z omówioną w rozdziale II hipotezą zasiania życia na jałowej jeszcze Ziemi, którą opublikowali w 1977 r. Fred Hoyle i Chandra Wickramasinghe.

Według tych uczonych, zaczęło się od wyrzucenia z Prasłońca w rejony orbit Urana i Neptuna strumienia wodoru i helu odpowiadającego kilku tysiącom mas Ziemi. „Gazom tym towarzyszyła smuga złożona z lodu i krzemianów” — komentuje Zdzisław Ilczuk („Postępy astronautyki”, nr 1, 1979 r.) — „które ulegały następnie kondensacji. Przypuszcza się, że taki dysk materii słonecznej mógł pochłonąć na przestrzeni setek milionów lat z gęstego obłoku materii międzygwiazdowej masę równoważną w przybliżeniu własnej masie. Ciepło

151

l

powstałe na skutek tarcia musiało spowodować wyparowanie i utratę wodoru i helu, pozostawiając jednak bez zmian trudnolotne cząsteczki organiczne. Prawdopodobną ilość przyłączonej tą drogą z obłoku międzygwiazdowej masy materiału prebiotycznego szacuje się na równoważność dziesięciu mas Ziemi. Winna ona kondensować się na materiale prekursorowym jąder komet, złożonych głównie z lodu. Udział elementów prebiotycznych w ogólnej masie materii komet oceniany jest na około 30%. Jest to stężenie nieporównywalne z jakimkolwiek występującym przy wszelkich sytuacjach w ciągu całej historii abiogenego rozwoju materii organicznej na Ziemi.”

Dość skomplikowane związki organiczne stwierdzono nie tylko w meteorytach, lecz także w widmach dalekich mgławic pyłowo-gazowych. Mimo to, aż tak wielkie stężenie ich w materii kometarnej wydaje się mocno wątpliwe. Już wkrótce bezpośredni zwiad komet rzuci nowe światło na przebieg tych procesów i może rozstrzygnie kontrowersję, czy „zimna biogeneza” w przestworzach kosmicznych ma jakiegokolwiek szansę spełnienia.

Rozdział V

## OD WIELKIEGO WYBUCHU

W wirze codziennej krzątaniny wokół spraw nie tylko osobistych, ale także ważnych i najważniejszych z pozycji terażniejszości — rzadko wybiegamy myślą poza prawie mityczny rok dwutysięczny, który pewnej sylwestrowej nocy rozpocznie się dwunastoma uderzeniami zegara. Futurologi niechętnie zapuszczają się poza rok 2025. A ludzkość przetrwa te daty, i wiele następnych, tak samo okrągłych, tak samo zwiastowanych w piosence.

Starożytna Grecja i Rzym wydają się czymś tak dalekim, że omal nas nie dotyczącym. Bo historia odmierza epoki miarą dłuższą od jednostkowego życia

ludzkiego. O ileż jednak większa przepaść dzieli ogrom kosmologicznych okresów od tysiącleci pisanej historii człowieka!

Co będzie się działo w przyrodzie za miliardy lat? O to zapytuje kosmolog, bo krótsze przedziały czasowe zgoła go nie obchodzą. Takie dociekania wydają się wielu ludziom po prostu stratą czasu. Przecież to nie dotyczy nas, nawet jako ludzkości...

Popłyną w przód tysiąclecia, setki wieków. Nie wiemy, jak w tych mgliście długich okresach gatunek człowieka ukształtują dwa czynniki, może kiedyś w znacznym stopniu zjednoczone: ewolucja

153

biologiczna i możliwości stworzone przez naukę. Nie wiemy, jak długo nasza przynależność do rodzaju Homo (a nie — już jakiegoś wyższego piętra szczepu hominidów) pozostanie jeszcze bezdyskusyjna. Przeważa pogląd, -że zapuszczenie się głęboko w przyszłość, poza taką granicę — jest pozbawione sensu, jeśli chcemy angażować w to emocje. Nie odczuwamy przecież żadnej więzi uczuciowej z jakimś praowadożernym, od którego pochodzimy. Czy sto milionów lat wstecz, albo naprzód — to nie tak samo obcy świat?

Otóż nie! Różnica polega na tym, że tamtą daw-ność formowała wyłącznie przyroda — bezosobowa, nierozumna, nieodpowiedzialna. Natomiast wielką przyszłość gatunku, tak jego biologię jak i kulturę — będzie współtworzył Rozum, wyłoniony z tej przyrody. Jest to stwierdzenie nadzwyczaj wielkiej mocy — zważywszy, że żyjemy w bardzo wczesnej epoce cywilizacji, w pierwszych brzaskach jej świtu. Do nas odnosi się mądre przysłowie, że czym skorupka za młodu nasiąknie, tym na starość trąci.

Od licznych naszych posunięć zależy kształt przyszłości niewyobrażalnie dalekiej: nawet tej, dla której dzieje Homo sapiens nie będą historią, tylko antropogenezą. Nakłada to na nas przemożną odpowiedzialność za wszelkie poczynania dotyczące ludzkości i dotyczące planety. A zarazem budzi ciekawość ewolucji warunków przyrodniczych we Wszechświecie w nurcie okresów olbrzymich — jakimi operuje nie historia, lecz kosmologia.

Śmiało można uznać, że astronomia obserwacyjna wyrosła z potrzeb ciała, kosmologia zaś — z potrzeb ducha. Obie są dostojnie leciwe, obie będą towarzyszyły ludzkości w jej wędrówce przez wszystkie wieki. : Siedzenie zjawisk na niebie miało doniosłą prak-

154

tyczną wartość dla zbieractwa, łowiectwa, pasterstwa, rolnictwa — pozwalając przewidywać zmiany zachodzące w bezpośrednim otoczeniu. Znajomość pozornych ruchów ciał niebieskich posłużyła później do opracowania kalendarza.1)

Kosmologia, wtedy będąca właściwie kosmogonią, wyprzedziła ściśle obserwacje nieba. Można zaryzykować twierdzenie, że właśnie ona jest najstarszą z nauk. Nie znamy takiego prymitywnego ludu, który by nie posiadał swoistej, oryginalnej, poetycznej kosmogonii. Tak samo było przed tysiącami lat. Każda z tych rozległych panoram wyobraźni usiłuje wyjaśnić „jak powstał świat”. Chcąc jednak roztrząsać ten kosmogoniczny dylemat — nieodzownie trzeba przyjąć pewne założenia co do charakteru Słońca/ Księżycy, gwiazd; co do ich natury, odległości, wzajemnego przemieszczania się w przestrzeni. Tu już rozpoczyna się kosmologia, zataczająca coraz szersze kręgi wraz z poznawaniem wciąż dalszych rejonów Wszechświata.

Potocznie często używa się terminów „kosmologia” i „kosmogonią” niemal wymiennie. W pewnym stopniu można to usprawiedliwić. Wyjątkowa ścisłość powiązań obu tych nauk wynika między innymi stąd, że obserwacje astronomiczne, przydatne do testowania wszelkich teorii kosmologicznych, dotyczą z regułyA obiektów

bardzo odległych. Tymczasem analizując teleskopowy obraz galaktyki oddalanej o miliard lat świetlnych — zagłębia się nie tylko w przestrzeń, lecz także w otchłań czasu; widzimy to zbiorowisko gwiazd takim, jakim było miliard lat temu. Możemy tylko snuć przy-

\*) Początki stosowanego przez nas kalendarza słonecznego pochodzą z Egiptu i sięgają 5000 lat wstecz. Ówczesni astronomowie już wiedzieli, że długość irotou EWirotaitewego wynosi 365 1/4 dnia.

155

puszczenia, jak ono wygląda dzisiaj. Czyż więc kosmologia nie jest zarazem kosmogonią?

Ponadto, moim zdaniem, istnieje inny ważki powód pozwalający zakwestionować sens wydzielenia kosmogonii — jako nauki dotyczącej całego Wszechświata. Nie wiemy, czy pytanie o początek Wszech-rzeczy jest w ogóle sensowne. Materializm dialektyczny rezygnuje z niego, gdyż utożsamia takie podejście z wiarą w nadnaturalne stworzenie świata. W teorii stanu stacjonarnego (o której będzie mowa) ten problem również nie istnieje.

Kosmogonią ma niedwuznaczny sens tylko wtedy, gdy nie dotyczy całego Wszechświata. Np. kosmogonią Układu Słonecznego jest pojęciem konkretnym i niepodważalnym. Choć aktualnie istnieje około trzydziestu bardzo rozbieżnych teorii powstania naszego systemu planetarnego, mamy całkowitą pewność, że zarówno Słońce, jak Ziemia, reszta planet, księżycy, asteroidy, komety, meteory — w jakiś sposób uformowały się z innych, wcześniejszych ugrupowań materii. Nie zapominajmy również, że współczesne modele kosmologiczne bazują na założeniach ogólnej teorii względności. W związku z tym, rozważania o budowie Wszechświata opierają się nie na samej przestrzeni (która w fizyce einsteinowskiej nie istnieje jako coś absolutnego), tylko na continuum czasoprzestrzeni, gdzie trzy wymiary odpowiadają naszym codziennym wyobrażeniom (długość, szerokość i wysokość), a czwartym jest czas. Stwarza to takie pozorne paradoksy, że w skali kosmologicznej (odległości miliardów lat świetlnych) nie tylko traci sens mówienie o równoczesności zdarzeń dziejących się na różnych ciałach kosmicznych, lecz nawet dystans do obserwowanej galaktyki nie stanowi pojęcia jednoznacznego.

156

Wynika to stąd, że odległość między obiektami zależy nie tylko od ruchu obserwatora względem nich, ale i od metody pomiaru, jaką on zastosuje — co jest zawsze uwzględniane w odpowiednich równaniach teorii względności. Dlatego astronomowie operują w swej pracy zawodowej pojęciem jasności badanej galaktyki (arbitralnie zakładając, że one wszystkie mają tę samą jasność absolutną). Dopiero w publikacjach popularnych mówią o odległościach, czasami wprowadzając dość sztuczny termin „odległości jasnościowej”, chcąc specjalistyczny język niejako przełożyć na potoczny sposób myślenia.

Jakże w tej sytuacji oddzielać problem czym jest Wszechświat, od problemu w jaki sposób on się rozwija, ewentualnie także: jak powstał? Dlatego będę się mieścił w terminie „kosmologia” nawet tam, gdzie aspekty kosmogoniczne wpływają na plan pierwszy.

Łatwo spostrzec, że gwizd lokomotywy nadjeżdżającej ma ton wyższy niż wtedy, gdy ona minie nas i zacznie się oddalać. Analogiczne różnice dotyczą światła, którego źródło porusza się względem obserwatora. Objawia się to przesunięciem widma w porównaniu z nieruchomym obiektem i nosi nazwę przesunięcia dopplerowskiego, na cześć austriackiego fizyka i astronoma Christiana Dopplera (1803—1853), który wyjaśnił to zjawisko.

Już Newton stwierdził, że światło słoneczne przepuszczone przez szklany pryzmat

daje obraz tęczy. Na jego tło występują rozmaite jasne i ciemne prążki oraz pasma. Z ich charakteru oraz umiejscowienia fizycy określają skład chemiczny świecącego ciała, jego temperaturę, stopień zjonizowania atomów poszczególnych pierwiastków, itp. Badanie

157

widm ciał kosmicznych jest podstawowym zajęciem astrofizyków.

Analiza widmowa informuje także, czy dane ciało kosmiczne przybliży się do nas, czy też oddała. Weźmy przykład gwiazd. Okrążają one środek ciężkości Galaktyki.<sup>2)</sup> Ponieważ ich orbity są wzajemnie nachylone pod różnymi kątami, a także stanowią elipsy o różnym mimośrodku (czyli niejednakowym stopniu wydłużenia, co zmienia ich szybkość na różnych odcinkach trasy) — wzajemne prędkości gwiazd są bardzo rozmaite. Ich przesuwanie się w stosunku do nas, czyli do Układu Słonecznego, nazywamy ruchami własnymi gwiazd. Te ruchy przebiegają pod różnymi kątami. Dlatego rozbijamy je na dwie składowe: styczną, czyli prostopadłą do promienia widzenia, oraz radialną — wzdłuż promienia widzenia.

Nas w tej chwili obchodzi składowa radialna. Otrzymawszy dostatecznie wyraźne widmo światła gwiazdy — najpierw badamy czy ono jest przesunięte w prawo, czy też w lewo w stosunku do pozycji, jaką by zajmowało gdyby gwiazda nie poruszała się względem nas. W pierwszym wypadku obiekt przybliży się, w drugim zaś oddała.<sup>3)</sup> Mierzac wielkość liniową tego przesunięcia za pomocą rni-

2) Słońce ma prędkość ofoiegu około 240 tom/s i dokonuje jednego okrążenia w ciągu 200 milionów lat. Ten okres nazywamy rokiem galaktycznym Słońca.

3) Ponieważ prawa strona widma kończy się w kolorze fioletowym (przechodząc w niewidoczny dla nas nadfiolet), zaś lewy (kraniec stanowi barwę czerwoną ii urywa się na granicy podczerwieni — często mówimy w tym drugim wypadku o poczerwienieniu obiektu. Ma to realny sens fi--zyozny: odległe galaktyki uciekające z prędkością jednej trzeciej, lub mawet połowy prędkości światła, widzimy bar-dziej -czerwone niż to wynika z rodzaju światła przez nie wysyłanego.

158

krometru, tym samym odczytujemy prędkość radialną gwiazdy w kilometrach na sekundę.

W rozważaniach kosmologicznych obchodzą nas nie gwiazdy jako takie, tylko gromady galaktyk (bądź galaktyki wchodzące w ich skład, co na jedno wychodzi). To rozszerza ogromnie zasięg badanych obszarów.

W latach dwudziestych astronomowie spostrzegli, że — prócz niewielu bliskich galaktyk (jak się później okazało, tworzących wspólną gromadę z Układem Drogi Mlecznej) — pozostałe rozpierzchają się od nas promieniście we wszystkie strony. Znakomity angielski kosmolog Edwin Hubble stwierdził w 1928 r., że przesunięcie, ku czerwieni widma poszczególnej galaktyki jest wprost proporcjonalne do jej odległości: galaktyka pięć razy dalsza ma pięciokrotnie większą szybkość.

Początkowo astronomowie wysilali inwencję na znalezienie innego wytłumaczenia tego zjawiska — byle nie uznać go za efekt dopplerowski. Takie próby podejmowane są zresztą jeszcze teraz. Długotrwała niechęć badaczy do tej najprostszej interpretacji wyda się usprawiedliwiona — skoro należycie sobie uświadomimy, że obraz rozszerzającego się Wszechświata musi przerażać, i to nie tylko swoją olbrzymią skalą i mocą: dochodzi snucie domysłów nad przyczyną oraz skutkiem tego, co obserwujemy, czyli nad Przeszłością i Przyszłością.

Gwałtownie działa na wyobraźnię już sama dynamika żywiołu oglądanego na największej z możliwych panoram: oto liczne jak ziarenka piasku, skupiska setek miliardów gwiazd, rozpedzone do 150 000 km/s, oddalają się wzajemnie od siebie z

oszołamiającą prędkością i rozplywają w przeogromnej pustce. Czy i jaki był tego początek? Czy i jaki będzie koniec?..

159

•l

Oba te pytania, wciąż jeszcze zawieszony w próżni, są najbardziej dramatycznym dylematem naszych poszukiwań przyrodniczej prawdy. Z kosmologii przenoszą się na egzobiologię: wszak życie może krzewić się tylko na konkretnym materiale podatnym dla jego rozwoju. Dlatego chcemy wiedzieć, czy istniały takie stany Wszechświata, w których życie było wykluczone; oraz czy podobny kataklizm powtórzy się w przyszłości. Fakt, że operujemy tu miliardami lat — nie ujmuje problemowi ani rangi, ani doniosłości. Rozważań o biokosmosie nie możemy przecież mierzyć skromniejszą skalą. Już paleontolog swobodnie kartkuje setki milionów lat; spojrzenie egzobiologa sięga jeszcze głębiej.

Trzeba stwierdzić z naciskiem, że z obrazu galaktyk rozbiegających się na wsze strony bynajmniej nie wynika, aby Układ Drogi Mlecznej znajdował się w środku Kosmosu. Nasze przekonanie o tym, że ani Ziemia, ani Galaktyka nie zajmuje wyróżnionego miejsca we Wszechświecie — będące trwałym posiewem przewrotu kopernikańskiego — jest tak silnie zakorzenione, iż nadano mu rangę zasady kosmologicznej. Brzmi ona następująco: Obserwator galaktyczny umieszczony w jakimkolwiek punkcie Wszechświata musi w danym momencie obserwować w zasadzie taki sam jego obraz, jaki widzimy również i my.

Zacieranie się różnic pomiędzy kosmologią a ko-smogonią to sprawa ostatnich dziesięcioleci. W starożytności istniały tylko kosmogonie — zawsze oparte na dowolnych założeniach bądź cudownego stworzenia świata, bądź jego istnienia odwiecznie. Za czasów Kopernika kosmologia mogła dotyczyć tylko Układu Słonecznego. A ponieważ fizycznych właściwości planet w ogóle nie znano z obserwacji

160

gołym okiem — była to raczej nauka o ruchach ciał kosmicznych, czyli mechanika nieba.

Dziewiętnastowieczna kosmologia ograniczała się do Galaktyki, którą wtedy utożsamiano z całym Wszechświatem. Dopiero w latach dwudziestych ustalono bezspornie, że inne galaktyki — nazywane wtedy mgławicami — to podobne do Układu Drogi Mlecznej zbiorowiska miliardów gwiazd. Niebawem zauważono, iż oddalają się one od nas z wielkimi prędkościami.

Nie przeczuwany przez dawnych astronomów ogrom Wszechświata wymagał gruntownej zmiany podejścia do kosmologii: nauki mającej wyjaśnić, czym jest Wszechświat.

Odpowiedź na to pytanie byłaby niemożliwa tradycyjnymi metodami mechaniki newtonowskiej. Z pomocą przysłała ogólna teoria względności, ogłoszona przez Einsteina w 1916 r. Nazywana często nowoczesną teorią grawitacji, w istocie zatacza o wiele szersze kręgi: jest również teorią przestrzeni, czasu i ruchu.

Ponieważ te fizyczne parametry są podstawowe dla wszelkich rozważań w kosmologii — nie tylko zasada się ona dziś na ogólnej teorii względności: wzajemnie, kosmologia musi być traktowana jako integralna część teorii względności.

Zapoznajmy się z tym aspektem, gdyż jest to nieodzowne dla zrozumienia ducha współczesnych modeli Wszechświata.

Podstawowe znaczenie w teorii względności ma pojęcie obserwatora. Nikt przed Einsteinem dogłębnie nie przemyślał tego problemu. Mechanika newtonowska bazowała na uznaniu realnego istnienia absolutnego czasu i absolutnej przestrzeni. Płynął stąd wniosek, że poprawne wykrywanie praw fizycznych może być tylko przywilejem obserwatora spoczywającego w absolutnej przestrzeni i dyspo-



nującego zegarem mierzącym absolutny czas. Wprawdzie zastanawiano się, gdzie jest ów absolutny układ odniesienia, lecz ani sam Newton, ani uczeni następnych dwóch stuleci nie potrafili na to odpowiedzieć.

Dopiero w 1905 r. rozwiązanie tego problemu padło z ust dwudziestosześcioletniego geniusza: — Absolutnego układu odniesienia nie umiemy znaleźć, gdyż takowy nie istnieje. Z tą chwilą narodziła się szczególna teoria względności, którą Albert Einstein oparł właśnie na fakcie nieistnienia absolutnego układu odniesienia.

Teoria okazała się tak zadziwiająca pod względem bogactwa wniosków, że Einstein wyprowadzał je przez całe półwiecze. Równolegle, oraz po jego śmierci, czynili to inni uczeni — i proces ten trwa nadal w całej swej dynamice. Uogólnienie tych wniosków z inercjalnego obserwatora na każdego obserwatora doprowadziło Einsteina dziesięć lat później do ogólnej teorii względności. W jej ujęciu czas i przestrzeń są tak nierozdzielnie powiązane, że wygodnie jest traktować je łącznie jako czterowymiarowe continuum czasoprzestrzeni.

Ogólna teoria względności, opisująca pole grawitacyjne, nazywa się teorią pola, odpowiednie zaś równania Einsteina — równaniami pola. Znajdowanie rozwiązań tych równań jest głównym kierunkiem dalszego rozwijania samej teorii. Tylko nie- , które spośród nich zostały dotychczas rozwiązane. Na ich zastosowaniu do problemów kosmologicznych opierają się wszelkie relatywistyczne modele budowy Wszechświata.

Spośród specyficznych wniosków wynikających z teorii względności warto poruszyć problem zakrzywionej przestrzeni. Sam termin wydaje się wielu ludziom synonimem czegoś, co konieczni<sup>3</sup>

162

wymaga obcowania „za pan brat” z wyższą matematyką. Tymczasem jest zgoła inaczej. W nowoczesnej fizyce istnieje wiele pojęć określających takie zjawiska i stany materii, których nie potrafimy sobie wyobrazić w sposób bezpośredni. Nie dowodzi to ani abstrakcyjności, ani też niepoznawalności tych zagadnień, tylko czegoś całkiem innego: naszego nieprzystosowania do przyswojenia ich sobie. Prawa bowiem rządzące najmniejszymi i największymi strukturami materii (mikrokosmosem i makrokosmosem) nie stanowią przedłużenia tych fizycznych praw, z, jakimi spotykamy się na co dzień; są jakościowo inne. Dlatego nasz sposób odbierania wrażeń nie przyjmuje ich bezpośrednio; po prostu nie jesteśmy do tego przysposobieni.

Trudności są tu w gruncie rzeczy natury formalnej. Niewidomemu od urodzenia nie można wytłumaczyć nawet w przybliżeniu, czym jest kolor czerwony albo niebieski. Nie zastanawiamy się jednak, iż człowiek o normalnym wzroku jest tak samo upośledzony w kwestii podczerwieni, nadfioletu, fal radiowych. Zapewne żyją gdzieś we Wszechświecie istoty, które postrzegają otaczający świat nie w barwach, jakie znamy, tylko w innym przedziale widma: odbierają swymi zmysłami fale elektromagnetyczne bądź krótsze od światła widzialnego (więc nadfiolet, promieniowanie rentgenowskie), bądź też dłuższe — podczerwień, fale radiowe. Jest to „widzenie” w cudzysłowie — ale tylko z naszej ludzkiej pozycji; obiektywnie zaś — bez cudzysłowu. W tym wypadku ani my nie potrafimy” im wytłumaczyć, jak wygląda barwa zielona, ani oni nam — co oznacza oglądać świat w podczerwieni, albo w nadfiolecie.

Zresztą przykładów widzenia innego niż nasze nie brak na Ziemi. Zakres i selektywność rozróż-

163

niania barw są odrębne dla rozmaitych gatunków zwierzęcych. Spośród ssaków,

najbardziej kolorowy świat ogląda człowiek i małpy. Być może, pod tym względem przewyższają nas pewne głowonogi. A niektóre zwierzęta odbierają również fale elektromagnetyczne dłuższe lub krótsze od tego zakresu, który — kierując się właściwościami budowy naszego oka — nazywamy światłem. Komary przywabia nie tylko zapach ssaka, lecz także ciepło bijące od niego na znaczną odległość — w postaci promieniowania podczerwonego. Także niektóre ćmy reagują na podczerwień, co ułatwia samcom odszukanie partnerek godów w całkowitym mroku, przy przeciwnym wietrze i mylących zapachach. Oczy pszczoły są najwrażliwsze na ultrafiolet, który ona widzi jako jasny albo ciemny, z mnóstwem pośrednich odcieni. Dla nas czerwień zmieszana z fioletem daje kolor purpurowy. Dla oka pszczoły zmieszanie tak samo skrajnych barw widma, ale z jej przedziału widzenia — czyli żółtej i nadfioletowej — tworzy nieznaną nam barwę, którą na- • zwano „purpurą pszczelą”. Natomiast mieszaninę barwy niebieskofioletowej i nadfioletu pszczoła odbiera jako „fiolet pszczeli”.

Bardziej poglądowo można to przedstawić na przykładzie jedwabnika z gatunku *Actias luna*. Jest on jasnozielonym motylem; samce i samice wyglądają identycznie. Tak my to odbieramy. A dla tych owadów, których wzrok sięga do nadfioletu? Mówiąc obrazowo, ona jest „blondynką”, on zaś „brunetem”. Barwa ochronna tych motyli czyni je na tle liści trudnymi do zauważenia i dla nas, i dla polujących ptaków. Tymczasem one same wzajemnie odnajdują się z daleka — jako jaskrawe błyszczące punkty na ciemnym, szarozielonym tle listowia.

164

A sprawa nie kończy się na widzeniu. Sonarowy obraz świata nietoperza w nocnych ciemnościach jest obrazem bez cyfryzacji, uwzględniającym odległość przedmiotów, ich wielkość, kształt i inne charakterystyki. Mruk nilowy w mulistej wodzie „widzi” otoczenie jako skomplikowaną mozaikę zakrzywiających się i przenikających pól elektrycznych, wywołanych wysyłanymi przez niego słabymi wyładowaniami. I tak dalej.

Przykłady swoistego odbioru wrażeń, w ścisłej zależności od posiadanych zmysłów, można mnożyć w nieskończoność. Istota rozumna znajduje się jednak w tym uprzywilejowanym położeniu, iż potrafi pojąć i zgłębić wszelkie właściwości materii — włącznie z takimi, których nie jest zdolna odczuć. Jeśli kosmita przekaże nam w „rozmowie”, że posiada oko wrażliwe na promieniowanie słoneczne w zakresie od 2100 do 2700 angstrémów długości fali — dowiemy się, że jego „światłem widzialnym” jest nadfiolet. Czyż w uzmysłowieniu tego faktu przeszkodzi nam fizjologiczna specyfika ludzkiego organizmu, mocą której o charakterze nadfioletu nie może nas poinformować oko (wrazeniowo), a tylko myślenie (rozumowo)?

Po tej dygresji spójrzmy raźniej i śmielej na sprawę zakrzywionej przestrzeni. Zaczniemy od prostego przykładu. Powierzchnia Ziemi nie jest niczym innym, jak dwuwymiarową przestrzenią zakrzywioną. Wynikają stąd takie ciekawe jej właściwości, że zajmuje skończone pole, nie ma ani granic, ani środka, a podróżując po niej w jakimkolwiek kierunku dostatecznie daleko — wracamy do punktu wyjścia.

Dla nas, istot trójwymiarowych, powierzchnia Ziemi nie jest „wszystkim”, czyli całym światem, ponieważ odbieramy również to, co jest nad nią

165

i pod nią; mamy bowiem odczucie wysokości. Ale pofantazjujmy, że mieszkańcami Planety nie jesteśmy my, tylko istoty dwuwymiarowe. Absolutne spłaszczenie ich postaci sprawia, że w swoim codziennym życiu znają tylko pojęcie długości i szerokości, natomiast nie są w stanie pojąć, czym jest wysokość. Dla tych organizmów, które nazwiemy płaszczakami, powierzchnia Ziemi jest oczywiście

płaska, gdyż inna być nie może w ich dwuwymiarowym świecie. Jeśli istnieją tam odkrywcy, to najśmielsi spośród nich, podjąwszy daleką wyprawę eksploracyjną, przekonała się z osłupieniem, że idąc wciąż naprzód po linii prostej — nieuchronnie wraca się w to samo miejsce. Stąd wyciągną prawidłowy wniosek, iż płaska i dwuwymiarowa w ich odczuciu Ziemia jest zanurzona w trójwymiarowej przestrzeni. Jednak nie będą zdolni wyobrazić sobie tej przestrzeni zmysłami dostosowanymi do postrzegania otoczenia w dwóch wymiarach. Natomiast opiszą je poprawnie — jeśli ich matematyka stoi na wystarczającym poziomie.

Jesteśmy w całkiem analogicznej sytuacji: właśnie tak jest z zakrzywieniem trójwymiarowej przestrzeni, którą czasami nazywamy poglądowo czterowymiarową nadkulą. Jest to twór od strony matematycznej doskonale poznany — którego nikt z nas, istot trójwymiarowych, nie może bezpośrednio „zobaczyć”. Pocieszmy się, że astronomowie (przecież nie obdarzeni dodatkowymi zmysłami!) odczuwają to identycznie.

Bardzo wygodną analogią zakrzywionej przestrzeni jest powierzchnia balonu, którą pokryliśmy w równych odstępach kolorowymi cętkami. Kiedy balon się nadyma, odległości między tymi kropkami rosną. Każdą z takich kropek możemy prawidłowo nazwać środkiem całości.

168

Sprawa staje się jasna, o ile potrafimy sobie wy-i obrazić (co nie powinno nastęczać trudności), że powierzchnia naszego balonu jest modelem całego j Kosmosu; a więc nie istnieje nic pod nią i nic nad nią. Wtedy zrozumiemy przynajmniej pewne podstawowe cechy trójwymiarowej przestrzeni zakrzywionej — takie jak skończoność a nieograniczoność,<sup>4</sup> jednakowy widok całości z każdego miejsca (brak geometrycznego środka), a także bardzo ważką właściwość, że balon (jako model, a Wszechświat — jako przyrodnicza rzeczywistość) nie jest zawieszony w przestrzeni, a tylko rozszerzając się — sam wytwarza przestrzeń. Jaskrawo tu się ujawnia absurdalność pytania: „Jeśli Wszechświat jest skończony — to co znajduje się poza nim?” Właśnie tak naiwnie wyobrażali sobie starożytni kraniec Ziemi poza Słupami Heraklesa.

Powinniśmy sobie uzmysłowić, że podobnie jak nam pojęcie przestrzeni zakrzywionej — współczesnym Kopernikowi wydawała się mocno zawiła teoria ruchomej Ziemi, a w czasach Newtona teoria grawitacji. Za kilkadziesiąt lat zarówno przestrzeń zakrzywiona, jak inne „dziwy” teorii względności nie będą uchodziły za coś bardziej skomplikowanego: ustąpią pola świeższej, dotąd nieznanej rewolucji w fizyce, która z kolei wyda się piekielnie trudna. I tak będzie chyba zawsze: skokowe poste-’ py nauki, a także skokowe (z nieodzownym opóźnieniem) ich zrozumienie przez ogół.

4) Skończoność nie jest tu warunkiem koniecznym. Tylko, niektóre przestrzenie zakrzywione rozeciągają się w skończonym wymiarze, na podobieństwo powierzchni kuli. Inne są nieskończone. Np. powierzchnia uzyskana przez obrót j paraboli lub hiperboli wokół jej osi jest nieskończona. Ma to zastosowanie przy tworzeniu moesmailtych relatywistycznych modeli budowy Wszechświata.

Przed poruszeniem szeregu modeli kosmologicznych — czyli prób wyjaśnienia czym jest Wszechświat, jak przebiegała jego ewolucja oraz jak będzie się dalej rozwijał — wejrzyjmy \_\v niezmiernie istotny problem związany z obserwowaną ucieczką galaktyk. Astronomowie określają go przeważnie jako stan osobliwy Wszechświata, a potocznie nazywa się go często wielkim wybuchem, lub nawet początkiem Kosmosu.

Fakt rozszerzania się Wszechświata nasuwa lo-> giczne przypuszczenie, że ten proces niegdyś się rozpoczął. Dobrą analogią będzie tu wybuch granatu.

Przypuśćmy, że jakaś fikcyjna istota, dla której czas upływa nadzwyczaj wolno,

przeprowadza w toku swego życia — trwającego milionową część sekundy — obserwacje lotu odłamków granatu roz-biegających się na wsze strony. Dokonując pomiarów prędkości i kierunku ucieczki tych odprysków dochodzi ona do wniosku, że w czasach dla niej bardzo dawnych, bo przed dziesiątą częścią sekundy — sumaryczna objętość rozpryskujących się" teraz odłamków była skupiona w jednym miejscu. Ten egzotyczny badacz określa rachunkowo czas rozpoczęcia się procesu ekspansji, miejsce jego wystąpienia oraz masę pierwotnego tworu, za którą uznaje sumę mas wszystkich biegnących odłamków.5) Tym sposobem zostaje prawidłowo scharakteryzowany stan początkowy analizowanego procesu, czyli wybuch granatu. 5) Dla ścisłości, w wypadku granatu należałoby do masy odłamków dodać masę materiału wybuchowego, który się spalił i zamienił w gaz. Ten aspekt nie dotyczy ewentualnej początkowej eksplozji rozszerzającej się Wszechświata, gdyż (przynajmniej w tym wypadku) traktujemy go jako układ zamknięty, obejmujący wszystko cokolwiek istnieje.

168

Właśnie w taki sposób roztrząsamy początek ekspansji Wszechświata. Jeśli ten proces trwa nieprzerwanie w sposób ciągły (co nie zostało udowodnione), to musiał rozpocząć się przed miliardami lat. W naszej analogii, tamta odległa chwila odpowiada wybuchowi granatu.

Ekstrapolując równania teorii względności na coraz dalszą przeszłość — docieramy do stanu, kiedy cała materia Wszechświata skupiała się w jednym miejscu: stanowiła materialny 'punkt. Innymi słowy — Wszechświat istniał w zerowej objętości, natomiast jego gęstość, ciśnienie i temperatura miały wartość nieskończoną! Nie istniała przestrzeń, nie istniał czas, nie zachodziły żadne zdarzenia.

Co to oznacza? Na dobrą sprawę — nic. Całe nasze doświadczenie, z którego wyprowadzamy uogólnienia w postaci praw fizyki — mówi nam stanowczo, że taki stan materii nie może istnieć. Dlatego przyjmujemy, że jeśli Wszechświat znajdował się wiele miliardów lat temu w stanie osobliwym — należy rozumieć przez to, że jego gęstość była bardzo wielka, ale prawdopodobnie skończona. To samo dotyczy ciśnienia i temperatury, ściśle powiązanych z gęstością.

Nie wystarczy tu nawet wyobrażenie sobie szczelnie upakowanych atomów całkowicie zjonizowanych, więc pozbawionych powłok elektronowych (1 cm<sup>3</sup> tak sprasowanej materii waży około 140 milionów ton). Raczej musimy sięgnąć do wnętrza niedawno odkrytych supergęstych obiektów: gwiazd barionowych, których ciśnienie pochodzi od zdegenerowanego gazu barionowego, w związku z czym ich gęstości centralne wynoszą kilka miliardów ton na 1 cm<sup>3</sup>. Ale dodajmy poprawkę, że Wszechświat w stanie osobliwym musiał mieć masę nieporównywalnie większą od gwiazdy.

169

Wybuch tamtego niesamowitego tworu zapoczątkowałby rozszerzanie się Kosmosu: zjawisko trwające do dziś. Jak wygląda ta sprawa od strony filozoficznej? Czy Wielki Wybuch mógł stanowić początek Wszechświata rozumianego jako zbiór wszelkiej istniejącej materii?

Przyjęcie takiego stanowiska bez odpowiednich dowodów (których nie mamy) byłoby podejściem jaskrawo nienaukowym. Podobne próby nieraz bywają podejmowane — a jawnym bądź ukrytym ich motywem jest wprowadzenie Boga jako stwórcy. Tego rodzaju manipulacje tylko zaciemniają obraz, zamiast go rozjaśnić: wulgarnie spychają kosmologię, a więc naukę — na pozycje teologii, czyli wiary.

Kiedy znakomity francuski fizyk Pierre Simon de Laplace (1749—1827) przedstawił Napoleonowi swoją hipotezę powstania Układu Słonecznego (która przetrwała ponad sto lat pod nazwą teorii Kanta — Laplace'a), cesarz Francuzów zauważył ze zgorzaniem: „Napisał pan tak grubą książkę o systemie świata, ani razu nie

wspominając autora Kosmosu". Uczony odparł z powagą: — Sire, ta hipoteza nie była mi potrzebna.

Problem zaostrza się znacznie, kiedy debatujemy nie nad powstaniem Systemu Słonecznego, ale całego Wszechświata. Wiadomo bowiem, że Ziemia, Słońce, Galaktyka — nie istniały odwiecznie. Natomiast twierdzenie o skończonym czasie trwania całego Kosmosu dobitnie sugeruje akt stwórczy.

Jest to niedowład wszystkich modeli zapoczątkowanych Wielkim Wybuchem, co dobrze ilustruje wypowiedź Georgesa Lemaitre'a: „Jakikolwiek wcześniejsze istnienie Wszechświata, przed Wielkim Wybuchem, ma metafizyczny charakter. Fizycznie

170

wszystko dzieje się tak, jak gdyby teoretyczne zero było rzeczywiście początkiem. Pytanie czy był to istotnie początek, czyli stworzenie: coś zaczynającego się z nicności — jest pytaniem filozoficznym i nie może być rozstrzygnięte przy pomocy fizycznych lub astronomicznych rozważań." 6)

Wybitny angielski matematyk William Bonnor tak trafnie i przekonująco obnażył ten aspekt omawianego zagadnienia, że pozwolę sobie przytoczyć dość obszerny cytat z jego książki („Zagadka rozszerzającego się Wszechświata", s. 134—135, PWN 1972);

„Zadaniem nauki jest poszukiwanie racjonalnego wyjaśnienia zdarzeń zachodzących w realnym świecie i każdy naukowiec odwołujący się przy tej okazji do Boga podcina gałąź, na której siedzi. Dotyczy to zarówno początku rozszerzania się Wszechświata, jak i każdego innego zjawiska. Jeżeli wyjaśnienie nie daje się znaleźć natychmiast, wówczas naukowiec powinien wstrzymać się od osadzania zjawiska. Naukowiec, godny tej nazwy, będzie zawsze przekonany, że racjonalne wyjaśnienie zostanie kiedyś znalezione. Jest to równocześnie jedyny przejaw dogmatyzmu, na który nauka może x sobie pozwolić — w przeciwnym razie każdy problem, którego rozwiązanie opóźniałoby się ó kilka lat otwierałby szeroką drogę dla przesądów.

Powtórzmy jeszcze raz, że stan osobliwy na początku ekspansji Wszechświata oznacza tylko, że niektóre wielkości występujące w równaniach ma-

6) Cytat z maszynopiisIU Lemaitre^, przechowywanego -w jego a-rohiiwum w Louvain-Neuve w Belgii. Był to artykuł „Rozszerzający się Wszechświat", pisany dla Japońskiej

Encyklopedii. . . (

171

tematycznych stają się nieskończone. Nasze modele Wszechświata załamują się i naszym zadaniem jest je poprawić. (...) Musimy znaleźć racjonalną przy> czynę rozpoczęcia się" ekspansji i rozszerzyć naszą znajomość historii Wszechświata na epoki przed pozornym punktem osobliwym."

Czy wobec tylu zastrzeżeń jest sens mówić o domniemanym stanie osobliwym Wszechświata? Jak najbardziej. Jest prawdopodobne, że cała istniejąca materia przeszła przez stan bardzo wysokich (ale zapewne skończonych) gęstości, temperatur i ciśnień; może wielokrotnie, lub nawet nieskończoną ilość razy.

To byłby ów stan osobliwy Wszechświata, mający poprzedzać jego rozszerzanie się, a kończyć następną fazę: kurczenia się. Nic nie grozi przy tym trzeźwości naszego rozumowania dopóki pamiętamy, że stan osobliwy w ujęciu równań teorii względności jest pewną matematyczną fikcją, z której uczeni zdają sobie sprawę, lecz dotychczas nie potrafili jej przewyciężyć. Można oczekiwać, że albo dalszy rozwój teorii Einsteina doprowadzi do . usunięcia z wzorów kłopotliwych nieskończonych wartości w punkcie osobliwym — albo okaże się, że Wszechświat nie przechodził w swojej ewolucji przez stan skrajnego sprasowania całej istniejącej materii.

Badacze nader rozmaicie podchodzą do tego zagadnienia? nieraz biegunowo odmiennie atakują je w poszczególnych modelach kosmologicznych. Przy sposobności poddają analizie zaskakujące wnioski o przestrzeni, ruchu i czasie, jakie wypływają z relatywistycznych ujęć wszelkich koncepcji Wszechświata. Najprostszy spośród tych modeli jest wspólnym dziełem dwóch uczonych i nosi nazwę modelu Ein-

172

steina-deSittera. 7) Rozpoczyna się on 7 miliardów lat temu w punkcie osobliwym, kiedy odległość między każdą dowolnie przyjętą parą (lub większą liczbą) galaktyk równa się zeru. Ponieważ objętość przestrzeni jest w tym modelu nieskończona — jako stan początkowy musimy sobie wyobrazić nieskończony Wszechświat o nieskończonej gęstości, wypełniający geometryczny punkt (czyli miejsce bezwymiarowe) — który nagle eksploduje, dzięki czemu zaczyna się rozszerzać i rozrzedzać. Przestrzeń jest tu płaska, euklidesowa, czyli ma własności znane ze szkolnej geometrii. W przeciwieństwie do przestrzeni zakrzywionych odznacza się między innymi tym, że suma kątów w trójkącie wynosi  $180^\circ$ .

Nie brak tu wszakże niespodzianek. Logicznie można by przypuszczać, że mierząc kątowe rozmiary galaktyk, stale będą one malały w miarę sięgania do coraz odleglejszych obiektów. W tym modelu jest inaczej. Galaktyki dalsze wydają się istotnie mniejsze — lecz tylko do pewnej granicy. Po przekroczeniu jej, obrazy kolejnych ciał kosmicznych zwiększają się wraz ze wzrostem odległości. Może to posłużyć do obserwacyjnego potwierdzenia lub obalenia całej koncepcji — co jest niezwykle doniosłe dla każdej teorii astronomicznej.

W tym modelu obserwator może widzieć Wszechświat tylko do pewnej określonej odległości. 8)

7) Nie należy go mylić ani z modelem Einsteina, ani z modelem de Sittera — opracowanymi później (niezależnie przez każdego z tych autorów).

8) Zarówno tu, jak we wszelkich analogicznych rozważaniach — przyjmujemy fikcyjne założenie, iż obserwator dysponuje teleskopem absolutnie doskonałym, tj. mogącym ujawnić każdą dwojoliną galaktykę, od której choćby najśłabsze światło dobiega do Ziemi. Dodatkowo pomijamy 'pochłanianie światła przez pył i gaz międzygwiazdny.

173

Z upływem czasu powiększa się obszar dostępny naszym badaniom. Oznacza to rozszerzanie się horyzontu, poza który nie możemy sięgnąć. Sam problem występowania horyzontu zdarzeń w kosmologii jest łatwy do zrozumienia: w skończonym czasie, jaki upłynął od początku ekspansji Wszechświata — światło przebyło skończoną odległość; w tym wypadku 7 miliardów lat świetlnych.

W modelu - Einsteina-deSittera gęstość Wszechświata maleje, czyli odległości między sąsiednimi galaktykami ustawicznie rosną. Mimo to, obserwator może dostrzegać coraz większą liczbę galaktyk, gdyż z biegiem czasu rozszerza się horyzont — choć stosunkowo coraz powolniej.

Inny, cykloidalny model Wszechświata, nie wiąże się z nazwiskiem żadnego uczonego. Określenie pochodzi stąd, że jego funkcją skalującą jest krzywa zwana cykloidą. „W praktyce” obraz wygląda w ten sposób, że po pierwotnym wybuchu — Wszechświat, ze stanu osobliwego pobudzony do rozwoju, zaczyna się bardzo szybko rozszerzać. Ta sytuacja trwa parę miliardów lat, aż tempo ekspansji wyraźnie zmaleje.

Po 30 miliardach lat ten gigantyczny proces zatrzymuje się. W przytoczonej poprzednio analogii — odpowiada to balonowi całkowicie nadmuchanemu: cętki na nim (a w przyrodzie — gromady galaktyk) mają największe wzajemne odległości. Z

kolei nasz balon (a w modelu cykloidalnym: Wszechświat) zaczyna się kurczyć. W punkcie ustania ekspansywnego ruchu gromad galaktyk — obecny Kosmos zalicza dokładnie połowę okresu swojej historii. Cały mechanizm ruchu ulega przestawieniu w odwrotnym kierunku: gromady galaktyk zaczynają się cofać. Odległości pomiędzy nimi maleją — z początku tak samo powoli, jak leniwie

174

wzrastało ich rozbieganie się przed szczytową fazą ekspansji.

Po dalszych 20 miliardach lat ich przyspieszenie rośnie dość gwałtownie, coraz ostrzej finiszując do mety ostatecznego dramatu. Wreszcie wszystkie one zbiegają się w jednym punkcie, zanurzając się w stanie osobliwym Wszechświata i tym samym kończąc swoje istnienie w charakterze zróżnicowanych struktur oddzielnych ciał kosmicznych i oddzielnych atomów.

W naszym pogładowym modelu odpowiada to zupełnemu wypuszczeniu gazu z balonu. Wyrażając się obrazowo, ale z gruntu nieściśle — w tym momencie następuje „koniec świata”. Staje czas, znika przestrzeń, znane nam prawa przyrody tracą moc obowiązującą.

Pełny taki „suw” trwa 60 miliardów lat. Tyle czasu ma się ciągnąć bieg dziejów naszego obecnego Wszechświata — od powstania atomów wszystkich pierwiastków z tworzywa ciasno upakowanych cząstek elementarnych, poprzez uformowanie się galaktyk, gwiazd i układów planetarnych (więc warunki sprzyjające powstawaniu życia), aż po coraz gwałtowniejszy regres tych warunków i powrót do stanu osobliwego: niewyobrażalnie wielkich gęstości, temperatur i ciśnień, kiedy istnienie jakichkolwiek procesów biologicznych byłoby wykluczone.

Również w tym modelu horyzont widoczności galaktyk rozszerza się z upływem czasu. Kiedy jednak osiągnie pewną granicę, obserwacje stają się bardziej urozmaicone. Skoro tylko promień światła dotrze z najdalszego, niejako antypodalnego punktu Wszechświata — będzie widziany z wszystkich stron. Później obserwator sięga jeszcze dalej, dostrzegając tę samą galaktykę w dwóch przeciwnych

175

kierunkach. Gdyby jednak zauważył w jednym jej obrazie wybuch supernowej — na drugim to zjawisko się nie ujawni. Promień światła ma bowiem w obu wypadkach niejednakową drogę do przebycia: moglibyśmy więc oglądać tę samą galaktykę jako dwa odrębne, oddalone obiekty na nieboskłonie — ale w różnych momentach jej historii.

Jeżeli model cykloidalny jest słuszny, to żyjemy w dość wczesnym stadium ewolucji Wszechświata, który „powstał” zapewne kilkanaście miliardów lat temu. Takie określenia, jak „powstanie Kosmosu”, albo „koniec świata” — piszę w cudzysłowie. Jest to podyktowane przeświadczeniem, że gdyby model cykloidalny okazał się prawdziwy — bynajmniej stąd nie wynika, iż w punkcie zerowym początku ekspansji, oraz w drugim punkcie aerowym ponownego kurczenia się całej materii do stanu osobliwego, należy się dopatrywać stworzenia Wszechświata oraz jego unicestwienia (w sensie powstania materii i zniszczenia materii). Raczej należy sądzić, że istniejąca odwiecznie materia przechodzi kolejne cykle rozwojowe, jak gdyby „ożywa” i „zamiera” — podobnie do ziemskiej przyrody naprzemiennie ożywającej wiosną i usypiającej z nastaniem zimy. Z tą jednak zasadniczą różnicą, że bujność wiosen i skostnienie zim Wszechświata dzielą od siebie nie tylko dziesiątki miliardów lat — lecz nadto absolutne przerwanie ciągu wszelkich działań, jakie się rozwijały w tym zawrotnie długim okresie.

Warto przypomnieć, że taki właśnie obraz ukazywali niektórzy materialistyczni filozofowie starożytnej Grecji: kiedy historia świata dobiegnie kresu — znowu wszystko zacznie się od początku.

Tak widziany rozwój Kosmosu oznacza pewien cykl przemian: kierunkową ewolucję od zarania,

176

czyli Wielkiego Wybuchu, aż do 'końcowego sprasowania w. szaleństwie skrajnie wysokich temperatur i ciśnień stanu osobliwego. Nasuwa to analogię z rozwojem jednostkowym żywego ustroju — od narodzin, poprzez wzrost, starzenie się i śmierć.

Życie każdego organizmu stanowi zjawisko niepowtarzalne. Nie świadczy to wszakże, by niczego nie było przed nim ani po nim. Żywe jestestwo jest łączącym ogniwem w łańcuchu wcześniejszych oraz potomnych pokoleń — które go zrodziły i które on zrodził — a także w łańcuchu krążenia materii: atomów jego ciała, które przed nim wchodziły w skład gwiazd, planet oraz pokrewnych mu istot, a po jego zgonie będą nadal uczestniczyły w obiegu pierwiastków w przyrodzie.

Podobnie Kosmos, narodzony w Wielkim Wybuchu i ginący po upływie 60 miliardów lat — nie musiał powstać jak *deus ex machina*: te długie dzieje stanowią jego „teraźniejszy” cykl i wcale nie muszą oznaczać, że absolutna nicość była przed nim i będzie po nim. Po prostu nasz obecny Wszechświat — w takim ujęciu — jest tylko etapem rozwijania się elementarnego tworzywa, jakie stanowi materia.

Czy za każdym razem występują właśnie takie cykle? O tym nie mamy pojęcia. Być może, przeszłość Wszechświata wyglądała inaczej, a także jakościowo odmienne będą jego koleje w następnych setkach miliardów lat. To nas upoważnia, aby na historię współczesnego Kosmosu, zapoczątkowaną (według nie udowodnionych domniemań) Wielkim Wybuchem, w wyniku którego bezładnie scalona materia rozdzieliła się na poszczególne gromady galaktyk, galaktyki, gwiazdy i układy planetarne — patrzeć jak na coś jedyne, zamkniętego i skoń-

12 BłolooseiOiS t. 1

177

czono.9) Winniśmy jednak zawsze pamiętać, że powstanie aktualnej postaci Wszechświata nie jest równoznaczne z powstaniem materii jako takiej, ani też zagłada tej postaci — z unicestwieniem materii.

W naszym życiu — sekundowym przystanku w dziejach wszechnrzeczy — znajdujemy się w położeniu widza, który w obcym mieście wstąpił do teatru i zasiadł na widowni. Siedząc akcją, może on snuć domysły, jak rozwijała się treść sztuki przed jego przybyciem. W równym stopniu może próbować przewidzieć zakończenie dramatu. Natomiast nie wie, czy to codzienny tamtejszy repertuar, czy też gościnny występ aktorów z innego miasta; czy ogląda premierę, czy ostatnie przedstawienie; także nie wie co wystawiano tam wczoraj i jaki repertuar przewidziano na najbliższe wieczory. Ma jednak pewność, że gmachu teatru nie zbudowano wyłącznie dla odegrania dzisiejszego spektaklu.

Podobnie, my nie wiemy, co działo się na naszej scenie „wczoraj”, czyli kilkanaście miliardów lat temu, oraz jak potoczą się wydarzenia „jutro”: za kilkadziesiąt miliardów lat. Ekstrapolowanie poznanych praw • przyrody pozwala nam sądzić, że materia nie raz odgrywała swój dramat, i nie raz jeszcze będzie go odgrywać, z samej siebie stwarzając skończoną całość: sztukę, aktorów, wszystkie rekwizyty, scenę i gmach teatru. Nie znamy tylko sposobu zajrzenia za kurtynę.

Istnieją trzy najprostsze modele kosmologiczne oparte na teorii względności.

Wszystkie one rozpoczynają się stanem osobliwym Wszechświata. Dla

9) Według innych, zwłaszcza dawniejszych teorii — narodziny Wszechświata przebiegały odwrotnie: materia, początkowo równomiernie rozproszona, zaczęła się skupiać w poszczególne zwarte formacje.

178



ukazania poprzez pewną analogią, na czym polega różnica między nimi — wyobraźmy sobie, że kolejno wystrzelujemy z Ziemi trzy pociski, każdemu z nich nadając inną prędkość. Powolniejszy od 11,2 km/s 10) wprawdzie może zalecieć nawet poza Księżyc, lecz nieuchronnie zawróci i stanie się satelitą planety, bądź spadnie na jej powierzchnię. Jest to wypadek eliptyczny: orbita będzie częścią elipsy, której jedno z ognisk znajdzie się w środku Ziemi. Pocisk, który osiągnie krytyczną prędkość 11,2 km/s (jak wiadomo, jest to prędkość ucieczki z Ziemi, czyli druga prędkość kosmiczna), pomknie po paraboli, czyli opuści rejon naszego globu na zawsze. Natomiast jeszcze szybszy — wejdzie na tor hiperboliczny, przez co również odpłynie od nas, ale z większą chyżością.

Model cykloidalny, o którym była mowa, odpowiada w tym porównaniu lotowi eliptycznemu. Przypadek paraboliczny obrazuje model Einsteina--deSittera. Dość podobny do niego hiperboliczny model Wszechświata, wyróżniający się gwałtowniejszym tempem ekspansji — odzwierciedla trzeci wariant.

Nie zapominajmy jednak, iż przytoczona analogia jest o tyle ograniczona, że dotyczy tylko mechanizmu oddziaływania grawitacji na rozszerzanie się Wszechświata. Nie ogarnia zakrzywienia przestrzeni, ani też bardzo ważkiej okoliczności, że ekspandującego Kosmosu nie możemy traktować jako eksplozji ugrupowań materii w już istniejącą, pustą przestrzeń: zgodnie z teorią względności, rozdymszający się Wszechświat dopiero wytwarza przestrzeń.

10) Bierzymy tu pod uwagę tylko przybliżenie Ziemi, zaniedbujemy zaś dodatkowe spowolnienie lotu wywołane tarcieniem o atmosferę.

u\*

179

Gdyby było inaczej — Kosmos musiałby posiadać zarówno środek, jak też „zewnątrzne” granice, więc wbrew zasadzie kosmologicznej nie mógłby wyglądać jednakowo z każdego miejsca.

Istnieje ponadto wiele innych modeli kosmologicznych, tak samo wywodzących się z założeń ogólnej teorii względności. 11) Nie wszystkie one wprowadzają stan osobliwy jako początek obecnej ekspansji Wszechświata. Za przykład odwrotnej koncepcji może służyć model pulsujący. Podobnie jak w cykloidalnym, po obecnej fazie rozszerzania się Kosmosu następuje zatrzymanie tego procesu i faza kontrakcji, a więc kurczenia się. Nie doprowadza ona jednak do stanu osobliwego, gdyż wcześniej, kiedy średnie zagęszczenie materii jest dość duże, lecz nie niweczy struktury oddzielnych ciał kosmicznych — zbieżny ruch galaktyk ulega spowolnieniu aż do całkowitego zatrzymania się, po czym znów następuje kolejna, tym razem rozprężająca, faza kontrakcji. W tym obrazie, Wszechświat ma nieokreśloną i przeszłość, i przyszłość: jego ewolucja przebiega rytmicznie, będąc serią powtarzających się oscylacji.

Nie mamy żadnej pewności, że obserwowaną ucieczkę galaktyk, powszechnie dziś interpretowaną jako faktyczne ich oddalanie się od nas — powinniśmy utożsamiać z rozszerzaniem się Wszechświata. Jesteśmy głęboko przekonani, że ani optycznie, ani radiowo nie sięgamy krańców Kosmosu. Obszar będący w zasięgu teleskopów nosi nazwę Metagalaktyki. Obejmuje ona kilkadziesiąt miliardów galaktyk, ale wciąż jeszcze nie wiemy, czy sta-

) Czytelnik interesujący się głębiej tym zagadnieniem znajdzie wyozeerpuijace jego potrakitoiwainie we wspomnianej już zinafcomiltej książce Wifflliaima Boonaira „Zagadka roasize-nzającego się Wszechświata”.

180

nowi znaczną część Wszechświata, czy tylko znikomy jego skrawek. Trudno wykluczyć, że to, co dostrzegamy jako ucieczkę galaktyk w polu widzenia naszych przyrządów — jest zjawiskiem -lokalnym, jakimś przypadkowym zawirowaniem,

podobnym do kręgów na jeziorze w miejscu, gdzie żółądź upadł w wodę. W takim wypadku Wszechświat może być tworem dość statycznym, my zaś bierzemy drobne,, w skali całości nic nie znaczące zaburzenie — za obraz ekspandującego Kosmosu...

Na osobne omówienie zasługuje koncepcja Wszechświata stacjonarnego: propozycja zgoła odmienna od pozostałych, nie tylko nie oparta o teorię względności, lecz — wprost przeciwnie — podważająca zarówno ją, jak też podstawowe założenia współczesnej fizyki. W 1948 r. trzech wybitni astronomowie — Bondi, Gold i Hoyle opublikowali model Wszechświata, w którym zasada kosmologiczna została na tyle wzmocniona, że autorzy nazwali ją doskonałą zasadą kosmologiczną. Brzmi ona w tym ujęciu: Obserwatorzy galaktyczni zawsze widzą zasadniczo taki sam obraz Wszechświata.

Żadna teoria kosmologiczna nie rozpała tyłu sporów i namiętnych polemik, co teoria stanu stacjonarnego. Trudno się temu dziwić. Model stacjonarnego Wszechświata jest pociągający głównie dzięki temu, że postuluje nieskończone jego trwanie w tej samej postaci ogólnej. Ani dynamika pro» cesu ekspansji (ucieczka galaktyk), ani lokalne nie-jednorodności i ewolucyjne przekształcanie (np. tworzenie się nowych galaktyk) nie deformują tu niezmiennego obrazu całości. Jak się wyraził Bondi — najbardziej pogładową analogią tak przedstawionego Kosmosu jest rzeka, którą stalle przepływa woda i poszczególne krople są w ciągłym ukierunkowanym ruchu, ale nurt. pozostaje ten sam.

181

Trzeba jednak podkreślić, że tę elegancką teorię, usuwającą wiele zasadniczych kłopotów związanych z niektórymi modelami relatywistycznymi (stan osobliwy, perspektywa „śmierci cieplej" Wszechświata) — autorzy okupili postawieniem na głowie pewnych fundamentalnych kanonów fizycznych.

W pierwszym rzędzie chodzi o prawo zachowania energii, które głosi, że energia jest niestwarzalna i niezniszczalna. .Bywa ono także nazywane prawem zachowania masy (albo materii) — co na jedno wychodzi, gdyż wiemy z teorii względności, że masa jest równoważna energii, czyli są to dwie zamienne postacie tej samej materii. Energia może przekształcać, się w masę (i odwrotnie) w myśl słynnego wzoru Einsteina:  $E = mc^2$  — gdzie E jest energią wyrażoną -w ergach, m — masa w gramach, zaś c — prędkością światła w centymetrach na sekundę. Na przykład energia promienista, wyzwolona w procesie świecenia latarni morskiej w nurcie stu lat, może być potraktowana w kategoriach masy: wynosi w przybliżeniu 1 kg. Ta sama energia zostaje wyzwolona w bombie nuklearnej w ciągu milionowej części sekundy.

Podstawą teorii stanu stacjonarnego jest zaskakujące założenie, iż nieustannie dzieje się w przyrodzie samorzutny proces powstawania materii — z niczego. Jest on bardzo powolny, gdyż w metrze sześciennym objętości przestrzeni tworzy się kilka atomów wodoru na stulecie. To wystarczy, aby uzupełnić straty gęstości materii wywołane obserwowanym rozbieganiem się galaktyk. Wynika stąd niezmiennosc Wszechświata i w czasie, i w przestrzeni. Kosmos jest tu nieskończony, a pytanie o jego początek i koniec traci wszelki sens.

Autorzy teorii stanu stacjonarnego wyrażają przekonanie, iż prawo zachowania energii jest pra-

182

wem empirycznym (wyprowadzonym na drodze doświadczałnej) — i w tym sensie nie zostaje zachwane wprowadzoną przez nich poprawką. Poglądy innych uczonych na tę sprawę są bardzo rozbieżne. William Bonnor uważa, iż jakakolwiek kreacja materii rujnuje od podstaw gmach fizyki, obalając teoretyczne jej podstawy. Oględniej pisze o tym prof. Włodzimierz Zonn w „Kosmologii współczesnej" (PWN 1968): „Postulowany przez Hoyle'a i Bondiego proces kreacji materii nie przeczy prawu

zachowania materii, potraktowanemu właśnie jako prawo empiryczne. Czy istotnie prawo to jest wyłącznie prawem empirycznym? Czy nie ma jakichś istotnych imponderabiliów? Czy obalenie prawa zachowania materii nie byłoby jakimś poważniejszym wstrząsem naszego światopoglądu i czy nie pociągnęłoby konieczności rewizji innych nauk, nie tylko fizyki? Wydaje się, że niewiele ludzi potrafi na to dać rozsądną odpowiedź."

Niektórzy zagorzali przeciwnicy teorii stanu stacjonarnego głoszą, że została ona obalona z chwilą odkrycia w 1964 r. \_\_ promieniowania reszkowego (rodzaj radiowego promieniowania tła nieba na falach ultrakrótkich), mającego stanowić pozostałość po Wielkim Wybuchu. Jednak liczni uczeni (z polskich specjalistów — W. Zonn) nie potraktowali tego za dowód ostateczny. Od strony naukowej zagadnienie pozostaje więc nadal otwarte.

Aczkolwiek z różnych względów teoria stanu stacjonarnego wydaje się mniej prawdopodobna niż „gorące” modele relatywistyczne — wysuwane czasami przeciwko niej zarzuty natury filozoficznej są wyzbyte racjonalnych podstaw. Hipotetyczne „pole tworzenia”, mające stanowić podstawę fizyczną dla kreacji materii — nie jest mniej prawdopodobne niż stan osobliwy Wszechświata. Oba te postulaty

183

-?>

w równym stopniu nie mieszczą się w ramach dotąd odkrytych praw przyrody i jedynie wyniki obserwacji mogą przeważać szalę na korzyść jednego z tych rozwiązań, bądź odrzucić obydwie ukazując zupełnie nowy obraz.

Postępy techniki obserwacyjnej, a zwłaszcza umieszczanie coraz doskonalszej aparatury na sztucznych satelitach Ziemi, więc z dala od zakłócających wpływów "atmosfery — napawają nadzieją, że niebawem uda się wyprowadzić kosmologię z impasu, w jakim znajduje się ona w tej chwili.

Dociekliwy Czytelnik może zapytać czym się kierował autor odbiegając od głównego nurtu tematu po to, by na dwudziestu paru stronicach dać pewne, siłą rzeczy fragmentaryczne, pojęcie o kierunkach przeważających w dzisiejszej kosmologii.

Dla rozróżnienia problemów życia istniejącego na różnych ciałach kosmicznych — jakie znaczenie ma odpowiedź na pytanie czym jest Wszechświat: twór fizyczny złożony z nieprzeliczonych miliardów galaktyk? Wszak życie rozwija się na pojedynczych drobnych obiektach, jakimi są planety. Pozornie wydaje się dość oczywiste, że biogeneza i ewolucja ziemskiego życia zależały od dwóch czynników, . zresztą silnie powiązanych z sobą: od fizykochemicznych warunków naszego globu oraz dopływu energii promienistej Słońca.

Z tego. punktu widzenia mogłoby się zdawać, że wyłącznie ewolucja układów planetarnych ma istotne znaczenie dla egzobiologii. Tak jednak nie jest.

Egzobiologia obejmuje nieograniczenie wielkie obszary przestrzeni i okresy czasu. Z tego względu jest spokrewniona z kosmologią bliżej niż jakakolwiek inna gałąź wiedzy astronomicznej.

Podobnie jak kosmologia analizuje wszystko, cokolwiek i kiedykolwiek może dziać się we Wszech-

184

świecie, nieskończonym albo zawrotnie wielkim — egzobiologia ogarnia wszelkie objawy życia rozgrywającego się na tej bezkresnej panoramie przestrzeni i czasu.

Gdyby egzobiologów interesowało wyłącznie, jaki -jest stan teraźniejszego biokosmo-su,12), to bez większego znaczenia byłoby na przykład wyjaśnienie zjawiska ucieczki galaktyk: czy rozpoczęło się ono Wielkim Wybuchem, i czy się zakończy zapaścią Wszechświata do stanu osobliwego. Tak samo dla biologii zajmującej się współczesnymi organizmami (ale nie — dla biogenezy!) jest obojętne, czy Ziemia powstała z zimnej mgławicy pyłowo-gazowej, czy przez

oderwanie się kłębow gorącej plazmy od Słońca.

Z pozycji egzobiologii — istniejące teorie kosmologiczne, których jest bardzo wiele, można podzielić na cztery grupy. W pierwszej mieści się tylko teoria stanu stacjonarnego, zarówno w klasycznej postaci, jaką jej nadali Bondi, Gold i Hoyle, jak też w rozmaitych modyfikacjach, postulujących — zamiast ciągłej kreacji pojedynczych atomów w pustej przestrzeni — powstawanie nagle bądź całych galaktyk, bądź też supernowych, z potraktowaniem ich wybuchu (wbrew ogólnie przyjętym poglądom) jako narodzin materii w miejscu, gdzie przedtem nie istniała żadna gwiazda.

Drugą grupę reprezentują modele wprawdzie rozpoczynające się stanem osobliwym, lecz zakładające dalszą wieczną ewolucję Wszechświata: bądź w charakterze tworu nie podlegającego — jako całość — istotnym zmianom (np. statyczny model Einsteina, mający już tylko historyczne znaczenie), bądź też

12) Jako „teraźniejszość” przyjmijmy tu 600 milionów lat, które upłynęły od początku ery paleozalcanej; dla rozważań kosmologicznych jest to okres bardzo ferótki.

1(85

rozrzedzającego się w nieskończoność (model hiper-boliczny, model Lemaitre'a, i inne).

Trzecia grupa to różne warianty modelu pulsującego, różniące się stopniem zagęszczenia materii przy przejściu od kurczenia się Kosmosu do jego ponownej ekspansji.

Wreszcie czwartą stanowią te propozycje, które nie tylko wychodzą od początkowego stanu osobliwego, lecz również nawrotem tego totalnego kataklizmu zamykają historię aktualnej fazy naszego Wszechświata, trwającą kilkadziesiąt miliardów lat.

Dla egzobiologii wypływa z tego podziału wiele ważkich wniosków, zarówno natury ogólnej jak i szczegółowej. Różnice pomiędzy wspomnianymi grupami modeli dotyczą w głównej mierze czasu trwania Wszechświata\*. W pierwszej mamy nieskończoną przeszłość i nieskończoną przyszłość. Pozostałe inauguruje stan osobliwy, a później — Wszech świat bądź utrzymuje warunki zbliżone do dzisiejszych, bądź zmierza ku granicy kataklizmu, ewentualnie przekraczając ją (w trzeciej grupie — zależnie jaki założymy maksymalny stan gęstości materii w kurczącym się Kosmosie); albo wreszcie, w grupie czwartej — cały Wszechświat, który miał swój początek, ma również nieuchronny kres. Wprawdzie możemy się spodziewać, że ta „śmierć Kosmosu” stanowi preludium do' nowych jego narodzin — ale to już będą całkiem odrębne dzieje, wyzbyte powiązań z poprzednimi, i to w stopniu o wiele radykalniejszym niż śmierć osobnicza przerywa łączność pomiędzy organizmem a gatunkiem i biosferą. Tu bowiem żadne zdarzenia z przeszłości nie mogą oddziaływać na dokonania dziejące się w nowym świecie. Wspólna dla obydwu pozostaje tylko naga materia.

lae

Szczególnie pasjonująca jest przyszłość Życia. Jednak również nie może nam być obojętne, czy warunki dla jakiegokolwiek biogenezy pojawiły się dopiero kilka miliardów lat temu, czy też istniały nieskończenie dawno. Ta druga ewentualność użycza szans niezmiernie rozwleczonemu w czasie (by nie powiedzieć: wiecznego) przenoszenia doświadczeń. Jest to transfer intelektualnych dokonań, przenikający dowolnie daleko w przeszłość miliard-lecia — nawet w wypadku, gdy konkretna cywilizacja nie zna dróg przekazywania tych wartości poprzez schodki różnych pośrednictw, i nawet się nie domyśla co komu zawdzięcza.

Trzeba mocno podkreślić, że we Wszechświecie mającym nieokreśloną przeszłość istnieją o wiele pewniejsze szanse dojścia choćby raz na miliony gwiazd, czy

nawet miliony galaktyk — do jakichś nadzwyczaj korzystnych powiązań między bardzo odległymi kulturami. Można to porównać do „genowej loterii”, gdzie raz na wiele milionów ko-niunkcji spotykają się z sobą i łączą dwa genotypy przypadkowo dobrane tak znakomicie, aby dać w efekcie mózg Kopernika, Szekspira lub Miłosza. Zależnie od przyjętego modelu, przyszłość bioko-smosu może być skończona lub nieskończona. W tym drugim wypadku zachodzi na ogół (z wyjątkiem teorii stanu stacjonarnego) postępujące rozrzedzanie się materii. Dla rozkwitu życia, dla wzajemnych, niezmiernie korzystnych powiązań i wymiany doświadczeń między różnymi biosferami — nie ma to zbyt wielkiego znaczenia. Pamiętajmy bowiem, że we wszelkich teoriach kosmologicznych najmniejszą jednostką trzymającą się zwarcie jako całość jest galaktyka (a przeważnie, nawet gromada galaktyk). Chcąc być w zgodzie z obserwacjami, żadna teo-

187

ria nie może przewidywać, aby ekspansja Wszechświata i wynikłe z niej rozrzedzanie się materii miało dotyczyć poszczególnych gwiazd. Ich średnie (statystyczne) wzajemne odległości pozostają bez zmian. W niektórych ujęciach rozpraszają się nawet gromady galaktyk — lecz same galaktyki utrzymują się nienaruszone.

Weźmy dla przykładu znany model Lemaitre'a. Kosmos, zapoczątkowany w stanie osobliwym (tu — jako nadgęsty, ale niezwykle skomplikowany twór: „atom pierwotny”), rozszerza się zrazu gwałtownie, potem znacznie wolniej, aż znowu krzywa jego ekspansji szybko rośnie na wykresie, zmierzając ku nieskończoności. Specyficzną cechą wyróżniającą model jest to, iż obserwator nie może zobaczyć przejścia jakiejś galaktyki przez horyzont. Kiedy to już nastąpi — widzi ją pod postacią słabej czerwonej plamki (wskutek olbrzymiego przesunięcia dopplerowskiego); jej obraz będzie trwał w tej postaci przez całą wieczność. Z upływem czasu — każda galaktyka pozostanie samotna, z widocznymi na niebie mglistymi zjawami swoich byłych sąsiadek.

Czy w tych warunkach krzewienie się życia byłoby utrudnione? Bynajmniej. Poszczególne galaktyki to przecież ogromne skupiska gwiazd. Układ Drogi Mlecznej zawiera ich ponad 200 miliardów. Jeśli więc pominąć dość problematyczną dwustronną łączność między galaktykami — również w tych nowych okolicznościach, biosfery rozsiane po całej Galaktyce, oraz zrodzone w ich obrębie kultury psychozoów, miałyby nadal te same możliwości rozwojowe. Wydaje się, że pojedyncza galaktyka jest strukturą wystarczająco obszerną, aby wśród miliardów obecnych w niej systemów planetarnych spełniły się prawie wszystkie podstawowe typy bio-

188

sfer, oraz główne praktykowane formy między-wilizacyjnych kontaktów.

W grupie trzeciej i czwartej ten problem przedstawia się zgoła inaczej.

Przejście Wszechświata w stan osobliwy, wykluczający prosperowanie jakichkolwiek form życia — nie jest tu jedyną groźbą dla ustrojów biologicznych. Nie ulega wątpliwości, że w dobie regresji Kosmosu warunki w jego obrębie zaczną się zmieniać — tym radykalniej, z im większą chyżością będzie przebiegał ten proces. Obecną fazę ekspansji cechuje to, że widma galaktyk są przesunięte ku czerwieni. Jeśli chodzi o najdalsze obiekty dostrzegalne w wielkich teleskopach, oddalające się od nas z prędkościami znacznie przekraczającymi połowę prędkości światła — przesunięcie to jest bardzo wydatne. Powoduje ono wyraźne poczerwienienie obrazów galaktyk i tym samym osłabienie siły ich blasku. Ta bowiem część widma, która niesie najintensywniejsze kwanty światła — znika dla wzroku, gdyż przenosi się do nadfioletu.

Warto wspomnieć o tak zwanym paradoksie Ol-bersa. W początku zeszłego stulecia

wybitny niemiecki astronom Heinrich Olbers (1758—1840) zwrócił uwagę, że jeśli Wszechświat jest nieskończony — to z każdego punktu na niebie musi dotrzeć do nas promień jakiejś, choćby ogromnie dalekiej, gwiazdy (dziś powiedzielibyśmy raczej: galaktyki). W tych warunkach nocne niebo powinno świecić bardzo jasno, podobnie jak tarcza słoneczna.

Wy tłumaczenia tej sprzeczności doczekaliśmy się stosunkowo niedawno: poczerwienie, więc osłabienie światła dalekich galaktyk — sprawia, że tło nieba może być jednak ciemne.

To zjawisko zamyka się całkiem inaczej w fazie regresji Wszechświata.

Zamiast poczerwienie-

189

nią galaktyk wystąpi ich ponieszczenie: przesunięcie widma ku części fioletowej — co wywoła znaczny wzrost blasku zwłaszcza bardzo odległych obiektów. Prędkość przybliżania się galaktyk do nas powinna być wtedy wprost proporcjonalna do ich odległości: na przykład trzy razy dalsze będą mknęły ku nam trzykrotnie szybciej. Nocne niebo ziemskie może być wówczas podobnie jasne jak obecnie dzienne, a w końcowej fazie tego procesu — nawet świecić oślepiającym blaskiem i niebezpiecznie podnieść temperaturę powierzchni planety. Dramatyczny problem postępujących zmian warunków w kurczącym się Wszechświecie zaprzęta umysły astronomów. Oczywiście nie może on być obojętny dla egzobiologii. Spotykamy opinie, iż w fazie kontrakcji Kosmosu wszelkie środowiska przyrodnicze będą raczej niesprzyjające dla powstawania i rozwoju życia. Autorzy obdarzeni szczególnym temperamentem polemicznym czasami twierdzą wręcz, że jakiegokolwiek życie stanie się wtedy wykluczone<sup>^</sup>

Pogląd ten jest mocno kontrowersyjny, zwłaszcza jeśli dotyczy całego okresu kurczenia się Wszechświata. Przy wszystkich niewiadomych w kwestii narodzin biosfer oraz ich dalszej ewolucji, jedno możemy uznać za pewne: że formy biologiczne, raz powstałe, odznaczają się wspaniałą plastycznością. Życie zawsze znajduje sposoby adaptacji do zmian otoczenia — byle one nie następowały zbyt gwałtownie, np. w nurcie jednego pokolenia.

Cykloidalny model Wszechświata przyjmuje za okres pełnej fazy jego rozwoju 60 miliardów lat. Po upływie 30 miliardów lat od eksplozji ze stanu osobliwego — ucieczka galaktyk ustaje i rozpoczyna się kontrakcja. Początek ich skupiania się przebiega w tym obrazie bardzo powoli i nie wnosi

190

istotnych zmian do warunków panujących na powierzchni planet. Wpływ kurczenia się Wszechświata daje znać o sobie później, lecz nadal są to przejścia łagodne i płynne. Stąd wniosek, że w dobie regresji, kiedy rzeczywiście zmieniałyby się parametry fizyczne (wzrost energii, nasilenie twardych promieniowań nieba) — życie powstające w tym czasie na rozmaitych planetach byłoby zahartowane wobec panujących warunków i w toku dalszego rozwoju przygotowywałoby się progresywnie do powolnych zmian.

Do pouczających refleksji pobudza pewna analogia z okresem formowania się na Ziemi pierwszych organizmów. Brak tlenu w praatmosferze Planety sprawiał, że bez przeszkód docierało do jej powierzchni nadfioletowe promieniowanie Słońca w stężeniu zgubnym dla dzisiejszych zwierząt. Jeśli nawet — jak sugeruje Szklowski — życie w związku z tym powstało pod izolującą osłoną kilkudziesięciocentymetrowej warstwy wody, to na jakimś wczesnym etapie swej ewolucji biosfera musiała mieć do czynienia z zabójczą (z naszego punktu widzenia) dawką promieniowania nadfioletowego. Ponieważ wyszła z tej próby zwycięsko, mamy uzasadnioną podstawę mniemać, że tak samo możliwy jest proces odwrotny: akceptacji wzrostu stężenia twardych promieniowań.

W układach gwiazd, które wytworzyły biosfery na swych planetach, długość trwania warunków ekosferycznych jest przeważnie podobna jak w Układzie Słonecznym: kilka miliardów lat. 13) W po-

13) Pomijam tu gwiazdy karłowate, wyróżniające się znacznie dłuższym okresem stabilności. Już gwiazda o masie dwukrotnie mniejszej — od Słońca powinna promieniować równomiernie w ciągu całych CO miliardów lat trwania jednego cyklu Wszechświata.

191

czątkowych stadiach kurczenia się Kosmosu, pięć do dziesięciu miliardów lat nie przeinaczy radykalnie fizycznych parametrów w jego obrębie. Biosfery mogą więc wtedy nie tylko wytworzyć się wokół gwiazd typu Słońca, lecz także doczekać naturalnej śmierci wraz z wyczerpywaniem się w gwieździe wodoru jako „paliwa” jądrowego, co zachwieje równowagę jej promieniowania.

Fundamentalne zmiany warunków nastąpiłyby dopiero w schyłkowej epoce naszej fazy Wszechświata: ostatnich kilku miliardów lat przed osiągnięciem stanu osobliwego.

W dalszym ciągu jednak sukcesywne przekształcenia następowałyby powoli, w czasie nieporównywalnie dłuższym niż można sobie wyobrazić trwanie jednego pokolenia jakichkolwiek psychozoów — jeśli pominąć szansę długowieczności sztucznie wytworzone metodami inżynierii genetycznej.

Wydaje się pewne, że przystosowawcze zdolności przynajmniej niektórych grup w obrębie poszczególnych biosfer byłyby mocniejsze niż zabójcze oddziaływanie fizycznych zmian otoczenia. Ewolucja jest nieprześcignioną mistrzynią kompromisów. Jeśli tylko rozporządza wystarczająco długim czasem — zawsze zdoła znaleźć jakąś furtkę ratującą od zguby nie poszczególne osobniki, czasami nawet nie gatunki i rodzaje, ale wyższe grupy systematyczne: rzędy, gromady. Pokonana w jednym środowisku — wycofuje się wraz ze swoim przychówkiem, wtłaczając go w jakąś nową, zaskakująco trafnie upatrzoną niszę ekologiczną.

Podziwiamy ten kunszt ewolucji, śledząc w paleontologii ewolucyjne migracje z wody na ląd (ryby — płazy), z lądu w żywioł powietrzny (gady — ptaki), w głąb gleby (krety, zwitniki, płazy beznożne), z lądu powtórnie do wód (walenie, foki, pła-

192

wice czyli węże morskie). Sądząc po tych przykładach, zresztą bardzo licznych, trudno sobie wyobrazić, żeby biosfery miały ginąć — jako całości — wskutek bardzo powolnego wzrostu stężenia energii we Wszechświecie.

Wprost przeciwnie: należy przypuszczać, że życie jest tak plastyczne, iż jeszcze w końcowych paru miliardach lat, kiedy warunki promieniowania i temperatur w Kosmosie ulegną już radykalnym zmianom — powstaną nowe gniazda życia, od kolebki zbierające odmienne doświadczenia i — w dalszym ciągu progresywnie adaptujące się do coraz trudniejszych kosmicznych biotopów.

Wytworzą się wtedy formy odporne głównie na rozmaite rodzaje twardych promieniowań o znacznym nasileniu. Z drugiej strony, wzrost temperatur we Wszechświecie (świecenie i grzanie tła nieba, wspomniane w związku z paradoksem Olbera) mógłby wydatnie odsunąć ekosfery od ich gwiazd macierzystych — w takie peryferyjne rejony układu planetarnego, gdzie w naszej epoce panowałyby kosmiczny mróz. Albo też przeważałyby organizmy ciepłolubne. Nie ulega wątpliwości, że jeśli model cykloidalny jest słuszny, to w końcowej fazie kurczenia się Wszechświata nastąpią warunki, kiedy na planetach ekosferycznych z dzisiejszego punktu widzenia 14) tło nieba będzie ogrzewało ich powierzchnię znacznie silniej aniżeli gwiazda-słońce.

Któż odgadnie, czy właśnie wtedy nie powstaną — może po raz pierwszy — ustroje czerpiące energię życiową bezpośrednio z przemian promieniotwórczych? Możliwe,

że dopiero któreś z tych form

14) Tj. przy zastosowaniu klasycznych ekosferycznych wzorów J. Gadomskiego, uwzględniających promieniowanie gwiazdy-słońca jako jedyne źródło nagrzewania powierzchni planety — które będą omówione w rozdziale VT.

13 Biokoymos t. 1

193

najskuteczniej opierających się podmuchowi już bliskiej katastrofy świata — doczekają niemal ostatnich jego akordów; i tylko one zostaną zgładzone, już stosunkowo szybko, postępującym progresywnie dziełem totalnego zniszczenia. Rozważania nad adaptacją życia do specyficznych zmian warunków w kurczącym się Wszechświecie mają nader istotne znaczenie w wypadku modelu pulsującego. Różni autorzy przyjmują rozmaite wartości dla maksymalnej gęstości materii podczas przejścia do kolejnej fazy ekspansji. O ile te gęstości nie byłyby zbyt wielkie dla przystosowania się biosfer — wynikałby stąd wniosek, że wprawdzie życie może istnieć stale, więc w każdej epoce historii Wszechświata, niemniej jego charakterystyka byłaby inna podczas rozszerzania się Kosmosu, inna zaś w fazie schyłkowego kurczenia się.

Oznaczałoby to chyba zachwianie ciągłości, w tym sensie, że jedne okresy, trwające miliardy lat, wyróżniałaby dominacja biosfer podobnych do dzisiejszych (których dość typowym przykładem jest może właśnie ziemskie życie), natomiast na końcowym etapie zmierzania ku największym gęstościom przeważałyby bądź formy promieniotwórcze, bądź żarolubne — aż do zmiany warunków zapoczątkowanej ponownym rozszerzaniem się Kosmosu.

Rozważania te prowadzą w jeszcze jednym, bardzo ciekawym kierunku: poszukiwań odpowiedzi, czy prawa przyrody pozostają zawsze niezmiennie, czy też ewoluują wraz z przekształceniami samego Kosmosu. Z tego punktu widzenia, teorie kosmologiczne można podzielić inaczej niż poprzednio: teorię stanu stacjonarnego przeciwstawić pozostałym modelom Wszechświata.

Znamiennym wyróżnikiem teorii stanu stacjonarnego jest panowanie w Kosmosie zawsze tych sam

mych warunków. Rzecz prosta, w tym obrazie również prawa natury muszą pozostawać wiecznie niezmiennie. Bondi uważa to za szczególnie cenną zaletę swej teorii.

Twierdzi nawet, że jeśli Wszechświat jako całość kiedykolwiek był lub kiedykolwiek będzie wyraźnie różny od tego, co stwierdzamy obecnie — nie mamy podstaw przypuszczać, iż poznane prawa fizyki są ważne również w odmiennych warunkach; wówczas nic nie usprawiedliwia stosowania tych praw do odległej przeszłości lub przyszłości.

Rozumowanie to jest całkowicie poprawne. Trzeba jednak podkreślić z naciskiem, że prostota lub elegancja naszych teorii fizycznych nie ma żadnego znaczenia dla stanu faktycznego: Wszechświat jest takim, jakim jest. A my poznajemy go coraz dokładniej w miarę naszych wysiłków i umiejętności.

Przenoszenie praw fizyki na przeszłość i przyszłość, na warunki nieobecne w przyrodzie Ziemi, a także nieosiągalne w naszych laboratoriach (skrajnie wysokie ciśnienia, temperatury, gęstości), jest powszechnie przyjętą metodą naukową.

Nawet nie próbuje się rozpatrywać, w jaki sposób mogą (czy też muszą) ewoluować prawa natury w tych modelach, w których oblicze Wszechświata zmienia-<sup>1</sup>się zdecydowanie w rozmaitych okresach.

Oszczędzimy sobie tego trudu jedynie w wypadku, jeśli teoria stanu stacjonarnego okaże się słuszna. W przeciwnym razie prędzej czy później do parametrów zmieniającego się Kosmosu przyjdzie dołączyć czynnik ewoluowania praw przyrody oraz wynaleźć metody pozwalające na ilościowe, oraz jakościowe określanie tych przemian.



Jest wielce prawdopodobne, że życie jako prawo natury musi posiadać ściśle uogólniające powiązania nie tylko z chemią, lecz w jeszcze rozleglejszym

13\*

195

w

^

l

stopniu z fizyką. Zaledwie domyślamy się całokształtu tych zależności i chyba daleko nam do poznania ich. Rozstrzygnięcie tego problemu powinno zostać przyspieszone dzięki rozwojowi cybernetyki. Przeważa przypuszczenie, iż teoria stanu stacjonarnego okaże się chybiona. Dlatego winniśmy poważnie się liczyć z ewoluowaniem praw przyrody jako takich, gdyż to jest logiczną konsekwencją kierunkowego rozwoju Kosmosu. W takim razie — niezależnie od transformizmu poszczególnych biosfer — musi istnieć ewolucja pierwiastka życia w biokosmosie, ściśle sprzężona z ewoluowaniem samego Wszechświata. Jest to jednoznaczne z ewolucją pojęcia „życie” na różnych piętach rozwoju Kosmosu. Życie, które powstało na jakimś globie dwa miliardy lat wcześniej od ziemskiego — musiało mieć jakościowo odmienną charakterystykę. Z kolei, będzie ona inna dla życia powstającego za 20 miliardów lat. O ile słuszny jest model cykloi-dalny, bądź któryś z wariantów modeli pulsujących — w kolejnych fazach kurczenia się Wszechświata te parametry odbiegą jeszcze gruntowniej od statusu dzisiejszego.

Rozdział VI

#### ALCHEMIA KOSMOSU

Olśniewający dziw piękna w przyrodzie Ziemi: gwiazdziste niebo — zrósł się z wszystkimi szlakami ludzkich dziejów, trwale rozgościł w marzeniach i w sztuce, podbił nasze serca. Jeśli nie zawsze doceniamy urokliwy czar pogodnych nocy — to chyba dlatego, że zbyt przywykliśmy do nich. Lecz cóż nastraja mocniej od marzeń o pozaziemskich kulturach niż niebo stębnowane w znajome gwiazdozbiory letnie albo zimowe, drgające kolorowymi ognikami w czystym powietrzu? Wtedy żarliwie chcielibyśmy przeczuć, co może pochłaniać tamtejszych nieodkrytych „ludzi”. Czy porywy ich dociekań zrastają się gdzieś przygodnie choćby z jakąś jedną człowieczą myślą-spojrzeniem, odradzającą się od prawieków nie w glorii wielkich systemów filozoficznych, ale w zachwyceniu gwiazdami wonną majową nocą? Wtedy patrzymy w upodobaną jasną gwiazdę, piękniejszą od sąsiednich, i koniecznie pragniemy wierzyć, że stamtąd, z jakiejś planety okrążającej to dalekie słońce — ktoś dobry i mądry patrzy w swoje niebo, na którym nasz świat lśni złotym punkcikiem.

Czy możemy ufać, że tak jest naprawdę?

Powstawanie życia i jego ewolucja do wysoko

. 197

J

uorganizowanych form, świadomych siebie — to naturalna dążność materii. A jednak najmniej prawdopodobna jest obecność kosmicznych kultur wokół jasnych gwiazd widocznych gołym okiem. Ani jedna spośród pięćdziesięciu najokazalszych nie spełnia w całości wymaganych warunków.

Dlaczego?

Bo nasz obraz nieba jest wybitnie selektywny: nie oglądamy wszelkich gwiazd, lecz tylko te, które wypromieniowują energię z wielką mocą. To sprawia, że najbliższą kosmiczną sąsiadkę — Proxima Centauri, dostrzegamy dopiero w silnej lunecie; natomiast jedna z jaśniejszych gwiazd widocznych u nas latem — Deneb, jest oddalona aż 1630 lat świetlnych.1)

Gwiazdy słabe dostrzegamy jedynie z bliska. Można je przyrównać do płomyka

świecy, który już na kilometr trudno zauważyć. Gwiazdy podobne do Słońca lśnią nam — odpowiednio — jak żarówka. Najokazalsze zaś nadolbrzymy to swoiste latarnie morskie: bez pomocy lunet dostrzegamy je jeszcze z odległości tysięcy lat świetlnych.

Spośród dwudziestu najjaśniejszych gwiazd nieba — aż połowa znajduje się dalej niż sto lat świetlnych. Tymczasem Słońce przestałoby być widoczne już z dystansu 40 l. św. Do odległości trzynastu lat świetlnych znamy 29 gwiazd (wliczając składniki gwiazd podwójnych), z których tylko dwie mają jasność absolutną znacznie większą od Słońca (Syriusz i Procyon), dalsze cztery — podobną, resztę natomiast stanowią obiekty słabe lub bardzo słabe.

Ewolucja gwiazd, intensywnie rozpracowywana

a) Rok świetlny (ir. św.; w liczbie mnogiej — l. św.), jednostka długości. w astronomii: odległość, którą światło pokonuje w ciągu jednego roku, równa 9,46 bilionów km.

198

w czasach najnowszych, stanowi jeden z naczelných problemów astrofizyki i astronomii gwiazdowej.<sup>2)</sup> Jest to zagadnienie obszerne, ponadto dość trudne. Modele budowy gwiazd opierają się na wzorach różniczkowych, a niektórych końcowych ich stadiów — na równaniach ogólnej teorii względności. Ponieważ z naszym tematem wiążą się ściśle jedynie pewne wycinkowe aspekty ewolucji gwiazd, będzie tu mowa wyłącznie o nich, i tylko o tyle, o ile warunkują charakterystykę, rozległość i długowieczność ekosfer gwiazdowych, czyli sfer dogodnych dla rozwoju życia — które zostaną omówione w następnym rozdziale.

Wspomnę też o końcowych stadiach różnych typów gwiazd. s)

U podstaw klasyfikacji gwiazd leży niezmiernie proste twierdzenie Vogta-Russella, które jest słuszne dla tak zwanych gwiazd stałych, czyli pozostających w stanie równowagi mechanicznej i promienistej (a tylko one leżą w naszym temacie). Wszystkie parametry charakteryzujące stan fizyczny gwiazdy zależą od jej masy i składu chemicznego.

2) Dla większej przejrzystości — użyłem tu określenia, (które wyszło z użycia w fachowym nazewnictwie. Do niedawna wyodrębniano jako osobny dział astronomie, gwiazdową, zajmującą się budową Układu Drogi Mlecznej oraz zapożyczającymi ją obiektami (gwiazdy, gromady gwiazd, mgławice i dn.)- Ponieważ postęp metod obserwacyjnych udostępnił w ostatnich dziesięcioleciach analogiczne badanie struktury bliższych galaktyk — ten (dział) został wchłonięty przez astronomię pozagalaktyczną.

\*) Uwadze Czytelników, (pragnących zapoznać się z pasjonującym tematem ewolucji gwiazd, polecam m.in. następujące pozycje: „Astronomia popularna”, WP 1967, praca zbiorowa; F. Hoyle, „Granice, astronomii”, PWN 1967; O. Struve i V. Zebergs, „Astronomia XX Wieku”, PWN 1967. Wiele skondensowanych informacji E tej dziedziny zawiera przewodnik encyklopedyczny „Kopernik, astronomia, astronautyka”, PWN 1973.

199

Chodzi o to, że z danej ilości materii o określonym składzie chemicznym nie moglibyśmy zbudować rozmaitych modeli gwiazdy (gorętszej lub zimniejszej, o większej bądź mniejszej gęstości, itp.) — lecz jeden jedyny egzemplarz: gwiazdę mającą z góry określone wszystkie właściwości fizyczne oraz ustaloną budowę. Drugim bardzo ważnym uproszczeniem zagadnienia jest zbliżony skład chemiczny gwiazd. Stąd również widmo obiektu zależy — z grubsza biorąc — tylko od temperatury fotosfery, czyli świecącej powierzchni. W oparciu o to stwierdzenie, podzielono gwiazdy na siedem zasadniczych typów, w miarę malejących temperatur — i oznaczono je kolejno literami: O, B, A, F, G, K, M.

Ponieważ wśród gwiazd istnieją przejścia ciągle od jednego typu do drugiego — dla większej ścisłości każdy z nich podzielono na dziesięć podtypów, od O do 9. Liczbę stosowną dla danej gwiazdy umieszczamy za literą oznaczającą jej typ. Na przykład gwiazda w typie F5 jest chłodniejsza od gwiazdy F1, natomiast gorętsza niż gwiazda F9. Nasze Słońce jest nieco chłodniejsze od tej ostatniej, gdyż ma typ G2.

Ta klasyfikacja nosi nazwę klasyfikacji harvardzkiej, bo została zaproponowana, a potem opracowana w latach trzydziestych na materiale kilkuset tysięcy gwiazd przez grupę astronomów z Obserwatorium Harvardzkiego pod kierunkiem dwóch ówczesnych jego dyrektorów: E. Pickeringa i H. Shapleya.

Później opracowano w Obserwatorium Yorkesa uleszoną klasyfikację spektralną gwiazd, powszechnie dziś stosowaną. Oznacza się ją literami M-K, od nazwisk autorów wydanego w 1943 r. atlasu (W. Morgan, P. Keenan, E. Kellman), w którym dla poszczególnych gwiazd uwzględniono nie tylko typ

200

widmowy, ale i światłość. Klasą światłości oznaczamy literą rzymską za symbolem wyrażającym klasę spektralną, według następujących kryteriów: I — nadolbrzymy; II — jasne olbrzymy; III — olbrzymy; IV — podolbrzymy; V — karły ciągu głównego; VI — podkarły. W tej klasyfikacji Słońce ma oznaczenie G2V.

Wyjaśnienia wymaga użyte tu określenie ciągu głównego. To jedno z podstawowych pojęć dotyczących zarówno ewolucji gwiazd, jak ich zróżnicowania w dobie obecnej. Dla naszego tematu ma szczególnie doniosłe znaczenie, gdyż jedynie pośród gwiazd ciągu głównego spodziewamy się takich, w których układach planetarnych mogły powstać rodzime biosfery. Wyjaśnienie pojęcia ciągu głównego zawiera rysunek, przedstawiający diagram Hertzsprunga-Russella, nazywany w skrócie diagramem H-R (czasami: wykresem H-R).

Wyczerpujący opis treści zawartych w tym wykresie, a zwłaszcza wynikających konsekwencji, zająłby objętość książki. W nim bowiem tkwi w gruncie rzeczy całokształt problemów dotyczących tak charakterystyki wszelkich rodzajów gwiazd, jak dróg ich ewolucji. Sama jednak idea diagramu H-R jest prosta i zrozumienie jej nie nastrecza trudności.

Chcąc porównać rzeczywistą siłę świecenia różnych gwiazd, trzeba je w wyobraźni „ustawić” w jednakowej odległości. Astronomowie umówili się przyjąć za taką odległość 10 parseków<sup>4)</sup> a wielkość

4) Parsek (skrót ps) — jednostka długości powszechnie stosowana w astronomii, zdefiniowana jako odległość, parzy której parallaxa roczna gwiazdy (wielka pólś elipsy zakreślonej przez gwiazdę na niebie w wyniku ruchu obiegowego Ziemi wokół Słońca) równa się jednej sekundzie kątowej, 1 ps = 3,26 l. św. Wynosi to w 'przybliżeniu 31 bilionów km.

201

gwiazdową<sup>5)</sup> w jakiej prezentowałaby się nam gwiazda właśnie tak oddalona, nazwali wielkością absolutną. Słońce świeci z takiego dystansu jako gwiazda 4, m8. Możemy to wyrazić prościej: że Słońce jest obiektem 4, M8 (M oznacza wielkość absolutną).

W 1907 r. duński astronom Ejnar Hertzsprung (1873—1967) zauważył, że gwiazdy chłodne, czyli tak' zwanych późnych<sup>6)</sup> klas widmowych (K,M) — można podzielić na dwie wyraźnie odrębne grupy o znacznych różnicach jasności. Nadto wykrył zależność między barwą a jasnością poszczególnych gwiazd w gromadach otwartych Plejad i Hiad. W 1913 r. amerykański astronom Henry Russell (1877—1957) sporządził wykres, gdzie na osi odcie-

6) Wielkość gwiazdowa (storót m — lae. magnitudo): miara jasności gwiazdy.

Tenmiin „wielkość” utrzymał się od starożytności; wtedy niesłusEnie sądzono, że

gwiazda jaśniejsza ma znacznie większe rozmiary. Skalę wielkości gwiazdowych oparto na wprowadzonej przez Ptolemeusza klasyfikacji jasności gwiazd, według której najjaśniejsze miały wielkość pierwszą, a najślabsze szóstą. Różnica jednej wielkości gwiazdowej oznacza 2,5 razy słabszy blask, zaś pięciu wielkości gwiazdowych, (np. 1, mO — 6, mO) — sto razy słabszy blask.

Pojęcie wielkości gwiazdowej rozszerzono na wszelkie obiekty kosmiczne, naturalne i sztuczne, a najjaśniejsze (Słońce, Księżyc, kilka planet i gwiazd) mają wielkości ujemne, np. Słońce — -26,7, Syriusz — -1,45. Ciała kosmiczne powyżej 6, mO są widoczne tylko przez lunety. Najślabsze gwiazdy, mierzone E (pomocą Licznika fotonów, mają 24<sup>m</sup>1.

6) Kiedy wprowadzono klasyfikację harwardzką, panowało przekonanie, że kolejność typów widmowych wyraża rosnący wiek gwiazd, od najmłodszych obiektów klasy O do najstarszych Masy M. Choć ten pogląd okazał się niesłuszny, powiedzenie „wczesne” oraz „późne” typy widmowe, także „wcześniejsze” i „późniejsze” — utrzymało się, jako wygodne. Dlatego mówimy, że gwiazda A1 ma typ wcześniejszy niż G1, zaś G2 późniejszy od nich Obydwu.

202

tych umieścił klasę widmową poszczególnych gwiazd (więc zarazem ich temperaturę powierzchniową), zaś na osi rzędnych — wielkości absolutne.

W ten sposób powstał ów słynny diagram, odtąd wciąż wykonywany dla rozmaitych grup gwiazdowych (np. bliskiego otoczenia Słońca, pojedynczych gromad otwartych, gromad kulistych, populacji gwiazd, itd) Umożliwia on łatwe porównywanie wyników obliczeń dróg ewolucyjnych gwiazd z danymi z obserwacji teleskopowych. Ten nieskomplikowany wykres jest wyjątkowo użyteczny zarówno w codziennej pracy specjalistów, jak w popularyzowaniu węzłowych problemów astronomii: rzut oka na diagram H-R pozwala znacznie lepiej rozróżnić się w statystycznej sytuacji gwiazd, niż oddzielne analizowanie ich parametrów dla tysięcy obiektów.

Przypomnę, że obraz nieba oglądanego okiem nieuzbrojonym jest wybitnie selektywny: gwiazdy słabe widzimy tylko w niewielkich odległościach, jasne zaś — ze znacznego oddalenia. Użycie teleskopu pozwala sięgnąć dalej w głąb przestrzeni, lecz efekt selektywności pozostaje bez zmian. Nawet za pomocą najsilniejszych narzędzi, badania widm białych karłów odległych o setki lat świetlnych przysparza wydatnych kłopotów — podczas gdy znamy widma olbrzymów z sąsiednich galaktyk, oddalonych miliony lat świetlnych. To sprawia, że zagęszczenie poszczególnych typów gwiazd na diagramie H-R nie odpowiada stanowi faktycznemu — tym dobitniej, im odleglejsze gwiazdy bierzemy w rachubę: rejestrujemy mniej obiektów słabych niż ich jest faktycznie. Tym większy wydaje się więc procent gwiazd jasnych: olbrzymów i nadolbrzymów, które w rzeczywistości występują rzadko.

Nie burzy- to jednak w żadnym stopniu poglądo-wości wykresu, dającego zrozumieć generalne ten-

203

i

encje w ewolucji gwiazd. Ujmując najogólniej, przypuszcza się, że gwiazdy powstawały niegdyś (i nadal powstają, tylko mniej licznie) z materii gazu i pyłu międzygwiazdowego, przez skupianie się poszczególnych lokalnych partii w rozległych, rozrzedzonych mgławicach. Zagęszczanie się gwiazdy w postaci globuli, czyli kurczącej się chmury gazu — jest tym szybsze, im większa jest masa powstającego obiektu. Ten okres nazywamy etapem kontrakcji Kelvina. Mija on gdy gwiazda skurczy się do tego stopnia, że jej wewnątrz osiągnie temperaturę kilku milionów stopni — dostateczną dla zapoczątkowania reakcji termojądrowych, będących głównym źródłem energii promieniowania gwiazd.

Z tą chwilą gwiazda wkracza na ciąg główny; odliczamy dla niej wiek zero. Jeśli posiada masę podobną do Słońca albo mniejszą, to umiejscawia się w prawym dolnym rogu ciągu głównego, więc w strefie karłów. Odtąd bardzo powoli przesuwa się wzdłuż jego nurtu skośnie ku górze. Po miliardach lat, kiedy zużyje większość „paliwa” wodorowego — zacznie się rozdymać i szybko strzela na diagramie pionowo w górę, do rejonu czerwonych olbrzymów. Gwiazda o masie kilku do kilkudziesięciu razy większej od Słońca powstaje w lewym górnym rogu ciągu głównego jako biały albo niebieski olbrzym, po czym — znacznie szybciej od mniejszych gwiazd — sphywa po nim skośnie w dół, do czasu utracenia stabilności wskutek wyczerpania wodoru w swym wnętrzu i opuszczenia ciągu głównego.

Przez cały czas pobytu na ciągu głównym gwiazda świeci dość równomiernie. Jest to era jej stabilności. Słońce trwa na tym etapie ewolucji około pięciu miliardów lat. Okres przebywania gwiazdy na ciągu głównym jest dla nas o tyle niezmiernie ważny, że tylko wtedy może powstawać i rozwijać się życie

204

pod dobroczynnym wpływem ciepła i światła wysyłanego przez nią (pod nieodzownym warunkiem, że ona wytworzyła układ planetarny).

Długotrwałość pozostawania gwiazdy na ciągu głównym zależy wyłącznie od jej masy. Ten szczególnie doniosły problem ilustruje tabela:7)

Masa gwiazdy w jednostkach masy Słońca Typ widmowy Temperatura powierzchni w K Czas trwania koncentracji KeMna w latach Cas pobytu na ciągu głównym w latach

20	BO	23000	3X10*	10'
3	AO	11 000	2X10"	5X10"
1	dG2	5800	5X10'	10°
0,6	dK5	4400	2X10°	1011
0,2	dM5	3200	10°	10"

Do niezwykle ważkich konsekwencji egzobiolo-gicznych, wypływających z tej tabeli, sięgniemy, w następnym rozdziale. Teraz warto przyjrzeć się losom gwiazdy po opuszczeniu ciągu głównego.

Okres kontrakcji Kelvina to narodziny gwiazdy i jej dzieciństwo, które trwa dość krótko. Wkracza ona raptownie w wiek dojrzały i spędza w tym stanie najbardziej unormowaną epokę swego istnienia. Obserwujemy ją wówczas na ciągu głównym. Zejście stamtąd oznacza dla każdej gwiazdy początek starości.8)

) Litera d ptnezd symbolem typu widmowego oznacza karła (aing.: dwarf), zaś litera g — olbrzyma i( ang.: tgiant). W typach B oraz A — olbrzymy i karły mię są wyraźnie rozdzielone. Przykładem może być Syriusz A o typie widmowym AiV i masie 2,28 mas Słońca.

\*) Wyjątek stanowią gwiazdy o masach mniejsaych niż 0,08 masy Słońca. Ich wnętrze nie rozgrzewa się. w stopniu

205

Rzućmy okiem na diagram Hertzsprunga-Rus-sella. Pomiedzy prawą częścią ciągu głównego, więc strefą pobytu karłów, a położoną nad nią gałęzią czerwonych olbrzymów — dostrzegamy puste miejsce nazwane przerwą Hertzsprunga. Pochodzi to stąd, że przejście gwiazdy o masie stosunkowo niewielkiej do klasy olbrzymów odbywa się tak szybko, iż trudno spotkać gwiazdy późnych typów widmowych akurat wkraczające w okres starości.

Taka gwiazda, zużywszy podstawowy zapas wodoru na przekształcenie go w hel, zaczyna „spalać” pierwiastki cięższe w innych typach reakcji nuklearnych, przebiegających stosunkowo szybko. Wtedy ulega rozdęciu do stadium olbrzyma, a następnie nadolbrzyma o gęstości niklejszej niż powietrze — po czym jeszcze gwałtowniej się kurczy, poprzez ciąg główny spadając w dół diagramu do klasy

białych karłów. Są to gwiazdy na powierzchni gorętsze niż Słońce, o masie porównywalnej ze Słońcem, objętości zaś — z Ziemią.

Wskutek daleko posuniętej jonizacji atomów, gęstość centralna białego karła osiąga miliard ton na metr sześcienny. Jest to agonia gwiazdy, mogąca, trwać miliardy lat. W tym stadium po prostu wypala się ona jak ognisko, przechodząc w stan czarnego karła: wygasłego żużlu, w którym nie dzieją się już żadne przemiany. Prawdopodobnie tak wystarczy do „napalenia się” wodoru — procesu podtrzymującego stabilność gwiazdy podczas jej pobytu na ciągu (głównym). W ogóle nie osiągają omawianej tu dojrzałości: więdną w daeciństwie, 'banalnie stygnąc jak planety.

Obserwacyjne wykrycie takich obiektów sprawia, że po-dejtnzewa się barak ostrej granicy między wielkimi planetami a małymi gwiazdami. Być może, w Galaktyce powstają d' spokojnie wypalają się gwiazdy mniejsze od poznanych, tylko niewiele przekraczających masę Jowisza.

206

gląda kres istnienia gwiazd o masie mniejszej niż 1,44 masy Słońca (tzw. granica Chandrasekhara). Przypuszcza się, że ten los spotka kiedyś nasze Słońce.

Starości gwiazd bardziej masywnych towarzyszą ciekawsze urozmaicenia. Przeważa pogląd, iż wszystkie one przechodzą przez stadium supernowej: gigantycznej eksplozji wywołanej rujną wewnętrzną równowagi gwiazdy, co następuje w nieoczekiwanie krótkim czasie jednej sekundy.

W Galaktyce wybucha przeciętnie jedna supernowa na 400 lat, jarząc się olśniewająco. Jej rzeczywista siła świecenia (wielkość absolutna) dorównuje jasności wszystkich gwiazd Układu Drogi Mlecznej razem wziętych., w liczbie ponad 200 miliardów. Zjawisko trwa kilka miesięcy, po czym gwiazda przestaje być widoczna gołym okiem. Obecnie sądzi się, że następnym, końcowym stadium po wybuchu supernowej — jest bądź nierotująca gwiazda neutronowa, bądź pulsar. Tu wkraczamy w zaklęty krąg zadziwień astronomicznych bardzo świeżej daty. Gwiazdy neutronowe (nazywane także barionowymi, albo hiperonowymi) mają masę rzędu Słońca, średnicę od kilku do paruset kilometrów, oraz gęstości centralne osiągające niewyobrażalną wartość 10<sup>14</sup> ton na metr sześcienny. Jest to możliwe dzięki temu, że ich materii nie tworzą atomy (więc odpada pojęcie składu chemicznego), tylko mieszanina oddziałujących z sobą gazów jąder atomowych, elektronów, mezonów, protonów, hiperonów oraz innych cząstek elementarnych. Ta niezwykła substancja jest skatalizowana, czyli nie mogą w niej przebiegać żadne reakcje nuklearne: źródła ich energii wyczerpały się doszczętnie w gwieździe, co w połączeniu z wystarczająco dużą masą doprowadziło ją do takiego stadium

207

końcowego. Warto wspomnieć, że w gwieździe neutronowej dźwięk może się rozchodzić z prędkością światła.

Pulsary, odkryte w 1967 r.; też nie stanowią banalnych ciał kosmicznych. Nazwa tych szczególnych gwiazd neutronowych o silnych polach magnetycznych pochodzi od pulsacji radiowych, które przebiegają w nich w bardzo krótkich odstępach czasu: zależnie od konkretnego obiektu — 1 do 0,03 sekundy.

Początkowo znano je wyłącznie w charakterze radioźródeł. W 1969 r. jedno z nich zostało utożsamione ze słabą gwiazdą 1,6m w samym środku mgławicy Krab, będącej pozostałością po wybuchu supernowej w roku 1054, zanotowanym w kronikach. Stwierdzono pulsację obiektu także w świetle widzialnym, o identycznym cyklu zmian jasności. Astronomowie wyciągnęli stąd zdumiewający wniosek, że ten ułamek sekundy odpowiada okresowi obrotu gwiazdy dookoła osi. Według tej hipotezy, na powierzchni pulsara znajduje się jasna plama, przez którą cząstki o wielkich energiach są miotane do jego magnetosfery, gdzie świecą na zasadzie mechanizmu

promieniowania synchrotronowego. Pulsary mają średnicę najwyżej kilkuset kilometrów, a gęstość zbliżoną do gwiazd neutronowych niero-tujących.

Szczytem sensacyjności jest dramat gwiazd naj-masywniejszych: powyżej ośmiu mas Słońca. Ich śmierć następuje przez kolaps grawitacyjny (zapadnięcie się) w czasie stutysięcznej części sekundy! W efekcie powstaje czarny dół, niepojęty dla naszych wyobrażeń, a tylko dający się opisać z pomocą równań ogólnej teorii względności.

Jest to miejsce czasoprzestrzeni, w którym masa i gęstość mają wartość nieskończoną. Odseparowa-

208

ny od otoczenia kosmologicznym horyzontem zdarzeń, czarny dół nie należy fizycznie do naszego Wszechświata, gdyż żadne promieniowanie elektromagnetyczne ani jakakolwiek inna informacja nie może wydostać się stamtąd. W astrofizyce relatywistycznej określa się to jako stan osobliwy — analogiczny do tego, jaki w niektórych teoriach kosmologicznych zapoczątkowuje obecną fazę Wszechświata. Uczeni rozpatrują także odmienne warianty tego fenomenu. Jeden z nich nazwano „dziwną” osobliwością: w pewnym obszarze czasoprzestrzeni cząstki i fale przestają istnieć — ale nie wskutek działania nieskończonej wielkich sił; ta szansa wynika z odpowiednich równań ogólnej teorii względności. Inny model zakłada, że gwiazda kurczy się do pewnej maksymalnej gęstości — po czym eksploduje w zupełnie innym miejscu czasoprzestrzeni. Tej sytuacji należy się spodziewać w wyniku grawitacyjnego kolapsu ciała naładowanego elektrycznie. Przebieg ewolucji gwiazd ma fundamentalne znaczenie dla problematyki biokosmosu — chociaż na gwiazdach, jako obiektach gorących, raczej nie spodziewamy się spotkać jakichkolwiek organizmów. Ale bez gwiazd nie byłoby układów planetarnych, warunkujących powstawanie i rozwój biosfer.

Szczególnie istotny dla naszego tematu jest fakt, że gwiazdy są w różnym wieku; że powstawały w rozmaitych okresach istnienia obecnej fazy Wszechświata, że przybywa ich także teraz i ten proces będzie się nadal odbywał. Wskutek tego jedne biosfery, zrodzone najwcześniej, przeszły już cały cykl rozwojowy i zakończyły swe istnienie w związku

14 Btkosirras t. t

209

z postarzeniem się macierzystej gwiazdy, która przestała być dawcą równomiernych ilości ciepła, koniecznych dla podtrzymywania przemiany materii. Na ich miejsce, wokół młodych słońc rodzą się nowe gniazda życia i stopniowo ewoluują ku formom coraz bardziej złożonym.

Dzięki temu, postępy astronautyki międzygwiazd-nej pozwolą odkryć kolejne stadia rozwoju biosfer, do pewnego stopnia używając wglądu w historię życia na Ziemi, od jego narodzin aż do nieznanego jutra naszej przyrody.

Oczywiście tej analogii nie możemy traktować zbyt dosłownie. Historia życia na jakimś odkrytym globie nie będzie się dzieliła akurat na ziemskie ery i okresy geologiczne, z typowymi dla nich przemianami świata istot żywych. Wydaje się jednak pewne, że można sensownie porównywać dzieje odmiennych biosfer — podobnie jak porównujemy równoległe etapy rozwoju osobniczego, od narodzin aż do śmierci, tworów tak różnych jak głowonóg, ptak i człowiek. Na tych samych prawach rosną one i rozwijają się w młodości, osiągają dojrzałość, starzeją się. Odkrywanie biosfer rozmaicie zaawansowanych pod względem ewolucyjnym nabierze takiego znaczenia dla egzobiologii, jakie ma dla paleontologii rozporządanie skamielinami osobników tego samego gatunku, będących w różnych stadiach

rozwojowych. Na przykład skamieniałe jaja niektórych dinozaurów dowodzą ich jajorodności, kijanki płazów karbońskich — podlegania metamorfozie, natomiast szczątki rodzącej samicy ichtiozaura — żyworodności tych gadów morskich. Wyjątkowo doniosłe jest dla rozwoju biokosmosu, że gwiazdy powstają również w naszych czasach i nadal będą powstawały, chyba przez cały okres trwania obecnej fazy Wszechświata. W żadnym ra-

210

nie jest to obojętne ani dla przyszłości nas, Ziemi, ani innych już istniejących kultur planetarnych. W ostatnim rozdziale, omawiając radiację ras, poruszę temat tych społeczeństw, których rodzime słońce, chyląc się ku starości, zaczyna promieniować tak intensywnie, że spopiela życie w swoim otoczeniu. Istoty rozumne powinny ratować się wtedy zbiorową przeprowadzką w okolice innej, młodszej gwiazdy, która utrzyma się na ciągu głównym przez nadchodzące miliardy lat. Na szczęście, zapewne nawet w najdalszej przyszłości nie zabraknie takich gwiazd.

Rozdział VII

## KOLEBKI ŻYCIA

Aby mogło powstać i rozwinąć się życie, potrzeba dwóch rzeczy: dogodnej gwiazdy i dogodnej planety. Promieniowanie gwiazd jest jedynym źródłem energii dla narodzin i ewolucji biosfer typu ziemskiego. To wielkie misterium przyrody wymaga spełnienia pewnych podstawowych warunków. A więc, przynajmniej jedna stosowna planeta musi okrążyć swoje słońce, które winno darzyć taki glob dość ściśle określonym strumieniem światła i ciepła, o natężeniu nie za słabym i nie za silnym z punktu widzenia uproszczeń procesów biologicznych. Ponadto, okres tego równomiernego ogrzewania i oświetlania planety przez macierzystą gwiazdę musi być wystarczająco długi.

Dlatego problemem numer jeden z pozycji bio-kosmosu jest występowanie układów planetarnych: czy są one zjawiskiem pospolitym, czy rzadkim fenomenem w Galaktyce?

Przyjęło się, że książki popularyzujące życie we Wszechświecie omawiają obszernie wachlarz rozmaitych hipotez powstania Układu Słonecznego. Odstępując od tej zasady, wyszedłem z założenia, iż dla ziemskiej biosfery, która już się dokonała — nie ma znaczenia, w jaki sposób powstała Ziemia. Istot-

212

ne jest, że ona się uformowała jako planeta o charakterystyce dogodnej dla rozkwitu życia.

To samo dotyczy wszelkich innych globów posiadających biosfery. Także teraz pominię różnorodne, a nieraz bardzo interesujące dociekania uczonych w kwestii kosmogonii układów planetarnych. Natomiast zajmę się pewną hipotezą, dość powszechnie dziś uznawaną, która usiłuje wyjaśnić, w jakich okolicznościach i na jakim etapie ewolucji gwiazdy — mogą, czy nawet muszą powstawać planety. Kluczowa to sprawa dla egzobiologii, bo planety są kolebkami życia — jedynymi, jakie dotychczas znamy.

Przez półtora wieku piętą achillesową wszystkich teorii powstania Układu Słonecznego była niemożność przekonującego wyjaśnienia, dlaczego Słońce, które zawiera 99,9% masy naszego systemu planetarnego — posiada tylko 2% jego momentu pędu. Chodziło nie o to, że planety mają tak znaczny moment pędu: krążąc po swych orbitach, muszą one posiadać prędkości wynikające z praw mechaniki nieba i uwarunkowane masą Słońca, a tym samym również określony moment pędu — w dalszym ciągu zależy od ich masy, a tylko w niewielkim stopniu od szybkości rotacji.

Dziwne wydawało się natomiast, że równikowa prędkość wirowania Słońca wynosizaledwie 2 km/s.



Dla porównania, astronomowie postanowili przebadac szybkość obrotu innych gwiazd. Już w latach trzydziestych zauważono, iż widmo większości gwiazd młodych zawiera linie silnie zamazane. Gwiazdy stare natomiast wykazują ostry profil widmowy. Obecnie wiemy, że to efekt zjawiska Dopplera. Jeśli gwiazda wiruje szybko, część jej promieni zbliżająca się ku nam wykazuje przesunięcie widma w stronę fioletu, zaś partie przeciwległe, oddalające się — w kierunku czerwieni.

Przez to linie

213

widmowe zamazują się. Ze stopnia ich rozmycia wyznaczamy prędkość rotacji z dokładnością do 1 km/s.

Badacze zawzięli się na ten problem i przebadali w tym aspekcie charakter widm aż 240 000 gwiazd, zawartych w znanym katalogu Drapera. Wynik przedstawia tabela.

Typ widmowy	Prędkość wirowania na równiku w km/s	% badanych gwiazd
O	300—100	0,25
B	200—100	11
A	90—40	22
F	10—0	18
G	10—0	14
K	10—0	31
M	10—0	3,75

Procent gwiazd wczesnych typów widmowych (O, B, A), wynoszący tu jedną trzecią, jest w rzeczywistości znacznie mniejszy. Wyjaśnia to wspomniana selektywność widzenia gwiazd. Olbrzymy typu O oraz B widzimy z tak znacznego oddalenia, iż żaden z nich nie został przeoczony w obszarze nieba uwzględnionym w katalogu Drapera. Natomiast bardzo wiele gwiazd późnych typów widmowych (K, M) wymknęło się obserwacji. Dlatego można śmiało przyjąć, że gdyby wszystkie gwiazdy zahamowane trafiły do katalogu, stanowiłyby w tym zestawieniu co najmniej 90%. Zinterpretowanie tabeli jest kluczem do naszych rozważań. Gwiazda młoda, typu A, wirująca bardzo szybko — popada w stan niestabilności mechanicznej: w trakcie postępującego kurczenia się, i tym samym przyspieszania rotacji, na jej równiku po-

214

wstaje płaskie wybrzuszenie w kształcie dysku. Przy dalszym kurczeniu się gwiazdy, ten dysk odpływa od niej, zabierając z sobą znaczną część momentu pędu ciała macierzystego. Z czasem rozszerza się przerwa między powierzchnią gwiazdy a dyskiem.

Przez długi czas wątpiono w możliwość powstania na tej drodze układu planetarnego. Kłopot dotyczył ustalenia, w jaki sposób dysk mógłby oddalać się od gwiazdy, zabierając coraz większą część jej momentu pędu. Tę trudność przezwyciężył kilkanaście lat temu H. Alfven.\*) Udowodnił on, że moment pędu gwiazdy może być przenoszony nawet poprzez wspomnianą przerwę — za pośrednictwem pola magnetycznego, które działa tu jak pas transmisyjny. Plastycznie można to sobie uzmysłowić również na modelu koła: jego piasta oraz obręcz są sztywne, natomiast szprychy — elastyczne. W tym porównaniu, piastą jest gwiazda, obręczą — dysk gorących gazów, już znacznie od niej oddalony, zaś szprychy to właśnie pole magnetyczne gwiazdy. Hamuje ono jej obrót tak, jak elastyczne szprychy hamują piastę w naszym przykładzie.

Jeśli chodzi o dysk, wpływ pola magnetycznego dotyczy nie tyle przyspieszania go, co odpychania od gwiazdy. W dalszym rozwoju tego procesu, dysk rozpada się na mnóstwo mniejszych i większych „kropli”. Zgodnie z tą teorią, nie są to jeszcze zawiązki planet, tylko tzw. planetezymale: bryły różnych rozmiarów,

przeważnie od jednego do kilkunastu metrów średnicy.

Z chwilą ich ostygnięcia, pole magnetyczne gwiazdy przestało na nie oddziaływać, lecz już na-

\*) Hannes Alfvén (iur. w 1908 ar.), szwedzki fizyk, twórca elektrodynamiki kosmicznej, jeden z współtwórców magneto-hydrodynamiki. Laureat Nagrody Nobla (1970 r.).

215

stało preludium powstania układu planetarnego. Materia oderwana od gwiazdy odsunęła się na odległości orbit przyszłych planet. Efektem zaś dla gwiazdy, zresztą nieistotnym z egzobiologicznego punktu widzenia, jest wydatne spowolnienie tempa jej rotacji, przez co zachowuje ona najwyżej parę procent momentu pędu całego układu.

Czy każda gwiazda w toku swej ewolucji koniecznie musi wytworzyć — właśnie w taki sposób — układ planetarny? Z jednej strony, chodzi o to, jak pospolite są w Galaktyce rodziny planet, te potencjalne wylęgarnie życia. Z drugiej zaś, ciekawi nas, czy w powstaniu Systemu Słonecznego odgrywał rolę rzadki przypadek, czy kosmologiczna prawidłowość.

Otoż planety powstają wokół tych gwiazd, które mają pole magnetyczne. U pozostałych ten proces przebiega inaczej. Dysk rozrasta się tam bez przeszkód w ciągu całego końcowego etapu kurczenia się młodej gwiazdy — aż ilość jego tworzywa stanie się porównywalna z pozostałą masą. Wtedy zamiast roju planet powstaje drugi składnik gwiazdy podwójnej. Wzajemna ich odległość jest tego rzędu, co Merkurego od Słońca. Każdy z nich nadal wiruje bardzo szybko. Znamy niejedną taką parę.

Ustalono, że ponad 99% gwiazd ma pole magnetyczne. Potwierdza to więc przypuszczenie, iż układy planetarne są regułą w świecie gwiazd. Większość spośród tych, które szybko rotują, jeszcze nie zdążyła wytworzyć układu planetarnego. Niektóre, jak Procyon A (jedna z bliższych gwiazd, najjaśniejsza w konstelacji Małego Psa), zdają się właśnie przygotowywać do aktu planetotwórczego.

Nasuwa się bardzo mocny, chyba nieodparty argument na korzyść tej hipotezy. Słońce wiruje z prędkością tylko 2 km/s, dokonując jednego obrotu

216

w ciągu 25 dni.) Ponieważ nie ulega wątpliwości, że przekazało ono 98% swego momentu pędu planetom w dobie ich narodzin — łatwo obliczyć, że gdyby ten proces się nie dokonał, Słońce i teraz obracałoby się niezmiennie w ciągu 12 godzin wokół osi. Byłby to wypadek unikalny, gdyż wśród wielu tysięcy przebadanych gwiazd o typie widmowym G2 nie znamy ani jednej szybko wirującej. I odwrotnie, dotąd nie ujawniono żadnej gwiazdy o wczesnym typie widmowym (O, B, A) charakteryzującej się powolną rotacją.

Skoro zgrupowania planet są w Galaktyce czymś pospolitym, chcemy wiedzieć jak przeciętnie wyglądają takie systemy. Nasuwa się wiele pytań. Czy gwiazda o dużej masie wytwarza rozleglejszy układ, złożony z większych planet? — jak przypuszcza Wasił Fieszenko. Lub odwrotnie: czy musi on być bardziej ściśniony wokół czerwonego karła — gwiazdy niewielkiej i chłodnej?

Obie strony medalu są w tym wypadku nader istotne ze spojrzenia egzobiologii. Przekonamy się bowiem, że w pierwszym wypadku — ożywione mogłyby być wyłącznie planety odległe od swego słońca znacznie bardziej niż Ziemia, w drugim zaś — krążące wewnątrz orbity Merkurego.

Wnioskując z wspomnianych teoretycznych rozważań, iż wszystkie gwiazdy, wirujące powoli, mają swoje rodziny planetarne — chcielibyśmy poznać przynajmniej niektóre z nich, by je porównać z Systemem Słonecznym. Jako ciała świecące tylko

blaskiem odbitym od swego słońca, planety — nawet duże — są obiektami o promieniowaniu zbyt słabym, aby wykryć je w teleskopach optycznych choćby \*) Obie wartości odnoszą się do równika Słońca. W szerokości heliograficznej  $40^\circ$  ok<sup>es</sup> obrotu wynos\* 27,2 dni, zaś  $75^\circ$  — 36 dni

wokół najbliższych gwiazd. Sytuację pogarsza jeszcze fakt, że obraz ich, położony tuż obok gwiazdy macierzystej, tonie w jej blaskach. Przykładowo, Jowisz oglądany z okolic Proxima Centauri miałby jasność 24m i znajdowałby się w oddaleniu niecałych czterech sekund kątowych od Słońca. Sukces takich obserwacji będzie możliwy dopiero po umieszczeniu wielkich teleskopów w przestrzeni pozaziemskiej.

W licznych popularyzatorskich źródłach spotykamy informację, że już poznano układy planetarne niektórych gwiazd. Takie sformułowanie jest nieściśle i wymaga wyjaśnienia. Otóż bardzo dokładne nieprzerwane śledzenie położenia poszczególnych gwiazd w ciągu co najmniej kilkunastu lat wykazuje, że ruch własny<sup>3)</sup> wielu z nich nie biegnie po linii prostej, lecz falistej — co jest skutkiem przyciągania ciemnego, niewidocznego towarzysza. Tak można wykryć zakłócający wpływ masywnych ciał wokół bliskich gwiazd; wykluczone jest odkrycie tym sposobem globów typu Ziemi.

Ujawniono już kilkanaście podobnych układów w promieniu 30 l. św. od Ziemi. Interpretacja tych danych nie jest jednoznaczna. Najmniejszą masę przedstawia towarzysz Gwiazdy Barnarda, oceniany na 1,7 masy Jowisza, z okresem obiegu 25 lat. Te same perturbacje w ruchu gwiazdy mogą jednak pochodzić od dwóch planet o okresach obiegu 26 i 12 lat, oraz masach — odpowiednio — 1,1 i 0,8 masy Jowisza.

s) Ruchem własnym gwiazdy nazywamy jej sitałe, ukie-.rumlkawane pnzamli osaczenie sde — z upływem lat i stuleci — tną tle bardzo odległych giwdazd tła nieba, dila uproszczenia (przyjmowanych w tafeich obserwacjach jako położonych w nieskończoności. Jest to wynik michu orbitalnego gwfezidy wokół jądra Galaktyka, niezależny od zmian po-łożania Ziemi w jej rocznym obiegu dookoła Słońca.

218

Planety obcych gwiazd da się poszukiwać również metodą fotometryczną. Niestety, powodzenie zależy tu od szczególnego przypadku: taki obiekt musi okrążyć swoją gwiazdę akurat w płszczyźnie naszej obserwacji. Oglądając Słońce w omawianym położeniu z odległości 30 l. św., moglibyśmy dostrzec jego zakrycie przez Jowisza trwające jedną dobę raz na 12 lat. Blask Słońca zmalałby wtedy o 0,01m, co potrafimy stwierdzić przy dzisiejszej technice obserwacyjnej. Ten sposób wymaga ustawicznego śledzenia jasności danej gwiazdy — z nikłą nadzieją, że nie tylko okrąży ją masywna planeta, lecz także ma orbitę dokładnie zbieżną z kierunkiem naszego patrzenia.

Widać z tego jasno, że o charakterze systemów planetarnych jako takich wnioskujemy tylko ze znajomości Układu Słonecznego. Chcąc nie chcąc — jak to się zwykle czyni w takich razach — próbujemy znane zjawisko ekstrapolować na obszary nieznane. W związku z tym astronomowie, snując domysły o sposobie powstawania Systemu Słonecznego i starając się wytłumaczyć zaobserwowane jego cechy — przyjmują to rozumowanie za podstawę dla roztrząsania specyfiki systemów planetarnych w ogóle.

Rozpatrzmy więc pobieżnie, jak można wyjaśnić najogólniejsze właściwości Układu Słonecznego — przyjmując, że powstał on przez oderwanie się dysku materii słonecznej, oddalenie się tego dysku i rozpad na mnóstwo planetezymaii.

Ten problem wzięło na warsztat wielu autorów. Za najbardziej udaną próbę wyświetlania go uchodzi hipoteza Freda Hoyle'a. Ten wybitny angielski astronom sądzi, że w pierwszym rzędzie należy wyjaśnić dlaczego bliżej Słońca krążą globy mniejsze, utworzone z materii o dużej gęstości, natomiast da-

planety-olbrzymy z substancji znacznie lżejszej -szej.

Zwłaszcza pierwsze stwierdzenie zdaje się zaprzeczać konkretnej sytuacji, panującej w czasie i miejscu powstania Układu Słonecznego. Jak doszło do tego, że Merkury, Wenus, Ziemia i Mars są zbudowane głównie z żelaza, tlenu, magnezu, krzemu, siarki, niklu? Zawartość tych pierwiastków w globie słonecznym jest znikoma. A przecież dysk, który dał początek układowi planetarnemu, powinien mieć taki sam skład chemiczny jak reszta naszej dziennej gwiazdy — czyli wodór z domieszką helu (którego na Słońcu było wtedy znacznie mniej niż dziś) oraz zanieczyszczeniami innych pierwiastków. Jak z takich drobnych zanieczyszczeń mogły powstać cztery planety, liczne księżyce i mrowie asteroid?, Oddziaływanie pola magnetycznego Słońca na obłok planetotwórczy ustąpiło wówczas, gdy w obrębie gazowego dysku utworzyły się skupienia ciekłej i stałej materii. Jakie substancje mogły najwcześniej skraplać się i zestalać?

Im bliżej Słońca, tym wyższa panowała temperatura. Tam na pierwszy ogień poszły związki krzemu oraz żelaza i innych metali. W dalszych rejonach skraplały się związki chemiczne o niższym punkcie parowania: węglowodory typu ropy naftowej, woda, amoniak.

Planety wewnętrzne mogły więc ukształtować się z roju brył podobnych do dzisiejszych meteorów, które zdaniem Hoyle'a datują się od tamtych czasów. Uważa on, że również planetoidy nie są pozostałością późniejszego rozpadu jednego bądź dwóch większych obiektów, lecz przeciwnie — stanowią właśnie pierwotne planetezymale, które skupiły się tylko częściowo, gdyż zabrakło budulca do utworzenia normalnej planety.

Hoyle zakłada bowiem, że między orbitami Marsa i Jowisza przebiegała granica strefy, w której już skropliły się cięższe substancje. W obszarach zimniejszych, bardziej oddalonych od Słońca zaczęła skraplać się na dużą skalę woda, a niebawem także amoniak. Kiedy utworzyły się planety-olbrzymy — obłok gazowy, złożony głównie z wodoru, nie zdążył jeszcze opuścić powstającego Układu Słonecznego. Doszły do głosu siły grawitacyjne, umożliwiając tym już masywnym globom zebrać znaczne zasoby wodoru i helu. Dlatego zwłaszcza Jowisz i Saturn wykazują obfitość tych dwóch najlżejszych gazów.

Z całokształtu bogatej treści hipotezy Hoyle'a naszkicowałem tylko te aspekty, które są ważne dla naszego tematu, gdyż ukazują, że podstawowa charakterystyka Układu Słonecznego: masy planet i ich gęstości, zależne od zajmowanych orbit — nie są dziełem odosobnionego przypadku.

Takie stwierdzenie ma dla nas ogromną wagę, bo pozwala z większą śmiałością sądzić, że podobna sytuacja panuje we wszelkich układach planetarnych, które powstały w taki sam sposób. Jest to niezmiernie istotne, gdyż podział planet na masywne i zarazem rozrzedzone z jednej strony, a mniejsze i bardziej gęste z drugiej — nie jest bynajmniej obojętny dla szans rozwijania się tam życia.

Trzeba podkreślić, że występowanie dysków pyło-wo-gazowych wokół wielu gwiazd zostało stwierdzone obserwacyjnie. Mogą to być rodzące się układy planetarne, Na VII Międzynarodowym Kongresie Astronau-tycznym w Rzymie w 1956 r. amerykański astronom Hubertus Strughold (ur. w 1898 r.), jeden z twórców bioastronautyki, wprowadził pojęcie ekosfery Słońca. Jest to otaczająca je sferyczna przestrzeń, w ob-

- ni

rabie której planety otrzymują od naszej dziennej gwiazdy ilości światła i ciepła odpowiednie dla wymogów życia białkowego. Strughold uznał, że w Układzie

Słonecznym krążą trzy obiekty ekosferyczne: Wenus, Ziemia i Mars.

Rachunkowym opracowaniem tego zagadnienia zajął się znany polski astronom i świetny popularyzator nauk o niebie, dr Jan Gadomski (1889—1966), ekstrapolując je na ekosfery gwiazd w ogóle.,

Za podstawę tych rozważań egzobiologicznych Gadomski przyjął planety szybko wirujące, gdyż one użyczają najdogodniejszych warunków rozwojowi życia. 4) Obliczył więc w pierwszym rzędzie dla nich grubość ekosfer wokół rozmaitych gwiazd. W ujęciu matematycznym sprawa okazała, się prosta. Z odpowiednich wzorów wyprowadzonych przez naszego badacza wynika, że koniec zasięgu ekosfery gwiazdowej dla planet szybko wirujących sięga dwukrotnie dalej niż jej początek. Nasza ekosfera rozciąga się w takim ujęciu od 91 do 273 milionów km od Słońca, czyli między przedpołem orbity Wenus a środkiem strefy planetoid.

Autor tych ciekawych rozważań, opublikowanych w 1959 r., rozszerzył je na obiekty mniej dogodne dla życia, bo umożliwiające jego rozwój tylko w pewnych ograniczonych obszarach powierzchni globu. W tym opracowaniu, wszystkie możliwe planety, ożywione i nieożywione, da się podzielić na sześć klas — zaczynając wędrówkę od krążących najbliżej słońca, 5) kończąc zaś na dalekich, peryferyjnych.

4) Za planety szybko wirujące możemy uznać takie, na których doba nie przekracza kilku, najwyżej kilkunastu dni ziemskich.

6) Pisząc „słońce” małą litterą, mam na myśli gwiazdę rozpatrywaną w charakterze słońca swojego układu planetarnego.

822

Planety bliskie swojej gwiazdy, wskutek jej sił przyptywowych zwalniają obrót dookoła osi, który po miliardach lat zrównuje się z okresem ich obiegu — czyli doba i rok trwają tam jednakowo długo. Praktycznie, oba te pojęcia przestają się tam liczyć, z braku pór roku i pór dnia. Planeta zwraca ku słońcu tę samą półkulę. Na niej trwa nieustający dzień, a po przeciwległej stronie — wieczysta noc. Tylko w wąskim tzw. pasie libracyjnym, rozciągającym się po obu stronach terminatora, 6) słońce na przemian prostopadle wznosi się niewysoko na widnokrąg, i zapada pod nim.

Wśród planet zahamowanych da się wydzielić dwie grupy. Pierwszą stanowią globy krążące tak blisko słońca, że na ich oświetlonej półkuli panuje temperatura zbyt wysoka dla życia białkowego, nawet w okolicach terminatora. Zajmiemy się więc drugą grupą, bardziej urozmaiconą, która dzieli się jakby na różne podklasy. Zaczniemy od globów posiadających pas ekosferyczny. Musimy tu przyjąć terminator za wyróżnioną linię, od której rozciągają się w prawo i w lewo swoiste strefy klimatyczne. Jest on środkiem dość wąskiej wstęgi, spełniającej rolę oazy życia pośród martwej pustyni. Na gorącym skraju tego pasa, po stronie dziennej, panuje klimat tropikalny, na przeciwległej zaś, spowitej w ciemnościach — polarny. Im bliżej słońca porusza się planeta, tym taka wstęga klimatyczna jest węższa. Gadomski utrzymywał, że gdyby Ziemia krążyła na miejscu Merkurego i była globem zahamowanym; jej pas ekosferyczny miałby 1700 km szerokości.

Łatwo spostrzec, że przy zbliżaniu planety do

6) Terminatorem nazywamy linię na powierzchni planety, oddzielającą jej półkulę dzienną od nocnej. To pojęcie odnosi się do wszelkich planet, również szybko wirujących.

333

gwiazdy — pas ekosferyczny kurczy się. Wreszcie tworzy linię geometryczną i w ogóle znika. Odwrotnie, odsuwając glob od jego słońca, otrzymujemy coraz wydatniejszy pas ekosferyczny, który przeradza się w „substelną czasę

ekosferyczną", będącą kołem na oświetlonej półkuli planety, gdzie słońce świeci stale wysoko na niebie. Oddalając glob jeszcze bardziej, kurczymy sukcesywnie jego czasę ekosferyczną, aż wreszcie stanie się ona tylko punktem, w którym słońce utrzymuje się w zenicie. 7)

Wszystkie pozostałe obiekty ujęte w omawianą klasyfikację są na tyle oddalone, że wirują szybko dookoła osi.

Grupa trzecia: planety polarne — to globy poruszające się tuż poniżej wewnętrznej granicy zasadniczej ekosfery, umożliwiającej życie we wszystkich strefach planetograficznych. Ich powierzchnia jest tak silnie nagrzana, że wymagania biologiczne są spełniane tylko w obszarach podbiegunowych. Gadowski przyjął, iż w Układzie Słonecznym ta strefa ma grubość 15 milionów km (czyli od 76 do 91 milionów km od Słońca).

Czwartą grupę stanowią planety krążące we właściwej, podstawowej ekosferze — o której była mowa.

Grupa piąta obejmuje planety ekwatorialne, czyli równikowe. Poruszają się one na zewnątrz ekosfery głównej. W Systemie Słonecznym byłaby to strefa od 275 do 325 milionów km od Słońca, więc rejon planetoid. Mowa tu o globach tak zimnych, iż życie

) Jest to wypadk „idealny” i przez to nierzeczywisty: libracja, którą Gadowski pominął w swych obliczeniach, zaważę sprawia, że tatei „punkt zenitalny” musi przesuwac się po powierzchni planety, zakreślając mniejszą lub większą elipsę.

224

może rozwijać się na nich wyłącznie w pasie mię-dzywrotnikowym.

Do szóstej grupy należą obiekty najbardziej oddalone od swego słońca. Mają klimat zbyt surowy, aby gdziekolwiek na ich powierzchni życie białkowe napotkało-środowisko znośne dla swego rozwoju.

Gadowski obliczył grubość ekosfer wielu gwiazd rozmaitych typów, szczególną uwagą darząc okazałość tych stref życia wokół olbrzymów i nadolbrzy-mów, których w promieniu 650 l. św. od nas sklasyfikowano łącznie tylko 87, gdyż stanowią rzadkość w królestwie gwiazd. Średnia grubość otaczających je ekosfer przewyższa naszą 33 razy. Wybierając spośród obiektów dalszych — w skrajnym wypadku, ekosfera wokół gwiazdy Rigel (beta Oriona)8) jest aż 340 razy rozleglejsza niż w Systemie Słonecznym.

Autor tych rozważań wysnuł z nich wnioszek o bujnych możliwościach życia w układach takich gwiazd. Teoretyczna rozległość tych ekosfer jest niepodważalna, bo wynika z rachunku. Występuje tu jednak bardzo zasadnicze „ale”, które sprawia, że proponuję nazwać je ekosferami geometrycznymi, dla podkreślenia ich teoretycznego, a nie użytkowego charakteru.

Trudno wątpić, że w ekosferycznej przestrzeni, znacznie obszerniejszej niż cały Układ Słoneczny, może krążyć wiele planet o klimacie sprzyjającym życiu.

Wspaniałość tej sytuacji okazuje się jednak zwodnicza. Jak była o tym mowa, gwiazdy olbrzy-

8) Jest • to gwiazda typu widmowego B8, która z tego •względu — jeśli hipoteza Alfvena potwierdzi siię — nie posiada układu planetarnego. Znaczna część olbrzymów, o jakich tu mowa, również ma typ wcześniejszy niż ów graniczny -etap F5 — F2, na którym przypuszczalnie powstają planety -pnizez oddzielenie się gazowego dysku od gwiazdy posiadającej pole imaignatyczne.

J 5 Bioikosmos t. 1

235

my pozostają na ciągu głównym krótko: od kilku do kilkuset milionów lat; a najmasywniejsze olbrzymy — zaledwie kilkaset tysięcy lat. Dopóki nie uzyskamy

przekonujących dowodów, że — przy spełnieniu jakichś warunków — biosfera białkowa może rozwinąć się znacznie szybciej niż na Ziemi, stanowczo powinniśmy wykluczyć olbrzymy z listy obiektów interesujących z punktu widzenia biogenezy. Weźmy przykład nam najbliższy: Słońce. Za kilka miliardów lat zacznie ono pęcznić do stadium czerwonego olbrzyma. Temu procesowi musi towarzyszyć postępująca zmiana obszaru zajmowanego przez jego ekosferę geometryczną: będzie ona szybko rosła, jednocześnie odsuwając się ku peryferiom układu. Słoneczny żar spopieli powierzchnie wewnętrznych planet. Ziemię ogarną upały dzisiejszej Wenus, co spowoduje wyparowanie oceanów i zwęglenie białek. Mars na krótko zyska klimat podobny do naszego (jedynie pod względem temperatur), lecz niebawem stanie się globem polarnym, a następnie, przegrzany na całej powierzchni. Tak pisze o tych wydarzeniach Jan Gądoła w „Astronomii popularnej” (Wiedza Powszechna, 1967):

„Planety wielkie zaczną się ożywiać dopiero gdy Słońce osiągnie wiek 10 miliardów lat. Pierwszy „obudzi się” Jowisz wraz ze swymi dużymi księżycami, stając się planetą ekwatorialną. Silne nasłonecznienie stopi lodowy pancierz metanu i amoniaku, a następnie doprowadzi do rozkładu tych gazów; w atmosferze pozostanie głównie azot i tlen. Wtedy już nic nie będzie stało na przeszkodzie powstaniu w atmosferze białek. Spłynąwszy z deszczem do mórz dadzą początek życiu, które z czasem ogarnie też i lądy. Najbujniejszy rozkwit układu planetarnego — jak mówią wzory ekosferyczne autora — ma nastąpić

m

za 6 miliardów lat (wiek Słońca równy 11 miliardom lat). Gorący Jowisz (średnia temperatura około + 100°C) już tylko w pobliżu biegunów zachowa warunki odpowiednie dla życia organicznego, i to jedynie dla tych form, które będą odporne na upały.”

Uderza tu przypuszczenie, że w ciągu jednego miliarda lat życie przejdzie na Jowiszu cały cykl swej planetarnej historii — od prazwiazków orga-nogenicznych (więc ewolucji chemicznej) poprzez właściwą biogenezę, powstanie najprymitywniejszych organizmów oraz ich transformizm do rozwiniętej biosfery typu ziemskiego. Na Ziemi, te procesy trwały czterokrotnie dłużej. Dlatego postulowanie aż tak jaskrawego skrócenia ich wydaje się — z pozycji dzisiejszej wiedzy — fantazjowaniem na tematy naukowe.

Obliczanie zarówno prawdopodobieństwa rozkwitu życia, jak rozległości ekosfer, tylko i wyłącznie w oparciu o typ widmowy gwiazdy — jest nieporozumieniem. W wypadku olbrzymów, pozostających zbyt krótko na ciągu głównym — musielibyśmy przywołać na pomoc dodatkowy czynnik, pozwalający biosferze pojawić się od razu w formie gotowej, jak deus ex machina, bądź ewoluować od form już silnie rozwiniętych. Taki czynnik znamy. Jest nim przeniesienie ustrojów biologicznych w wyniku zaplanowanej lub przypadkowej akcji istot rozumnych (sondy i statki transgalaktyczne). Osobne to zagadnienie wymaga jednak każdorazowego zaznaczenia przy poruszaniu tego tematu.

A więc nie ma gwiazd o niezwykle rozległych naturalnych ekosferach białkowych, choćby tylko kilkakrotnie grubszych niż nasza. Spośród znacznej rozpiętości rodzajów gwiazd we Wszechświecie, od ~ mas poniżej 0,08 Słońca do ponad 50 mas słonecz-

227

nych — odpowiednie dla powstania i rozwinięcia się biosfer typu ziemskiego są gwiazdy zawarte z grubsza w granicach od  $dF8$  do  $dK5$ , o masach (odpowiednio) od 1,5 do 0,6 masy Słońca.

W pierwszym wypadku groziłby dramat, iż życie, osiągnąwszy szczybel podobny jak

na dzisiejszej Ziemi, zostałyby • zniszczone przez ogrzewanie się klimatu. Odwrotna sytuacja panuje na dolnym przedziale mas gwiazdowych. Mamy tu wprawdzie przestrzeń ekosferyczną obszarowo skromną, lecz budzącą jakże wspaniałe perspektywy! Czas stabilnego promieniowania gwiazdy typu dK5 o masie 0,6 masy Słońca wynosi ponad sto miliardów lat (zdaniem niektórych astronomów — kilkakrotnie dłużej). Znacznie przewyższa to przewidywany okres istnienia aktualnej fazy Wszechświata — o ile model cy-kloidalny, bądź pulsujący okaże się słuszny.

Porównajmy to z literaturą. Gwiazda gorętsza, o szybszym tempie „spalania” wodoru, mogąca mieć liczny orszak planet ekosferycznych, na których jednak życie zdąży się ledwo zawiązać nim strawi je postępująca fala żaru — przypomina wyrobnika pióra, który płodzi tuzinami zręczne i sezonowo poczytne sensacyjki, niezdolne przeżyć nawet jego samego.

Co innego — chłodny karzeł gwiazdowego nieba. Promieniując rozważnie a długo, władny ogrzewać ledwo jedną planetę, lecz niewyobrażalnie długo — dobroczynnym ciepłem wyhoduje jedną jedyną kosmiczną kulturę; ale za to wyprowadzi ją na takie szczyty wspaniałości, jakie nie śnią się nam, Ziemianom XX stulecia. Ten przywodzi na myśl Homera, barda dwudziestu sześciu wieków.<sup>9)</sup>

8) Mówię ' tu tylko o potencjalnych możliwościach, nie przesądzając jak często się one spełniają.

228

Gwiazdy jeszcze mniejsze i chłodniejsze, np. typu dM5 o masie rzędu 0,2, Słońca, wprawdzie świecą stabilnie ponad bilion lat — ale tak słabo, że trudno sobie wyobrazić w ich układach jakąkolwiek ożywioną planetę. Musiałaby ona nurzać się w subtelnych pobrzeżach korony gwiazdowej, co chyba, udaremniłoby powstanie i rozwój życia — tym bardziej, że wybuchowa aktywność chromosfery jest tam znacznie silniejsza niż na Słońcu. Powoduje ona, iż wiele takich gwiazd (np. najbliższą od nas — Proxima Centauri) traktujemy jako zmienne nieregularne. Jest to zmienność o małej amplitudzie która niewiele zaszkodziłaby życiu -na globie oddalonym choćby tak, jak Merkury od Słońca. Rozważania te są jednak bezprzedmiotowe, gdyż planeta o podobnej orbicie byłaby wymrozo-na. Klasyfikacja ekosfer planetarnych Gadomskiego, cenna zwłaszcza jako jedna z pionierskich prac na ten temat, musi być uważana za .pewne przybliżenie — z wielu przyczyn, o których będzie mowa. Podobnym przybliżeniem była zaproponowana przeze mnie dwa lata wcześniej (1957 r.) klasyfikacja wychodząca z innego założenia: podziału — dla celów egzobiologicznych — wszelkich planet na trzy grupy. 10) Do pierwszej zaliczyłem globy zbyt małe, aby mogły przytrzymać atmosferę (w rodzaju Merkurego- i Księżyca), do drugiej — planety typu Ziemi, do trzeciej — o specyfice Jowisza.

Zdaję sobie sprawę, że również ten podział ma roboczy charakter. Z całą pewnością, oba proble-

M) Te rozważania opublikowałem m.An. w „Księdze odkryć i wynalazków” (Iskry, 1357, praca zbiorowa), gdzie na s. 207 zaproponowałem termin: globy biogeniczne (rodzące życie), oraz aibigeniczne (pozbawione rodzimego życia).

?28

my: ekosfer gwiazdowych i biogeniczności planet (pokrewne, ale nie identyczne!) — nie dadzą się ująć w żadne wzory ani formuły. Ścisła ocena przydatności może dotyczyć nie planet, tylko gwiazd jako słońc układów planetarnych.

Trzeba mocno podkreślić, że planety są znacznie bardziej różnorodne od gwiazd. Znając masę gwiazdy i jej typ widmowy, zasadniczo wiemy o niej wszystko. Pionier teorii wewnętrznej budowy gwiazd, angielski fizyk i astronom Arthur Eddington (1882—1944) określił to lapidarnie: — Nie ma nic prostszego od gwiazdy.



Istotnie, znajomość matematyki i fizyki na poziomie matury pozwala obliczyć szereg parametrów gwiazd: określić temperaturę tylko w oparciu o masę i promień; albo okres zmian jasności gwiazdy zmiennej na podstawie jej gęstości średniej; także wyprowadzić ciężar cząsteczkowy materii tworzącej gwiazdę, znaleźć wydajność źródeł jej energii, itp. Będą to wyniki przybliżone, dalekie od wymagań stawianych badaniom naukowym, niemniej całkiem poprawne. Tymczasem zasada, że rozporządzając określoną ilością materii o zdefiniowanym składzie chemicznym można zbudować tylko jedną gwiazdę, — w żadnym razie nie odnosi się do planet. 11) Powód jest prosty: gwiazdę cechuje inna budowa, odmienny cykl ewolucyjny. Gwiazda prawie przez cały okres swego istnienia stanowi kulę gazową,

n) To stwierdzenie jest słuszne z całą pewnością dla planet I i II grupy, więc obudowanych z skał i metali. Natomiast jeśli potwierdzi się przypuszczenie, że globy typu Jowisza składają się niemal wyłącznie z wodoru — wszystkie (parametry takiej planety powinny zależeć od jej masy, podobnie jak w wypadku gwiazdy.

230

w której ten gaz, będący w stałej równowadze, odpowiednio się przemieszcza; musi tam istnieć-pewna harmonia między siłami grawitacji a ciśnieniem promieniowania. A planet to nie dotyczy. Wciąż jeszcze nie mamy pewności, w jaki sposób one powstają, czy początkowo stanowią gorący gaz. Ba, dotychczas nie znamy temperatury panującej w środku Ziemi. Na planetę tego rodzaju oddziałują — w toku jej wczesnej ewolucji — rozmaite czynniki natury wewnętrznej, jak przemieszczanie się ciężkich substancji (metali) ku środkowi, aktywność wulkaniczna, wyzwolenie się z wnętrza gazów atmosferycznych, itp. Dochodzi nader istotny czynnik zewnętrzny w postaci promieniowania miejscowego słońca (dysypacja gazów pierwotnej atmosfery pod działaniem nadfioletowego promieniowania, i inne procesy).

Dokonanie jakiegokolwiek klasyfikacji jest możliwe wyłącznie w oparciu o ściśle zdefiniowane, jak najprostsze parametry. W moim podziale na trzy grupy — takim parametrem jest masa. Za jednostkę podstawową przyjmując masę Ziemi, do pierwszej grupy zaliczam globy poniżej 0,1 do drugiej — od 0,1 do 5, do trzeciej — powyżej 5. Określenie masy planety przesądza jej ogólne właściwości w takim stopniu, że pociąga pewne jednoznaczne konsekwencje wynikające z praw fizyki. Rozgraniczenie I i II grupy planet, mających podobną strukturę wewnętrzną, podyktowały wymagania egzobiologii: sprawa atmosfer i zbiorników wodnych na ich powierzchni. Natomiast grupa III ma zdecydowanie odmienną budowę. Te różnice dotyczą średniej gęstości, co ilustruje poniższa tabela:

231

Obiekt kosmiczny powierzchni	Grupa	Masa (Ziemia =1) Prqd-kość ucieczki km/s	Siła ciężenia		Średnia gęstość g/cm <sup>3</sup> Atmosfera	na obser-wow.
			(Ziemia = 1)			
Księżyc	I	0,01	3,34	0,16	2,4	ślady
Merkury	I	0,05	5,40	0,37	4,3	ślady
Wenus II	0,82	4,90	0,86	10,3	ok. ,100 atm.	
Ziemia II	1,00	5,52	1,00	11,2	1 atm.	
Mars II	0,11	3,94	0,38	5,0	ok. 0,01 atm.	

Jowisz III	318,4	1,34	2,64	57,5	b. gęsta
Saturn III	95,2	0,68	1,07	33,1	b. gęsta
Uran III	14,6	1,09	0,83	21,6	b. gęsta
Neptun III	17,3	1,53	1,14	24,6	b. gęsta

Klasyfikacja, jaką wprowadziłem, bazuje na fizycznej charakterystyce globu. Dlatego spokojnie włączyłem Księżyc pomiędzy planety. W grupie pierwszej mieszczą się również pozostałe satelity planet i asteroidy. Z fizycznego punktu widzenia — wszystkie te ciała kosmiczne można traktować jednakowo. Tylko z pozycji mechaniki nieba (nie interesującej nas w tych rozważaniach) satelity planet/ stanowią odrębną klasę obiektów.

Rzut oka na tabelę ujawnia znaczną zbieżność cech pierwszych pięciu obiektów, a potem — czterech następnych. Gdyby nie względy egzobiologiczne, wystarczyłby podział na dwie grupy. Lecz my szukamy odpowiedzi na pytanie, gdzie możemy zastać życie. Dlatego wprowadziłem z kolei dwa

.232

typy planet: biogeniczne oraz abiogeniczne (jałowe — ale tylko z punktu widzenia białek zanurzonych w wodzie),

I cóż się okazuje? Do pierwszego typu — a tylko on nas interesuje — należą obiekty grupy II. Natomiast I i III to globy abiogeniczne (ściślej: I —• na pewno, III — najprawdopodobniej).

Skąd wzięła tu moc obowiązującą zasada złotego środka? Czemu globy małe oraz zbyt duże nie nadają się na siedlisko życia?

Nie chodzi o rozległość obszarów zamieszkalności. Grawitacja też nie gra roli zasadniczej, jeśli chodzi o adaptację rodzimych ustrojów do mniejszego albo większego ciężaru. Zresztą te różnice nie są tak wydatne, by udaremnić przystosowanie się do nich nawet ziemskich form życia. Z powodu małej gęstości, planety-olbrzymy wykazują na ob-serwowalnej powierzchni znacznie skromniejszą siłę ciężkości niż można by sądzić na podstawie ich mas. Dla nas kłopotliwy byłby wyłącznie Jowisz, gdzie człowiek ważący 75 kg dźwigałby aż 200 kg swego ciała.

Kryterium masy dla podziału planet na grupy zastosowałem z przyczyn pośrednich. W gruncie rzeczy, o szansie powstania życia na danym globie przesądza jego klimat, z kolei uwarunkowany przez cztery główne czynniki: natężenie promieniowania swojej gwiazdy na jednostkę powierzchni (odpowiednik stałej słonecznej), charakter podłoża, atmosfery (gęstość i skład chemiczny), oraz długość doby.

Choć te cztery podstawowe parametry dość ściśle definiują klimat planety — ilościowe ustalenie ich współzależności jest bez porównania bardziej skomplikowane niż „wyjaśnienie” gwiazdy w oparciu o znajomość jej masy i składu chemicznego.

233

Niemniej dalszy rozwój fizyki planet, w powiązaniu z potrzebami egzobiologii, z pewnością doprowadzi do opracowania ogólnych wzorów, określających przybliżony klimat planety — na podstawie czterech wspomnianych czynników, i może jeszcze jakichś pomocniczych. Przed pracami Eddingtona — charakterystyka gwiazd także wydawała się przymś znacznie bardziej złożonym niż dziś. „Zagadnienie planet” czeka swojego rozwiązania.

Spośród czterech wspomnianych wielkości, najmniej kłopotu sprawia odpowiednik stałej słonecznej. Znając odległość planety od macierzystej gwiazdy, promień tej ostatniej oraz temperaturę fotosfery — poszukiwaną wartość znajdujemy elementarnym rachunkiem.

Sprawa długości doby nie jest tak oczywista. Do niedawna wydawało się, że — w

wypadku globów wewnętrznych, o ciasnych torach — mając dana masę słońca i orbite planety, można obliczyć po jakim czasie siły przyływowe zrównają okres wirowania planety z jej obiegiem. Na tej podstawie Ga-domski wprowadził pojęcie planet zahamowanych i wydzielił je w osobną klasę.

A jednak... Jeszcze kilkanaście lat temu za taki glob uważano Merkurego — aż przekonał się, że doba i rok na tej planecie bynajmniej nie pokrywają się: stosunek okresu jej obrotu osiowego do obiegu orbitalnego równa się stosunkowi peryhelium Merkurego do aphelium i wynosi dokładnie 2:3; czyli trzy okresy obrotu Merkurego są równe jego dwóm obiegom dookoła Słońca.12)

W kwestii dalszych regionów układu planetarnego, znajdujących się poza teoretycznie wypro-

12) Doba gwiazdowa Merkurego wynosi 58,6 dni, doba słoneczna 175,9 dni, rok gwiazdowy 83 dni.

234

dzoną „strefą globów zahamowanych”, nie umiemy przewidzieć, jak długa doba tam panuje. Z obserwacji Ziemi i planet zewnętrznych wnioskujemy, że dla takich obiektów regułą jest obrót szybki, mniej więcej od 10 godzin (Jowisz) do 24 (Ziemia, Mars).

Na razie nie potrafimy wyjaśnić tych różnic. Grupę globów wirujących najszybciej tworzą cztery olbrzymy, podczas gdy okres rotacji Ziemi i Marsa jest powolniejszy. Ale i to niczego nie wyjaśnia: dość duża zgodność doby ziemskiej i marsyj-skiej stanowi przypadek.

Od dawna przypuszczano, że Ziemia zwalnia rotację wskutek tarcia przyływów, wywołanego przyciąganiem Księżyca. Obecnie znamy tę wartość liczbową: wynosi 0,00164 sekundy na stulecie. Amerykański uczone J. Wells dowiódł doświadczalnie, że w dalekiej przeszłości doba była odpowiednio krótsza. Posłużył się skamieniałościami de-wońskich koralowców sprzed 370 milionów lat.

Te osiadłe kolonijne zwierzęta również dziś wytwarzają swe wapienne szkielety w rytmie pór roku (odpowiada to rocznym słojom pnia drzewnego). Stosując duże powiększenia, Wells rozpoznał w obrębie- rocznych pierścieni, cieniutkie pierścienie dzienne. W każdej badanej próbce było ich niezmiennie 395. Ponieważ rok ziemski zawsze miał 8760 godzin — ówczesna doba była o prawie dwie godziny krótsza od dzisiejszej. Jeśli Księżyc powstał równocześnie z Ziemią, to w erze narodzin życia nasz glob mógł wirować jeszcze szybciej od Jowisza. Nie wyjaśnia to stosunkowo długiej doby Marsa (24 godziny i 37 minut): przyływowe oddziaływanie jego dwóch lilipucich satelitów można w ogóle pominąć.

.Charakter podłoża ma dla klimatu większe zna-

33§

czenie niż mogło by się zdawać. Dotyczy to nie tylko każdej biogenicznej planety (w wypadku Ziemi, przemożną rolę w krążeniu wody odgrywają obszary leśne, będące ogromnym rezerwuarem wód deszczowych). Od samego rodzaju skał zależy, w jakim stopniu nagrzewają się one promieniami gwiazdy--słońca. Barwa podłoża warunkuje albedo, mające istotny wpływ na stosunki cieplne, te zaś z kolei spełniają doniosłą rolę w kształtowaniu klimatu.

Choć zagadnienie czynników odpowiedzialnych za stopień gęstości atmosfery i jej skład chemiczny jest niezmiernie skomplikowane — znamy ściśle kryterium usprawiedliwiające przyjęcie dla planet biogenicznych wartości 0,1 masy Ziemi jako dolnej granicy. Takim globem „ledwo biogenicznym” jest Mars, który ma atmosferę będącą — z punktu widzenia życia — na skraju minimalnej użytecznej gęstości.

Księżyc i Merkury są prawie pozbawione atmosfery, co jest nieuchronne również, z teoretycznego punktu widzenia. Gdziekolwiek we Wszechświecie krążą ciała o

takiej masie i gęstości, zarazem tak samo napromieniowane przez swoje słońce — nie mogą mieć atmosfery choćby na tyle gęstej jak Mars. Co za tym idzie, muszą być pozbawione otwartych zbiorników wodnych.

Wytłumaczenie tego jest proste. Aby cząsteczka gazu mogła ująć w przestrzeń międzyplanetarną, musi pokonać pole grawitacyjne, w jakim się znajduje. Taką prędkość nazywamy prędkością ucieczki — jednakową dla atomu i dla statku kosmicznego. Zależy ona od masy i promienia planety. Przypominam jej wartości podane w tabeli: na Ziemi 11,2 km/s, a na Księżycu tylko 2,4 km/s. Tu leży klucz do wyjaśnienia różnicy klimatu tych globów, posiadających taką samą stałą słoneczną.

236

Średnia prędkość termiczna cząsteczek i atomów wynika z ich masy oraz temperatury. Przy 0°C wynosi przykładowo: dla wodoru 1800 m/s, azotu 490, tlenu 460. Wzrost ciepłoty do 10'0°C zwiększa te wartości prawie o 20%. Zauważmy, że powierzchnia dziennej półkuli Księżyca rozgrzewa się do 135, a Merkurego miejscami w peryhelium (zwłaszcza na dwóch specyficznych „biegunach gorąca”) znacznie powyżej 400°C.

Z obliczeń wynika, że gdy średnia prędkość cząsteczek gazu wynosi trzecią część prędkości ucieczki z powierzchni planety — połowa atmosfery rozproszy się już po kilku tygodniach. Jeśli tę szybkość tylko nieznacznie zredukować, bo do 25%, atmosfera utrzyma się dziesiątki tysięcy lat, a przy 20% prędkości ucieczki — nawet w skali czasowej stabilnego promieniowania gwiazdy centralnej.

Powstanie i rozwój biosfery wymaga, aby planeta utrzymała wokół swej powierzchni pewną ilość gazów — określoną co do jakości, a także gęstości.

Nie wiemy, w jakiej najrzadszej atmosferze życie białkowe może się rozwijać.

Pewnym drogowskazem są tu eksperymenty laboratoryjne dokonane w latach pięćdziesiątych. W symulowanych warunkach marsyjskich (ale takich, jakie wtedy spodziewano się zastać na Czerwonej Planecie) z powodzeniem prosperowało wiele drobnoustrojów oraz niższych roślin. Wolno przypuszczać, że gdyby pewne szczegóły chemicznej ewolucji Marsa potoczyły się inaczej — miałby on atmosferę rzędu 110 hPa, jaką wówczas podejrzewano. Przyjęcie więc dla planet biogenicznych dolnej granicy 0,1 masy Ziemi wydaje się uzasadnione.

Ogólnie biorąc, planety grupy I nie mają szans zatrzymania otoczki gazowej o gęstości sprzyjającej krzewieniu się życia. Wynika to jasno z przyto-

237

••K'

czonych prędkości termicznych dla poszczególnych gazów oraz prędkości ucieczki na Księżycu i Merkury (w powiązaniu z panującym tam nasłonecznieniem): gdyby sztucznie zasilić te globy atmosferą, w krótkim czasie rozproszyłaby się ona w przestrzeń międzyplanetarne.

Nawiasowe zastrzeżenie: „w powiązaniu z panującym tam nasłonecznieniem” — jest nader istotne. Tytan, największy satelita Saturna (o masie tylko dwukrotnie większej niż Księżyc), posiada azotową atmosferę zbliżoną gęstością do ziemskiej. Ale to tylko dlatego, że panują tam ponad stustopniowe mrozy.

Globy grupy II mogą trwale zachować w swoich atmosferach wszystkie gazy, czasami oprócz dwóch najlżejszych: wodoru i helu. Dotyczy to jednak późnych stadiów ewolucji tych obiektów, po gruntownym ostygnięciu ich powierzchni. Jak wynika z przytoczonych relacji między prędkością termiczną gazu a prędkością ucieczki na planecie — atmosfera wodorowo-helowa utrzymywałaby się wokół obecnej Ziemi. #) Jednak nie dotyczy to Wenus, posiadającej wprawdzie masę niemal taką samą, lecz nadto klimat gorący, przy którym atmosfera Jutrzenki składa się prawie wyłącznie z dwutlenku węgla: gazu cięższego od wszystkich wymienionych.

Planety grupy III z reguły są w stanie zatrzymać każdy gaz, włącznie z wodorem. Jeśli jeden z diskutowanych modeli budowy Jowisza (wszechoce-an wodny) okaże się słuszny — przyjdzie zrewidować

13) W temperaturach panujących u nas — prędkość termiczna -'wocŁoflnu wynosi 1800 m/s, a helu 1300 m/s. Jest to zmańanie mniej niż piąta część prędkości ucieczki z Ziemi — wartość graniczna dla trwałości danego gaau w atmosferze planetarnej.

238

wać tezę o abiogeniczności tego rodzaju obiektów. Na razie byłoby to jednak ryzykowne, gdyż najświeższe badania planet-olbrzymów coraz mocniej świadczą, że są to kule wodorowe (pozbawione litosfery i hydrosfery), których gęstość po prostu wzмага się ku środkowi, bez żadnej ostro zaznaczonej powierzchni, nieodłącznej dla planet grupy Ziemi.

O nieprzydatności masywnych globów do życia może decydować ta specyfika ich budowy, lecz w żadnym razie — skład atmosfery, jak nieopatrznie podają niektóre źródła. Przecież w atmosferze tego typu, obfitującej w metan oraz inne węglowodory, siarkowodór, amoniak, także wolny wodór — powstała nasza rodzima biosfera.

Warto wtrącić jako ciekawostkę, że niektórzy specjaliści nie ograniczają szans biogenezy białkowej wyłącznie do planet. W 1962 r. wybitny amerykański astronom Harlow Shapley zwrócił uwagę, że miejscem narodzin życia nie musi być koniecznie system planetarny, z centralnym słońcem jako źródłem energii zasilającej powierzchnię globu. Podejrzewa się, iż wśród obiektów kosmicznych przejście od klasy planet do klasy gwiazd jest płynne. Wiemy bowiem na pewno, że istnieją zarówno bardzo wielkie planety, jak bardzo małe gwiazdy.

Wydaje się niewątpliwe, że wśród tych ciał kosmicznych występują „niezrzeszone” — samotnie krążące po bezdrożach Galaktyki. Byłyby to wspomniane wcześniej gwiazdy o masie poniżej 0,08 Słońca, które w ogóle nie wchodzą w ciąg główny, tylko już od chwili uformowania się stygną powoli. Po utworzeniu się na ich powierzchni twardej skorupy, mogłaby tam bardzo długo panować temperatura umiarkowana, odpowiadająca wymogom ży-

239

cia białkowego — dzięki ogrzewaniu ciepłem wnętrza globu.

Komentując tę hipotezę jako najzupełniej przekonującą, Stanisław Lem sugeruje, że „powstające tani formy życia, jako pogrążone w wiecznej ciemności, prawdopodobnie nie wykształciły zmysłu wzroku”. Temu przypuszczeniu zaprzecza budowa większości zwierząt głębinowych bytujących tak samo w kompletnym mroku, rozjarzanym tylko światłami narządów mieszkańców tej strefy, wytworzonymi w nurcie ewolucji.

Trzeba jednak pamiętać, że tego typu masywne planety zbudowane są zapewne głównie z wodoru, więc jeśli istniałyby tam jakieś formy życia, to niepodobne do ziemskich. Nadto wydaje mi się, iż powstanie biosfery na takim samotnym globie jest bardzo utrudnione. Zastrzeżenie to opieram na rozważaniach termodynamicznych. Z tego punktu widzenia sam proces życia przypomina maszynę, dla której dopływ energii jest wprawdzie warunkiem koniecznym, lecz niewystarczającym: wymaga ona gorącego źródła energii oraz zimnego jej odbiornika. W tym wypadku, u nas Słońce odgrywa rolę pieca, zaś klimat ziemski — chłodnicy. Z drugiej strony jednak, istnieją biotopy pozbawione jakichkolwiek różnic temperaturowych: przede wszystkim głębiny oceaniczne.

Znane z obserwacji globy grupy III wyróżnia od dwóch pierwszych grup nie tylko znaczna masa, lecz także o wiele mniejsza średnia gęstość. Nie wiemy, czy w

innych układach powstają planety o masie Jowisza, lub choćby Urana, posiadające gęstość Ziemi. Odkrycie gdziekolwiek takich obiektów, pasujących do typu biogenicznego, stworzyłoby konieczność oparcia klasyfikacji globów grupy III nie na ich masie, tylko na średniej gęstości. Tymczasem nie wie-

240

my, od jakiej masy począwszy następuje raptowny, prawie czterokrotny spadek gęstości planet. Najmniejsza bowiem spośród' nasywniejszych od Ziemi — to Uran, bądź co bądź już klasyczny olbrzym (prawie 15 mas ziemskich). Ten brak materiału obserwacyjnego spowodował, że dolną granicę (5 mas' Ziemi) dla grupy III musiałem przyjąć kierując się; intuicją.

Być może, między II a III grupą nie ma płynnego przejścia pod względem mas. Na przykład: globy o dużej gęstości tylko wyjątkowo przekraczają masę Ziemi, planety wodorowe zaś, aby w ogóle mogły się uformować, muszą być niemal wielkości Urana. Tłumaczyłoby to rozkład mas planetarnych w Układzie Słonecznym. Gdyby jednak istniały bardzo masywne obiekty o strukturze Ziemi, należałoby w obrębie globów biogenicznych wydzielić je w osobną podgrupę. Silna grawitacja na ich powierzchni musiałaby bowiem przesądzić o istotnych odrębnościach tamtejszego życia (mniejsze rozmiary osobników, silniejsza ich budowa, wiele zasadniczych różnic w fizjologii). Dotyczyłoby to wyłącznie form lądowych; dla ciał zanurzonych w cieczy grawitacja jest bez znaczenia.

Również oddzielne podgrupy powinny stanowić planety tworzące sam ląd bądź sam ocean, szczególnie zimne albo skwarne, o dużej zmienności temperatur, lub — odwrotnie — wyjątkowym ich wyrównaniu, itd.

Nietrudno wwnioskować z tych rozważań, w jakim stopniu problem planet jest bardziej skomplikowany od problemu gwiazd. Przekonujemy się z całą wyrazistością, iż ekosfery geometryczne w wielu wypadkach daleko odbiegają od rzeczywistych. W obrębie prawidłowo wyliczonej ekosfery gwiazdowej — nawet obiekty pokrewnego rodzaju,

16 Blokosmos t. 1

241

(Wprowadzone na identyczną orbitę — zależnie od cech indywidualnych albo będą się nadawały dla życia, albo nie.

Zaczerpnijmy przykład z grupy II, gdyż tylko o takich globach wiemy na pewno, że mogą stanowić siedlisko życia — choć nie zawsze i nie w każdym poszczególnym przypadku. Mars, ulokowany na miejscu Wenus, stanowiłby planetę gorącą, lecz w klasyfikacji Gadomskiego zdecydowanie przydatną organizmom białkowym, przynajmniej w strefach polarnych.

A jednak z pewnością byłby on jałowy. Po pierwsze dlatego, że rozrzedzona atmosfera nie chroniłaby wystarczająco powierzchni skalnej przed skwarem słonecznym, a przewaga w niej dwutlenku węgla dodatkowo potęgowałaby ten żar efektem cieplarnianym. Po drugie, trwałość otoczki gazowej w tak niewielkiej odległości od Słońca byłaby problematyczna z uwagi na drobną masę oraz w związku z dwukrotnie mniejszą prędkością ucieczki niż w wypadku Wenus.

Natomiast jest kwestią dyskusji, czy Jutrzenka umieszczona na orbicie Marsa ochłodziłaby się dostatecznie. Krążąc w położeniu Ziemi, więc pławiąc się w samym środku geometrycznej ekosfery Układu Słonecznego, czyli w pozycji teoretycznie wymarzonej dla rozwoju życia — z pewnością nie nadawałaby się do zamieszkania przez istoty białkowe, z powodu nadmiernie wysokich temperatur. Wprawdzie trudno wykluczyć rozwój biosfer na planetach zahamowanych, lecz wymaga on sprzężenia wielu czynników, i to w dość wąskich granicach. Najbardziej prawdopodobny jest wypadek, kiedy biogeneza dokonuje się na globie posiadającym jeszcze stosunkowo krótką dobę, a dopiero w

miarą jej wydłużania się, trwającego setki milionów lat — to życie zmierza ku terminatorowi, tam przystosowując się ostatecznie do nowych warunków środowiskowych.

Gadomski przyjął za podstawę swych rozważań postulat biologów, że życie białkowe może rozwijać się w granicach od  $-70$  do  $+80^{\circ}\text{C}$ . Jest to słuszne, ale z pewnym ważkim zastrzeżeniem. Tylko w górnej części tego przedziału, czyli w obrębie pozostawania wody w stanie płynnym — różnice temperatur (amplitudy dobowe, roczne) nie mają istotnego znaczenia. Również niektóre obszary Ziemi cechuje klimat w ogóle nie zróżnicowany przez cały rok ani pod względem temperatur, ani opadów — np. rejon Dżakarty, albo stoki Kilimandżaro powyżej 2000 m wysokości.

Łatwo sobie wyobrazić życie organizmów ciepłolubnych w temperaturze  $40$  lub  $60^{\circ}\text{C}$ , nie podlegającej istotnym wahaniom. Lecz nie da się tego powiedzieć o klimacie mroźnym. Twierdzenie, iż życie znosi siedemdziesięciostopniowe mrozy, ma pewne ważne ograniczenie. Wprawdzie drobnoustroje dobrze znoszą mrozy, lecz wyłącznie w stanie ana-biozy: życia utajonego. Jest to aż nadto zrozumiałe, gdyż żadne procesy przemiany materii nie mogą dokonywać się w organizmie, dopóki jego płyny ustrojowe są zamrożone.

Ewolucja ziemskiej biosfery obeszła tę trudność, stwarzając dwie gromady zwierząt stałocieplnych, mogących dzięki temu przystosowaniu przebywać dowolnie długo w temperaturze niższej od - punktu marznięcia wody. Są to jednak ekstrema planetarnego dowodu życia, owoc paru miliardów lat nieustannego oddziaływania doboru naturalnego, a nie — pierwsze niemowlęce kroki. Również w każdym innym miejscu Wszechświata rozwój życia przebie-

243

l f

ga od form najprostszycych ku coraz bardziej złożonym.

Z tych względów, rozciąganie geometrycznej eko-sfery Układu Słonecznego aż do 273 milionów km od Słońca wydaje się nieporozumieniem. To samo dotyczy systemów planetarnych gwiazd chłodnych, czerwonych karłów, gdzie ekosfery geometryczne są tak ściśnione, iż pod względem położenia orbit globów biogenicznych — pozornie wydają się przydatne raczej ich peryferie, ledwo odsunięte tuż poza subtelne włókna zewnętrznej korony gwiazdowej, podczas gdy bliższe rejony leżą nawet w zasięgu protuberancji.

Te pierwsze, to jednak obszary silnie wymrożone. Wokół tych gwiazd, planety ekosferyczne muszą zapewne spełniać szereg dodatkowych warunków: najkorzystniejsze położenie orbity, maksymalnie wydajny efekt cieplarniany atmosfery, itp. Egzobiologia nie uważa ich jednak za tereny przegrane. „Należy jeszcze raz podkreślić — stwierdza Josif Szklowski („Wszechświat, życie, myśl”, s. 179) — że z grupy gwiazd, wokół których może istnieć życie, nie sposób już dziś wyłączyć czerwonych karłów, które stanowią znaczną większość wszystkich gwiazd.”

Korzystniejsze warunki dla życia trafiają się w układach gwiazd zmiennych oraz wielokrotnych. Spotykane w niektórych publikacjach wykluczanie w czambuł wszystkich gwiazd zmiennych (kiedy indziej, również wielokrotnych) jako słońc odpowiednich dla planet ożywionych — nie znajdują uzasadnienia. 14)

14) Niał dobrą sprawę, pewne objawy zmienności obserwujemy u każdej gwiazdy. Weźmy przykład Słońca. Oprócz pochodni i protuberancji, pojawianie się plam na jego fotosferze wywołuje drobne fluktuacje natężenia bla-

244

- Gwiazdy zmienne spotykamy wśród wszystkich klas widmowych. Jedne z nich

posiadają więc układy planetarne, inne zaś — nie. Z pewnością nie mają .ekosfer niektóre rodzaje zmiennych, jak choćby nowe i nowe. powrotne. Istnieją jednak takie, zarówno wśród gwiazd zmiennych nieregularnych, jak też regularnych, których oscylacje zmian blasku są mniejsze od 0,5, a nawet 0,1T12 — co powodowałyby na powierzchni ich planet różnice temperatury nie przekraczającej amplitudy dobowej, związanej z wirowaniem globu.

Jeszcze pospoliej od zmiennych występują w Galaktyce gwiazdy podwójne i wielokrotne. W promieniu 17 l.św. od nas znajduje się 59 gwiazd, wśród których jest tylko 27 pojedynczych. Resztę stanowi 13 układów podwójnych oraz dwa potrójne.

Może się wydać dziwne, iż gwiazdy zmienne oraz wielokrotne — więc obiekty w gruncie rzeczy zgoła odrębne — często bywają omawiane wspólnie. Powodem jest, że składniki niektórych par gwiazdowych okresowo wzajemnie się zakrywają; zależy to od kąta nachylenia płaszczyzny krążenia obu słońc wokół wspólnego środka ciężkości — do kierunku patrzenia z Ziemi.

Takich gwiazd na ogół nie widzimy oddzielnie nawet w dużych teleskopach. Efektem natomiast jest przyćmiewanie blasku gwiazdy podczas zakry-  
sku (także zakłócenia radiowe) — z dnia na dzień, a nadto wykazujące pewną regularność jedenastoletniego cyklu, uchwytne m.in. w procesach biologicznych (np. różnice rocznych przyrostów słoików drzewa). Co więcej — umieszczone na sztucznych satelitach przyrządy pomiarowe pozwoliły wykryć, że w dziedzinie nadfioletu Słońce jest gwiazdą zmienną w pełnym znaczeniu tego słowa, Tą marginesową uwagą oczywiście' nie zamierzam podważać .przyjętego w astronomii podziału wszystkich gwiazd na stacjonarne oraz niestacjonarne, czyli zmienne.

245

cia jednego składnika przez drugi. To powoduje, że możemy rozpatrywać je pod względem okresowych różnic blasku, a więc jako zmienne nazywane zaćmieniowymi — w odróżnieniu od gwiazd fizycznie zmiennych, u których oscylacje blasku są wywołane procesami dziejącymi się w samej gwiazdzie (np. regularne pulsacje u cefeid, wybuchy, gwałtowne rozbłyski, itp.).

Obserwatorowi, pragnącemu ustalić okres oraz amplitudę zmienności danego obiektu, gwiazda fizycznie zmierza lub zaćmieniowa prezentuje się identycznie.

Co do niektórych gwiazd, dotychczas nie mamy pewności, czy powodem ich przygasania i rozjarzania się jest występowanie podwójnego Układu, czy też fizyczne cechy pojedynczego obiektu. Badanie widma nie zawsze rozstrzyga wątpliwości: wraz ze zmianami temperatury powierzchni gwiazdy, innego charakteru nabiera jej widmo; amplitudę zmienności gwiazdy określa się często, podając ilość podklas widmowych odgraniczających minimum oraz maksimum jej blasku. Również z pozycji egzobiologii zachodzi istotna analogia między tymi dwoma odrębnymi rodzajami gwiazd: w obu wypadkach chodzi o amplitudy zmian temperatur na powierzchni tamtejszych planet. W układach gwiazd zmiennych — do różnic temperatur dobowych i rocznych dochodzi cykl zmienności, przebiegający bądź regularnie, bądź nieregularnie. W takim ujęciu, naszym zadaniem jest sporządzić wykres temperaturowych fluktuacji na powierzchni planet krążących po rozmaitych orbitach — i ustalić, do jakich granic ich rozpiętości życie białkowe może się przystosować.

Wykres jest najprostszy w wypadku gwiazd zmiennych regularnych. Rozpatrując dość przeciętną cefeidę długookresową, której amplituda zmian

246

blasku wynosi 1,5, zaś okres zmienności 11 dni — z prostego rachunku dowiadujemy się, że temperatura fotosfery gwiazdy oscyluje w granicach 1240°C, a na planecie krążącej w odległości jednej jednostki astronomicznej od niej



(średnia odległość Ziemi od Słońca, równa 149,5 miliona km) wywołuje to wahania przeciętnej temperatury globu od + 21 do -29°C.

U zmiennych nieregularnych sprawa znacznie się komplikuje. Nie jest to jakaś jednolita, zwarta grupa gwiazd, pozwalająca na ściśle uogólnienie. Przyczyny ich zmienności są bardzo rozmaite, przebieg zmian blasku — również. Spotykamy np. zmienne półregularne, takie jak Cefeusza, u której zmiany blasku można wytłumaczyć nakładaniem się wahań o okresach kilkuset dni oraz amplitudzie 0,5 na wahania o okresie stu dni i amplitudzie 0,1. Wokół tego typu gwiazd — życie jest najzupełniej możliwe.

Trudniejszą sytuację stwarzają pewne chłodne gwiazdy ciągu głównego z grupy czerwonych karłów, mogące posiadać układy planetarne: tak zwane gwiazdy rozbłyskowe. Ciekawe, że mechanizm ich rozbłysków jest identyczny jak na Słońcu, choć przebiega bez porównania silniej. Np. u gwiazdy UV Wieloryba zaobserwowano w 1952 r. nagły wzrost jasności o 4,8 (czyli niemal stokrotnie!) w ciągu 20 sekund. Trudno przesądzić, czy biosfera potrafiłaby się przystosować do takich kaprysów gwiazdy. Gdyby natomiast zdarzały się zupełnie wyjątkowe, należałoby je traktować jak klęskę żywiołową, która dotknęła półkulę globu zwróconą w chwili wybuchu ku swemu słońcu. Taki kataklizm mógłby wygubić całe populacje mniej odporne na wahania temperatury.

Istnieją również gwiazdy, które, obserwowane od

247

orzech stuleci, w tym czasie zmieniły swój blask o 2—3 wielkości gwiazdowe.

Mogą to być zmienne o okresie wynoszącym setki lub tysiące lat. Na okrążających je planetach odbijałoby się to w postaci swoistych epok lodowych, przeplatanych nawrotami okresów skwarnych — czasami w skali wykluczającej życie. Jeśli wszakże na takim globie biosfera powstała wcześniej, w warunkach większej stabilności promieniowania swego słońca, to w pewnych wypadkach drobnoustroje mogłyby tę sytuację przetrzymać. Ważne jest, aby maksima temperatur nie podnosiły się zbyt wysoko. Jeśli chodzi o kryzysowe „epoki lodowe”, życie w formach bakteryjnych przetrwa w stanie anabiozy dowolnie niskie temperatury nawet\* przez tysiące lat, co potwierdzają badania wiecznych zmarzłości w Arktyce.<sup>15)</sup>

W układach planetarnych gwiazd wielokrotnych nie może być mowy o nieregularności w cyklu zmian temperatur na powierzchni planet (chyba, że któreś z tych słońc jest gwiazdą fizycznie zmienną). Mimo to, krzywe zmian oświetlenia przebiegają tam na wykresie w sposób bardzo złożony. Po pierwsze, orbita planety na ogół bywa w tych warunkach dość wydłużoną; nie mniejsze znaczenie ma stopień spłaszczenia elipsy, jaką gwiazdowe składniki tego systemu zakreślają wokół wspólnego środka ciężkości. Po wtóre, jeśli nie są zbyt od-

15) Hoimar von Ditfurth pisze na ten temat („Dziś. Wszechświata”, s. 278):

„Pewnemu niemieckiemu biologowi udało się dosłownie przywrócić do życia bakterie, od stu milionów lat albo nawet i dłużej zamknięte w złożach soli w głębi sikoirupy ziemskiej. Owe żyjące istoty zamierchłej przeszłości rosną dzisiaj znowu i rozmnażają się na powierzchni. W naszych nowoczesnych laboratoriach.” Szkoda, że a u ton nie pociągł bliższych okolic i tego sukcesu.

dale, planetę ogrzewa raz jedno słońce, innym razem drugie, to znów obydwie z podobnym natężeniem. Natomiast mogą zdarzać się okresy, kiedy krąży ona dość daleko od obu swoich słońc, co pociąga znaczny niedobór energii promienistej na jej powierzchni. • • • - v ~ < 5 i

Choć układy gwiazd potrójnych, poczwórnych, a nawet jeszcze liczniejszych nie stanowią zbyt rzadkości — dla naszych rozważań w zasadzie wystarczy uwzględnić istnienie par gwiazdowych. Chodzi o to, że (poza nielicznymi

wyjątkami) w układzie potrójnym dwa składniki są stosunkowo blisko siebie, a trzeci jest tak oddalony, iż z egzobiologicznego punktu widzenia powinien być traktowany za gwiazdę pojedynczą.

Systemy poczwórne grupują się zwykle parami, między którymi jest przerwa rozleglejsza niż Układ Słoneczny. Dlatego można tu mówić o odrębnych ekosferach dwóch podwójnych układów gwiazdowych. W systemach poszczególnych występują zazwyczaj trzy pary gwiazd, spełniające tę samą rolę, co poszczególne składniki w układzie potrójnym: dwie pary znajdują się stosunkowo blisko siebie (odległość obiektów każdej z nich jest wielokrotnie mniejsza), trzecia zaś dwójka krąży bardzo daleko.. Taki układ przedstawia Kastor, jasna gwiazda z konstelacji Bliźniąt.

O możliwościach powstania życia w układach gwiazd wielokrotnych przesądzają (prócz typu widłowego, co dotyczy wszystkich gwiazd) w pierwszym rzędzie odległości poszczególnych składników. Istnieją tak ciasne pary gwiazd (nazywane spektroskopowe podwójnymi), że ich powierzchnie prawie się stykają, oraz następuje wymiana gazów atmosferycznych między oboma słońcami. W takim wypadku, orbity planet — zwłaszcza bardziej od-

2,43.1

dalone — niczym nie różnią się od orbit w układach gwiazd pojedynczych, a okresy zmienności mocy promieniowania, wywołane naprzemiennym zasłanianiem jednego słońca przez drugie — wynoszą niewiele godzin, przez co temperatura na powierzchni globu znacznie się wyrównuje.

Również wokół każdego z dwóch słońc, dostatecznie oddalonych, mogą krążyć planety ekosferyczne. Taką sytuację dobrze ilustruje najbliższy od nas układ gwiazdy alfa Centauri (nazywany także To-limakiem). Jest to system potrójny. Najjaśniejszy jego składnik, alfa Centauri A, posiada widmo Słońca (G2V) i może być uważany za wierną kopię naszej dziennej gwiazdy. Alfa Centauri B ma podobną masę, a niższą temperaturę powierzchniową, przez co świeci słabiej.

Odległość obu tych gwiazd wynosi 3,5 miliarda km, czyli więcej niż Urana od Słońca. W tych warunkach, wokół każdej z nich mogą krążyć planety, uzależnione tylko od swojego słońca. Drugie byłoby wspaniałą iluminacją nieba. Wyobraźmy to sobie u nas: drugie słońce, oddalone bardziej niż Uran, gołym okiem widoczne nie jako tarcza, lecz oślepiająco jasna gwiazda, o sile blasku tysiąckrotnie większej niż Księżyc w pełni. Jego udział w ogrzewaniu globu wynosiłby jednak zaledwie 0,2%.

Trzecim składnikiem alfa Centauri jest najbliższa spośród gwiazd naszego nieba, Proxima Centauri, tak oddalona od dwóch wymienionych głównych gwiazd układu, że z ich pobliża moglibyśmy ją dojrzeć tylko przez lunetę. Wynika to stąd, że Proxima jest czerwonym karłem klasy widmowej M5, więc świecącym bardzo słabo. Należy do tego potrójnego układu, gdyż podlega grawitacji składników A i B, obiegając wspólny środek ciężkości raz na sto tysięcy lat.

250

Zespół najbliższych gwiazd interesuje nas, szczególnie, jako jeden z pierwszych celów wypraw międzygwiazdnych w przyszłym stuleciu. Szkoda, że alfa Centauri A i B są gwiazdami bardzo młodymi, które dopiero co wyszedłszy ze swego dzieciństwa, wpłynęły na ciąg główny. Misterium życia może się tam zaledwie rozpoczynać, chyba w formach jeszcze przedkomórkowych. Rozumnymi gospodarzami ewentualnych planet mogliby być wyłącznie eksploratorzy przybyli z innych stron nieba.

Natomiast Proxima promieniuje tak słabo, że trudno byłoby znaleźć wokół niej orbitę dla ekosferycznego globu; tym, bardziej, iż jest ona gwiazdą rozbłyskową.

Wyszukanie takiej orbity dla obiektu krążącego w układzie dwóch głównych słońc A

i B także nie byłyby łatwe. Obie te gwiazdy okrążają wspólny środek ciężkości po elipsach silnie wydłużonych, o mimośrodku 0,52. Chiński astronom Su-Shu-huang, którego badania obaliły utrzymujący się długo pogląd, że układy gwiazd wielokrotnych nie odpowiadają rozwojowi życia — rozpracował to zagadnienie wyłącznie dla przypadku kołowych orbit składników układu podwójnego. Nie muszą one być dokładnie kołowe, ale przynajmniej zbliżone do orbity Marsa.

W omawianym układzie nie może istnieć taka planeta o klimacie umiarkowanym z punktu widzenia życia białkowego, gdzie dodatkowe zmiany temperatury w związku z obecnością dwóch słońc byłyby mniejsze niż w wypadku gwiazdy zmiennej o amplitudzie 1,0 (średnia wartość dla cefeid długookresowych). Bardziej wyrównane orbity musiałyby przebiegać tak blisko gwiazdy, iż byłyby odpowiednie raczej dla istot krzemoorganicznych.

i

251

Oba słońca alfa Centauri są zbyt oddalone od siebie, aby mogło występować tam życie na globie zakreślającym ósemkę bądź fantazyjną pętlę.

Możliwość tak osobliwych orbit planetarnych w układach gwiazd podwójnych, pasjonująca z punktu widzenia mechaniki nieba, rozszerza liczbę planet biogenicznych w Galaktyce. W naszym konkretnym przypadku, nasłonecznienie planety zakreślającej zgrabną ósemkę zmienia się — wbrew pierwszemu wrażeniu — tylko w takich granicach, jak w Polsce od grudnia do czerwca.

Co innego planeta o orbicie nieregularnej. Trasę „wewnętrzną”, która niedomkniętą ósemką opasuje oba słońca — w myśl drugiego prawa Keplera przebiega ona z dużą prędkością, bo w silnym polu grawitacyjnym gwiazd A i B (z wyjątkiem obu środkowych przewężeń, gdzie przyciąganie jednego słońca jest hamowane przyciąganiem drugiego). Przebycie reszty drogi, zbliżonej do koła, odbywa się w tempie znacznie powolniejszym i trwa wielokrotnie dłużej. To wywołuje tak znaczną rozpiętość temperatur między krótkim skwarowym latem a długą mroźną zimą, że nie wytrzymałaby jej znaczna większość rodzajów ziemskich zwierząt. Natomiast przypuszczalnie cała nasza biosfera potrafiłaby przystosować się do tych skrajnych warunków, gdyby od kolebki startowała w takim klimacie. ' - • :,, :

j

Załóżmy, że pod względem masy i typu widmowego obie gwiazdy nie różnią się od Słońca. Wtedy Ziemia, przeniesiona na prostszą z tych orbit (zamkniętą ósemkę), miałaby klimat odpowiedni dla nas, gdyby odległość między słońcami wynosiła średnio 400 milionów km i zmieniała się tylko nieznacznie.

Uwzględniając różnorodność wahań nasłonecznienia planet krążących bądź wokół gwiazdy zmiennej, bądź w układzie podwójnym, chciałoby się wyprowadzić pewne ogólne wnioski, ustalające jaki zakres tych amplitud życie białkowe może znieść.

Niestety, nie da się ująć tego problemu w sztywne ramy — tak od strony astronomicznej, jak i biologicznej. Z punktu widzenia fizyki gwiazd oraz mechaniki nieba — możliwe są rozliczne kombinacje krótszych i dłuższych okresów zmienności, regularnych, półregularnych, albo nie podlegających żadnemu powtarzalnemu rytmowi; także cykl amplitud promieniowania nakładających się na siebie w związku z mnóstwem takich czynników, jak nierównomierne promieniowanie gwiazdy, skomplikowana orbita planety w układzie podwójnym, nachylenie osi globu do miejscowej ekliptyki, szybkość wirowania obiektu, itp. '

Nieco prostsze wydaje się ujęcie zagadnienia z pozycji egzobiologii. Wprawdzie dalecy jesteśmy od pełnego rozeznania, w jakiej rozpiętości warunków klimatycznych życie białkowe może „już”, albo „jeszcze” prosperować — lecz znamy te sprawy z obserwacji przyrodniczych oraz z wielu laboratoryjnych doświadczeń.

Wachlarz temperatur występujących na Ziemi (z wyjątkiem Antarktydy) sięga od — 70°C w Arktyce do +60 na tzw. biegunach ciepła (płd. Sahara, Dolina Śmierci w Kalifornii). Istnieją regiony (m.in. pewne dalekowschodnie obszary Związku Radzieckiego), gdzie amplituda roczna osiąga sto stopni (od — 55 do +45) — nie mówiąc o południowych zboczach wyniosłych szczytów górskich w tropikach, gdzie występują podobne dobowe wahania temperatur.

Nie są to bynajmniej środowiska ekstremalne dla życia roślin i zwierząt. Od dawna wiedziano, że

253

istnieją gatunki bakterii żyjące w gorących źródłach, lecz dopiero w 1970 r. Brock i Darland odkryli mikroorganizmy, których jedynym środowiskiem są wrzące gejzery o temperaturze 100°C. Czternaście lat wcześniej Spector stwierdził doświadczalnie, że niektóre glony, m.in. *Oscillatoria filiformis*, dobrze się rozwijają w wodzie o temperaturze ponad 120° C (oczywiście doprowadzonej do tego stanu pod zwiększonym ciśnieniem). Tym samym obalone zostały wcześniejsze poglądy, że żadne rodzaje białek nie oprą się denaturacji przy tak silnym podgrzaniu. Przedtem sądzono powszechnie, iż takie gorąco znoszą jedynie wysuszone zarodniki bakterii.

W Toskanii (środkowe Włochy) biją gorące źródła o znacznej zawartości kwasu bornego, w których znaleziono liczne kolonie bakterii *Boracicola*. Zarówno przeniesione do nasyconego roztworu kwasu bornego, jak umieszczenie później w dziesięcioprocentowym kwasie siarkowym — zachowały pełną aktywność. Odkryto mikroorganizmy w ropono-śnych pokładach 4000 m pod powierzchnią gruntu. Mało tego. Chyba skrajnym przykładem są drobnoustroje żyjące w stężonym roztworze chlorku ^rtęciowego (sublimat) — gwałtownej trucizny dla wszelkich innych organizmów.

W dolinach Pamiru wilgotność powietrza jest minimalna, a w południe spada do zera. Mimo to, występuje tam wiele gatunków roślin wysokogórskich. Na Saharze, gdzie czule przyrządy nie wykrywają krzty wody w piasku, żyją drobnoustroje wykorzystujące znikome ślady wilgoci. Nawet obecność światła słonecznego nie okazuje się konieczna dla wszystkich form roślinnych. W glebie żyje w ogromnych ilościach flora bakteryjna nie wytwarzająca chlorofilu, natomiast zdolna produkować

234

z materiału mineralnego wszelkie związki organiczne niezbędne dla swego rozwoju. Wyzyskuje ona energię chemiczną zmagazynowaną w substancjach glebowych, zwłaszcza tych, które obfitują w tlen.

Lecz i ten życiodajny gaz nie okazuje się konieczny dla wszystkich ustrojów biologicznych. Pasożyty wyższych zwierząt spędzają całe życie w ich jelitach: w oparach dwutlenku węgla, metanu, siarkowodoru. Więc w atmosferze całkowicie beztlenowej, bardzo przypominającej tę, w jakiej -na wolnej przestrzeni dokonała się ongiś biogeneza. Być może, są one w prostej linii spadkobiercami tamtych pradawnych organizmów sprzed paru miliardów lat.

Na Ziemi nietypowe są formy życia, którym dogadza niedobór wilgoci albo brak tlenu. Jednak na globach o innej specyfice warstwy powierzchniowej (odmienna atmosfera, przewaga innych cieczy niż woda) ewolucja życia białkowego może pójść w zgoła odrębnym kierunku, jeśli chodzi o zapotrzebowanie ustroju oraz reakcje chemiczne • wykorzystywane do przemiany materii.

Podczas gdy tylko bardzo nieliczne organizmy wytrzymują kąpiel we wrzącej wodzie — drobnoustroje w stanie anabiozy na ogół dobrze znoszą skrajnie silne zamrożenie. Okazało się, że to samo dotyczy zwierząt wielokomórkowych, niekoniecznie o mikroskopijnych rozmiarach. Wrotki, nicienie i niesporczaki,

dokładnie wysuszone, umieszczono na dobę w ciekłym powietrzu o temperaturze — 190°C, na drugą dobę w ciekłym wodrze przy — 254°C, wreszcie na trzy godziny w ciekłym helu przy —272°C. Powoli rozmrożone — po odpowiednim zwilżeniu — zwierzęta te odzyskały normalną żywotność. Rzecz oczywista, że w czasie trwania takich doświadczeń zatrzymują się wszelkie funkcje życiowe, a protoplazma — podobnie jak każda in-

855  
na substancja tak oziębiona — staje się twarda niczym stal.

Spostrzeżono, iż przynajmniej niektóre ryby można zamrażać, a potem przywracać do czynnego życia. To pozwoliło przechowywać karpie w blokach lodu, gdzie stawały się twarde i łamliwe, po stopniowym zaś roztajaniu odzyskiwały zwykłą aktywność. Podobne eksperymenty powiodły się z szeregiem ropuch, żab, oraz z kilkoma rodzajami gadów.

Panowało natomiast zgodne przeświadczenie, że zwierzęta stałocielne nie zniosą bezkarnie takich zabiegów. Ten pogląd obalili trzej uczeni: prof. Andjus z uniwersytetu w Belgradzie oraz fizjologowie brytyjscy — Parkes i Smith. Zamrozili oni szczury i chomiki do — 7°C. Zesztywniały, wyglądały jak martwe i nie przejawiały jakichkolwiek wykrywalnych oznak życia. Eksperymentatorom udało się je rozmrozić, bez żadnej szkody dla ich zdrowia.

Warto podkreślić, że obaj cytowani Anglicy na jednym ze zjazdów Brytyjskiego Towarzystwa Międzyplanetarnego zupełnie serio zaproponowali ekspediowanie zamrożonych kosmonautów w podróże trwające setki, lub nawet tysiące lat.

Oświadczyli oni, że „taki zabieg jest już niemal obecnie możliwy”, podczas gdy wyprawy transgalaktyczne zostaną spełnione dopiero w dalszej przyszłości.<sup>16)</sup>

16) Od dwudziestu paru lat działa w Stanach Zjednoczonych towarzystwo podejmujące zamrażanie ludzi niezwłocznie po śmierci i przechowywanie ich w kriokapsułach w temperaturze ciekłego helu. Akcja jest otoczona na to, że w nieokreślonej przyszłości postępy medycyny pozwolą przywrócić ich do życia i wyleczyć z choroby, na którą zmarli. Opinie lekarzy w tej sprawie są podzielone. Jedni traktują to jako szalbierstwo nie tokujące szans powodzenia, inni natomiast w imię humanitaryzmu gorąco głosują za upowszechnieniem tych praktyk.

258

Wszystkie te badania, odkrycia i eksperymenty mają kolosalne znaczenie egzobiologiczne. Jakie wnioski z nich wypływają?

Życie białkowe znosi większą rozpiętość temperatur niż się potocznie przypuszcza. Ale — przynajmniej na Ziemi — skrajne zimno i skrajne gorąco wytrzymują tylko pewne kategorie organizmów, w tym okresie nie zawsze przejawiając normalne funkcje życiowe. Temperatury bliskie punktu wrzenia wody są dostępne nielicznym gatunkom na bardzo niskim szczeblu rozwoju, które czują się w nich dobrze i wiodą życie czynne. Jeśli chodzi o silne mrozy, niektóre stałocielne kręgowce przetrzymują nawet — 70°C (ptaki i ssaki w Arktyce).

Drobnoustroje natomiast — odwrotnie — z reguły zapadają w odrętwienie począwszy od punktu zamrażania wody.

Nic nie stoi na przeszkodzie prosperowaniu biosfery składającej się z samych mikroorganizmów. Są one przecież wczesnym etapem biogenezy, na którym ewolucja — w warunkach niesprzyjających dalszym przekształceniom — może się zatrzymać.

Natomiast niezwykle trudno sobie wyobrazić świat wyższych zwierząt wyzbyty drobnoustrojów. Przymierzając więc do stosunków ziemskich, biogenicność planety wrzących oceanów jest możliwa, natomiast globu stale zamrożonego — , dość wątpliwa.

Dostrzegam tu pewne rozstrzygnięcie ewolucji, udostępniające rozwój biosfery na

takiej planecie, która wskutek szczególnych właściwości swej orbity (wydłużona elipsa typu kometarnego, albo skomplikowana pętla w układzie gwiazdy podwójnej) podlega długotrwałym sezonowym wahaniom temperatury, np. od +140°C „latem” do -100°C „zimą”. Mogły tam powstać organizmy, dowolnie

17 Blokosinos t. J • 2'-1

skomplikowane, które na przemian prowadzą życie czynne i zapadają w odrętwienie anabiozy. Zresztą to samo — choć w stopniu znacznie delikatniejszym — spotykamy na Ziemi w postaci okresowego snu zwierząt: bądź zimowego, bądź przypadającego w okresie suszy, skwaru lub niedostatku pokarmu.

To zjawisko łączymy najczęściej ze snem zimowym niektórych ssaków stref umiarkowanych (niedźwiedź brunatny, suseł, nietoperze i inne). Występuje ono jednak w obrębie rozmaitych grup kręgowców.

Wszystkie żyjące w Polsce płazy i gady zapadają na zimę w stan zupełnego odrętwienia. To samo zdarza się u ryb, a nawet ptaków. Prapłetwowiec, ryba dwudyszna z mulistych śródlądowych wód Afryki, z chwilą okresowego wyschnięcia zbiornika wytwarza ze szlamu zlepionego obficie wydzielonym śluzem twarde kokon z otworem dla dostępu powietrza. W tym „futerale” może w stanie anabiozy przeczekać nawet kilkanaście miesięcy suszy. 17) Lelek kalifornijski zapada w sen na okres tamtejszej zimy, która wprawdzie jest ciepła, lecz wtedy brakuje tych owadów, jakimi on się żywi. W parodniowy sen, połączony ze znacznym spadkiem temperatury ciała, mogą zapadać kolibry w razie przejściowego braku pożywienia. Nie mając takiej „klapy bezpieczeństwa”, te małe ptaszki o wyjątkowo intensywnej przemianie materii zginęłyby z głodu w ciągu niewielu godzin. Odpowiednikiem tych samych procesów jest w świecie roślin zrzucanie liści jesienią przez nasze

17) W takich kokonach, niedbale wrzucanych do ładowni statku, przewozi się prapłazce do Europy w celach hodowlanych.

asa

drzewa, albo kilkumiesięczne zahamowanie rozwoju zbóż ozimych. Bardziej finezyjne przystosowania objawiają niektóre rośliny z gorących pustyń. Ich nasienie okrywa błona, która rozpuszcza się w wodzie — lecz tylko wówczas, gdy uzyska wystarczającą jej obfitość. Wtedy organizm natychmiast kiełkuje, po czym zakwita i wydaje nasiona — wszystko w okresie wegetacji fantastycznie skróconym do czasu utrzymania się w glebie wilgoci z jednego silnego deszczu. Dlatego istnieją pustynie, które pokrywają się efemerycznym różnobarwnym kobiercem kwiatów w kilka godzin po pierwszej wiosennej ulewie.

Ewolucja musiała wydatnie wzmóc i wydoskonalić takie specjalizacje na planetach obiegających swoją parę słońc po skomplikowanych orbitach, albo też wystawionych na znaczne wahania blasku gwiazdy zmiennej.

Plastyczność życia w skali kosmicznej jest z pewnością o wiele większa niż to sobie wyobrażamy. Wspomniane skrajne przykłady z przyrody Ziemi są chyba tylko bladym odbiciem tych potencjalnych możliwości materii, które zostały wyzyskane w warunkach, gdzie to stanowiło „być albo nie być” biosfery jako takiej.

Rozmaitość planet, nie z punktu widzenia ciepła otrzymywanego od swego słońca, lecz fizykochemicznej specyfiki globu — jest nader pasjonującym zagadnieniem, które wciąż jeszcze leży odłogiem. Równie dobrze należy ono do astronomii, jak też do egzobiologii.

W interesującym nas typie planet biogenicznych, więc w grupie II, znamy tylko trzy obiekty. Wyrazu „znamy” użyłem na wyrost. Nasz własny glob nadal kryje wiele niedocieczonych tajemnic. Mimo szczegółowego obfotografowania Marsa i przesłania

17'

danych z jego powierzchni, nadał sporny pozostaje' najbardziej zasadniczy dylemat tej planety: istnienie lub nieistnienie tam życia. O Jutrzence, zdobytej za pomocą lądujących próbników, wiemy niewiele ponad to, że jest bardzo gorąca.

## Rozdział VIII

### KREWNI CZY SOBOWTÓRY?

Ziemię cechuje skomplikowana różnorodność klimatów i mikroklimatów — zachodzących na siebie, uwarunkowanych niezmiernie wieloma czynnikami. Na drobiazgową ich rejonizacją .wpływa rzeźba terenu, budowa geologiczna, sąsiedztwo zbiorników wodnych, kierunki wiatrów, itd.

Przypuszczalnie podobna różnorodność znamionuje także klimaty innych globów. Tam, gdzie ona jeszcze bardziej się nasila — powinna uintensywnić bieg ewolucji. Duże jednostki systematyki biologicznej (typy, gromady) z reguły powstawały nie na samotnych wyspach, ani na żadnych innych odosobnionych terytoriach. Nawet Australia nie okazała się wystarczająco duża, ani zróżnicowana, by wnieść jakieś oryginalne wiano do skarbcza biosfery; potrafiła tylko przekazać nam muzealne relikty form, które w innych, bardziej dynamicznych regionach ustąpiły pola nowocześniejszym wynalazkom ewolucji. Wielkie przemiany Życia dokonywały się — z jednej strony — na rozległych płytach kontynentalnych o fantazyjnej mozaice klimatów w każdym czasie oraz plastycznej^ ich zmienności w nurcie tysiącleci; z drugiej zaś -^ fauna morska miała do dyspozycji jako retortę tych doświadczeń

261

ii:

cały ocean planetarny. Żywiol wodny, w którym najprawdopodobniej powstało życie na Ziemi, okazał się jednak mniej obiecujący na zaawansowanych etapach wyścigu —

- skoro nie wyszedł poza szczebel ryb.1) Także na lądzie padła główna wygrana: psychogeneza.

Niezliczone miejsca Wszechświata zapewne dają upust zmaganiom tych samych praw zmienności i kierunkowych przekształceń; są sceną niewyobrażalnie długich turniejów, gier metodą prób i błędów — wiodących najzawilszymi /drogami do zdumiewających zwycięstw. Spośród mnóstwa możliwych wariantów planet, które aż się proszą o posegregowanie wreszcie i ujęcie w jakieś kompleksowe opracowania, czego nikt się dotąd nie podjął — pobieżnie naszkicuję sytuację na nieznanym planecie z grupy drugiej, ogrzewanej przez swoje słońce w stopniu podobnym jak Ziemia, lecz bez reszty zalanej wodą. Ten model nie jest ani wątpliwy, ani nawet nie powinien występować rzadko. Gdyby atmosfera pierwotnej Ziemi zawierała kilkakrotnie większe ilości wody — nawet Himalaje nie wyatawałyby spod morza. Albo inaczej: jeśliby różnice pionowych wzniesień skorupy ziemskiej nie przekraczały 2500 m — przy dzisiejszych zasobach wodnych nasz glob byłby szczelnie pokryty nieskończonym wszechoceanem.

Warto wtrącić, że taka sugestia została nawet wypowiedziana. Piotr. Wolański opublikował hipotezę („Postępy Astronautyki", nr 1, 1977 r.) przyjmującą, że powierzchnię Praziemi całkowicie pokrywała warstwa hydrosfery, w której powstało i rozwinęło

J) Ssatoi i fjady żyjące w morzach oraz wielkich rzekach po.chiodizą od jardowych przodków.

262

się życie.2) Tuż przed nastaniem ery paleozoicznej, wskutek stycznego zderzenia z dużą planetoidą została zniszczona ponad połowa skorupy ziemskiej. Olbrzymia wyrwa, rozwarta na obszarze dzisiejszego Pacyfiku, wciągnęła takie zasoby wód, że na przeciwnej półkuli wypiętrzył się prakontynent — Pangea, stwarzając warunki dla wyjścia życia na ląd. Wolański przedstawia ten obraz „po drodze",

dla wyłuszczenia głównej swojej tezy, jakoby Księżyc powstał z wyrzuconych w przestrzeń odprysków zarówno planetoidy, jak skorupy i płaszcz Ziemi. Bez względu na to, w jaki sposób powstał nasz glob — we wczesnych stadiach swej młodości całą wodę, zgrupowana dziś w morzach i oceanach, unosił w atmosferze pod postacią gęstych chmur. Potężne wybuchy wulkanów wzbogacały te atmosferę w rozmaite lotne substancje, wśród nich w węglowodory. Gdyby wtedy istniała taka proporcja między masami wód, opadających w miarę ochładzania się planety, a rzeźbą jej powierzchni, że pokryłyby ją wszędzie jednolitą warstwą — atmosfera nad tym bezkresnym oceanem nie różniłaby się zasadniczo od tej, która u nas otulała plażki i brzozy lądów.

Rozpatrujemy właśnie młodość takiej planety. Co działo się później? Dla ewolucji atmosfery jest bez znaczenia, czy wybuchają wulkany o nawodnych, czy też podwodnych stożkach. Natomiast działalność wulkaniczna może doprowadzić do szczególnego wariantu, że na planecie .w całości: pokrytej wo-

2) Autor pominął przebieg biogenezy w tych warunkach. Większość hipotez powstania życia na Ziemi (Bernala, Haldane'a, Oparina) jest zgodna, że „bulion pierwotny”, niezbędny dla wytworzenia się koacerwatów, mógł osiągnąć dostateczne stężenie tylko w przybrzeżnych lagunach, zalewanych podczas przypływów.

2A3

da tylko odosobnione wierzchołki wulkanów, w miarę pionowego narastania, uniosą się nad poziom morza.

Stan atmosfery takiego globu kształtuje się podobnie, jak gdyby pokrywały go również lądy. Choć takie same związki organiczne spływają tam z deszczem do oceanu — osiągnięcie w tych warunkach dostatecznej kondensacji dla wytworzenia się struktur typu koacerwatów jest mniej prawdopodobne. Ale przyroda może ominąć tę przeszkodę. Jest to paradoks wyjścia życia na twarde grunty globu, nie mającego ani skrawka lądu. Chodzi o powstawanie wysp pływających; proces realny na skalę trwałą włączanie wówczas, gdy planetę pokrywa jednolity, bezkresny ocean.

Wyrostowanie się na powierzchnię mórz lekkich mineralnych substancji jest znane od niepamiętnych czasów. Dość wymienić wybuchy tych podwodnych oraz nadbrzeżnych wulkanów, które miotają specyficzny, pieniający się rodzaj lawy. Po zastygnięciu tworzy ona pumeks: porowaty minerał lżejszy od wody. Podczas największej żywiołowej katastrofy w czasach historycznych, 27 sierpnia 1883 r. wulkan Krakatau w Cieśninie Sundajskiej wyrzucił w powietrze 18 km<sup>3</sup> pumeksu, który przez rługi czas utrudniał żeglugę.

Drugą możliwością jest osadzanie się na powierzchni wody szczątków obumarłych zwierząt i roślin. Promienice oraz inne żyjątka morskie po śmierci opadała na dno, a ich pancerze, zbudowane z krzemionki bądź z węglanu wapnia, odkładają się w grube pokłady mineralne. Jeśliby te twarde osłony wypełniały komory powietrzne, co łatwo mogło się wytworzyć w rozwoju ewolucyjnym — pływałyby one swobodnie na falach, z czasem montując nawodne formacje analogiczne do raf koralowych.

264

Gdyby koralowce oraz inne ziemskie organizmy rafotwórcze<sup>3)</sup> uzyskały wspomnianą modyfikację swej budowy — z wpływem er geologicznych mogłyby pokryć skorupą nawodnych raf całą powierzchnię oceanów.

Nie są to gołosłowne fantazjowanie. W przyrodzie Ziemi każdy z tych procesów: i wulkaniczny, i organiczny — miałby utrudnione zadanie, bo materiał takich pływających wysp już w trakcie tworzenia się byłby spychany ku lądom przez prądy morskie i wiatry, kruszony i wyrzucany na brzeg. Wiemy natomiast, że wszelkie przemiany biologiczne korzystne w danych warunkach są eksponowane dzięki



ciśnieniu doboru naturalnego, który w dalszym ciągu popiera te spośród tysięcy zapoczątkowanych mutacji, które natrafiły na swoją szansę. Na globie całkowicie zalanym wodą, takie procesy muszą doprowadzać do trwałych nawodnych formacji geologicznych. Materiał mineralny w typie pumeksu zostaje zespolony przez martwe i żywe ciała organizmów. W skali miliardów lat — pył meteorowy, opadający na powierzchnię wysp, także odegra istotną rolę, zwłaszcza wzbogacając ich materiał w te metale (m.in. żelazo, magnez, miedź, wanad), które są potrzebne dla budowy tkanek różnych grup istot żywych.

s) Tworzenie się atoli i raf barierowych kojarzymy powszechnie z działalnością koralu sześciopromiennych. Mają one główny udział w tym procesie, ale nie wyłączny. Współtwórcami tych formacji są także inne jamochłony, mszywioly, otwornice i glony skałotwórcze. W trzeciorzędzie powstawały rafy budowane głównie przez fcrasno-sty: glony o wapiennym szkielecie. Najstarsza działalność rafotwórcza była dziełem archeocjatów: osiadłych zwierzątek morskich o szkielecie wapiennym w kształcie odwróconego stożka, które tworzyły wielkie kolonie znane ze skamieniałości liczących ponad pół miliarda lat.

265

Powstają zatem warunki dogodne dla wystartowania form życia lądowego i dalszej ich radiacji," rozszczepiania się na większe i mniejsze grupy wyspecjalizowane w rozmaitych kierunkach — podobnie jak to się działo na Ziemi. Wszystkie drogi rozwojowe, włącznie z psychogenezą, stoją otworem przed biosferą rozkrzewiającą się na takim podłożu.

Zapewne gdzieś istnieją jeszcze bardziej egzotyczne planety, aż do samego środka zbudowane całkowicie z wody. Z astronomicznego punktu widzenia jest to całkiem realne, o czym świadczą lodowe księżycy Saturna, wspomniane w rozdziale IV. .

••.!\*• ^ .•^ .ta.-ffiaZiJ

W tym konkretnym przypadku, mogą one utrzymać się jako obiekty trwałe tylko dlatego, że krążą w dużej odległości od Słońca, przez co temperatura na ich powierzchni wynosi około (—• 150°C. Gdyby je przybliżyć do naszej dziennej gwiazdy — topniejąca woda zaczęłaby w próżni gwałtownie wrzeć, a para rozproszyłaby się w przestrzeni międzyplanetarnej, ze względu na zbyt nikłe przyciąganie takiego globu.

Sytuacja zmienia się radykalnie w wypadku lodowej planety o średnicy większej niż Ziemia. Dostawszy się w strefę wydatnego nagrzewania przez gwiazdę-słońce, zewnętrzna warstwa lodu zaczyna topnieć, a powstająca para wodna, przytrzymywana dostatecznie silnym polem grawitacyjnym, wytwarza atmosferę otulającą jednolitą powierzchnię oceanu, trwałą pod tą gazową otoczką.

Na pierwszy rzut oka wydaje się, że rozwój życia byłby tam wykluczony z braku odpowiedniego budulca. Cząsteczki wchodzące w skład tkanek żywych ustrojów odznaczają się nie tylko bez porównania większymi rozmiarami niż w wypadku związ-

266

ków nieorganicznych.,4) lecz także złożonością, którą tworzy, oprócz podstawowych pierwiastków (węgiel, wodór, tlen i azot), również wiele innych składników. Przykładowo wymieńmy potas, fosfor, siarczany alkaliczne, chlorek sodu, dwuwęglan sodu, węglan wapnia, jod, cynk, żelazo, miedź.

Byłoby jednak nieporozumieniem sądzić, że taka planeta wodna wytworzy się z chemicznie czystego związku: tlenku wodoru (H<sub>2</sub>O). Woda destylowana występuje tylko w praktyce laboratoryjnej. A w przyrodzie każda substancja mineralna bywa z reguły zanieczyszczona mnóstwem rozmaitych domieszek. Przeważa pogląd, że w metrze sześciennym dowolnej skały występują atomy wszystkich pierwiastków — prócz transuranowych i technetu, które zbyt szybko ulegają rozpadowi aby się

utrzymać w materii zastygłej od miliardów lat. Dla prosperowania życia, te „zanieczyszczenia” na takiej planecie wodnej mogłyby być procentowo znikome, bo wybiórczość organizmów żywych jest wręcz zdumiewająca. Niektóre gatunki mątw, zawierające do 10% wanadu w krwi, żyją w wodzie nie ujawniając obecności tego metalu przy zastosowaniu zwykłych metod laboratoryjnych.

Natomiast samo powstanie życia na takim globie natrafiłoby na dotkliwie trudności — wskutek niedostatecznego stężenia substancji! organogenicznych. Tu raczej wchodziłoby w grę „zaproszenie” zarodników życia z innych planet, np. w meteorytach, bądź też planowe przeniesienie ich jako posiewu istot rozumnych, biorących taki glob pod uwagę

4) Wielkości te są bardzo rozmaite. Masa cząsteczkowa owalbumiiny (składnik białka jaj) wynosi 34500, hemoglobiny — 68000, h-emocyjamiiny (barwnik kiwi mięczaków i sfconutpiaików) — ponad 5 milionów.

r.-.— •.--•••. 267

albo z pobudek doświadczalnych, albo jako hodowlę życia podjętą w celach gospodarczych.

Nie znając granic warunków, w jakich ustroje białkowe potrafią „już” albo „jeszcze” prosperować, pożądane jest — przynajmniej na razie — rozpatrywać w egzobiologii przede wszystkim te modele biotopów, które występują na Ziemi, włączając w to skrajne środowisko życia. Tym sposobem zyskujemy mocny punkt oparcia: doświadczalny dowód, że globy o takich cechach mogą stanowić światy ożywione. Osiągamy tu jeszcze coś nader ważnego: szeroką skalę porównań. Punktem wyjścia dla tych rozważań powinna być znajomość ogólnego charakteru ewolucji oraz węższych prawideł kierujących jej przebiegiem. Czy potrafimy, choćby w pewnych granicach, przewidzieć jak w przyszłych epokach geologicznych - potoczy się transformizm rozmaitych grup dzisiejszych zwierząt? Jeśli tak, przybliży to nas do szerszych ekstrapolacji na inne biosfery.

Przypuśćmy, że dziwnym trafem poznaliśmy jedno jedyne zwierzę z obcej planety i mamy świadomość, iż nie dotrzemy ani do gatunków z nim spokrewnionych, ani do szczątków jego paleontologicznych przodków. W tej sytuacji dołożymy wszelkich ^tarań, by opracować filogenezę (gatunkowy rodowód) naszego eksponatu. Ale czy tylko dotyczący jego przodków?

Otóż z całą pewnością obok „paleontologa-teore-tyka” znalazłby się także „biofurolog”, który z takim samym zapałem i przekonaniem zająłby się nie, jak tamten — minionym, ale, wręcz przeciwnie, przyszłym nurtem rodowodowym tego gatunku, płynącym do przodu milionleciami er kosmicznych.

268

Wbrew pozorom, w obu wypadkach zarówno sensowność podjętych wysiłków, jak szansa zbliżenia się do prawdy, są podobne. Z tym, że przeszłość da się po prostu odczytać, bo odcisnęła swoje znamię na jednostkowym ogniwie łańcucha pokoleń, jakim jest osobnik. Przyszłość natomiast, obwarowana losowym doborem czynników zewnętrznych (warunki środowiska) i wewnętrznych (plastyczność genotypu)\* pozwala rozpatrzeć wiele możliwych, naukowo uzasadnionych dróg filogenetycznego rozwoju.

Zauważmy przy sposobności, że komputerowa analiza takich procesów biologicznych, których nie możemy badać doświadczalnie, stała się faktem. Sensacją naukową ostatnich lat są badania amerykańskiej biochemiczki prof. Margaret Dayhoff nad przemianą materii dinozaurów oraz innych wymarłych zwierząt. Jedyne wyposażenie kierowanych przez nią pracowni to najnowocześniejsze komputery i zestawy dodatkowych urządzeń obliczeniowych — zamiast odczynników chemicznych, tkanek zwierzęcych i skamieniałości. Bardzo obiecujące wyniki tych prac, których jeszcze 10 lat temu nie podjąłby się żaden poważny uczony, stwarzają uzasadnioną

nadzieję, że za następnych 10 lat uda się przenieść takie badania na potencjalne gatunki potomne, mające zasiedlić Ziemię w przyszłych epokach (z koniecznym zastrzeżeniem: jeśli cywilizacyjna działalność człowieka nie udaremni ich powstania).

Wrażeniowo, przyroda wydaje się czymś stabilnym, mocno ugruntowanym. Nie mamy powodu przypuszczać, że lew i niedźwiedź walczące z sobą na rzymskiej arenie, jeleń na którego polował Piast,

289

wydra pana Chryzostoma Paska — wyglądały cokolwiek inaczej niż te zwierzęta w naszych czasach.

Zasugerowani tymi pozorami stałości natury, przez dwa tysiąclecia — od Arystotelesa do Lin-neusza — badacze życia szukali oparcia w kanonie niezmienności gatunków.

Dopiero Darwin zgromadził tak druzgocący zbiór argumentów przeciwko zastojowi przyrody, że ewo-lucjonizm nosi jego imię. W ciągu następnych stu lat zdobyliśmy bogatą i spójną dokumentację rodowodową większości grup zwierzęcych i roślinnych. Film urywa się 600 milionów lat temu, przed nadejściem paleozoiku.

Na ogół ewolucja biologiczna jest wyraźnie powolniejsza od biegu historii.

Pisane dzieje ludzkości są zbyt krótkie, by kroniki mogły nas powiadomić o przekształceniach form zwierzęcych; także człowiek nie zmienił się duchowo i fizycznie od starożytności. Wiemy tylko o wymarciu — a znacznie częściej wytępieniu — licznych gatunków zwierząt i roślin, lecz to odrębne zagadnienie.

Zdajemy sobie jasno sprawę, że czasy dzisiejsze nie są wyjątkowe z punktu widzenia przemian biosfery. Nasz obraz otaczających form życia, oglądany z terażniejszości, jest jak fotografia ptaka szybującego w niebie: z samego zdjęcia w żaden sposób nie docieczemy, w którym miejscu znajdował się ptak dziś rano, oraz dokąd zaleci wieczorem. Lecz z pomocą odpowiednio licznych skamielin możemy prawidłowo prześledzić dzieje gatunku, rodzaju bądź wyższej jednostki taksonomicznej. Również przewidywanie ich przyszłości jest możliwe, z zastrzeżeniem właściwym wszelkim prognozom futu-rologicznym: że podlega ona ciśnieniu wielu czynników zewnętrznych (w tym wypadku, głównie gospodarki ludzkiej i zmian klimatycznych).

270

Niezauważalność przekształceń gatunków w czasach historycznych dotyczy w pierwszym rzędzie kręgowców. Rzeczywiście, przeciętne tempo procesów gatunkotwórczych w ich obrębie mierzy się nie okresami historii, ale geologii. Dowodów na to dostarczają nam nie tylko znaleziska paleontologiczne. Inną metodą jest badanie zdolności do tworzenia mieszańców (np. ze skrzyżowania osła z koniem rodzi się muł, lwa z lampartem — Iwolamp; nie da się natomiast uzyskać potomstwa wilka i lisa, albo rysia i żbika, albo człowieka i szympansa).

Następnie porównuje się wyniki z „zegarem białek”.5) Według Pragera i Wilsena (1975) gatunki ssaków, które można krzyżować, rozdzieliły się nie wcześniej niż 3 miliony lat temu; dla ptaków ta liczba wynosi 21 milionów lat, dla płazów bezogoniastych 23 miliony.

Są to wartości średnie. Znamy gatunki ssaków nie zmienione od kilkunastu, a ptaków — od kilkudziesięciu milionów lat. Czasami — odwrotnie — proces ten zostaje nadzwyczaj przyspieszony. Na ogół, im jakiś gatunek stoi niżej na drabinie ewolucyjnej, tym wydatniejsze ma szansę albo niezmiernie powolnej, albo rekordowo szybkiej zmienności.

W 1965 r. paleontologowie Barghoorn i Tyler znaleźli w skałach liczących 1,9 miliarda lat niepozorny glon, który nazwali *Kakabelia umbellata*. W półtora roku później odkryto w glebie żywe organizmy niczym nie różniące się od tamtych

prastarych form. Z tej samej warstwy liczącej prawie dwa miliardy lat Cloud i Licari opisali w 1968 r. nitko-

5) Hipoteza „zegara białek” głosił, że TÓżni&e w budowie białek zależą wyłącznie >oid upływu czasu, w którym rozdzieliły się dwa porównywane gatunki zwierząt.

271

watą algę *Gunflintia*, prawie identyczną z dzisiejszym glonem *Anabaena*.

Współczesny zaś glon *Eu-capsa alpena* znany z pokładów australijskich liczących 1,6 miliarda lat.

Aż tak wielki konserwatyzm jest możliwy tylko w kręgu drobnoustrojów. Brak przykładów podobnej stałości form wśród tkankowców. Niemniej, żyjące ramienionogi z rodzaju *Lingula* miały swych przedstawicieli 450 milionów lat temu. Spotykany u nas w rowach, bajorkach i kałużach mały skorupiak z bardzo archaicznego rzędu tarczowców, prze-kopnica właściwa (*Triops cancriformis*) jest identyczna ze swymi triasowymi przodkami sprzed 200 milionów lat. Niewiele zmieniła się od tamtych czasów latimeria (*Latimeria chalumnae*), jedyna żyjąca ryba trzonopłetwa; . tak samo nowozelandzka hatteria, czyli tuatara (*Sphaonodori pune-tatus*), ostatni przedstawiciel licznych wtedy gadów ryjogłowych; wreszcie łodzik (*Nautilus*) z zachodniego Pacyfiku, będący odgałęzieniem szeroko rozrodzonej wówczas grupy amonitów, których odciski łatwo znaleźć w złożach wapieni. A skrzypłocz (*Limulus polyphemus*), zasiedlający szelfy atlantyckie wzdłuż brzegów Ameryki, jest ostatnim przedstawicielem gromady staroraków, tak typowych dla mórz kambryjskich sprzed 600 milionów lat. Wszystkie te formy niemal zastygły w rozwoju dlatego, że środowisko ich bytowania pozostało prawie takie same w nurcie całych er geologicznych.

Sięgając do odwrotnych przykładów, jaskrawym świadectwem nadzwyczaj szybkiej ewolucji, związanej z błyskawicznym opanowaniem nowo powstałego siedliska, jest muchówka *Psilopa petrolei*. Jej larwy rozwijają się wyłącznie w kałużach ropy naftowej na polach roponośnych w Kalifornii. Żywią się owadami, które giną upadłszy na powierzchnię

272

takiego zbiornika. Ten gatunek mógł powstać najwyżej kilkadziesiąt lat temu, bo tak długo istnieją kałuże ropy związane z użytkowaniem tamtejszych złóż. Larwy niektórych innych gatunków z tej samej rodziny Ephydriidae zamieszkują stężone solanki, ścieki miejskie i gnijące zwłoki zwierzęce. Przodkowie *Psilopa petrolei* przyzwyczaili się więc do życia w środowisku trującym dla większości organizmów. To ułatwiło tym owadom szybką przebudowę ustroju dla opanowania tak nietypowej — i dlatego nie zajętej przez nikogo — niszy ekologicznej.

W wielkich afrykańskich jeziorach: Wiktorii, Masa i Tanganika uderza wyjątkowa obfitość endemicznych gatunków ryb z rodziny pielęgnicowa-tych: po paręset w każdym z tych akwenów. W Jeziorze Wiktorii większość z nich należy do rodzaju gębaczy (*Haplochromis*). Te niewielkie barwne rybki są chętnie hodowane w akwariach ze względu na ciekawą biologię rozrodu: ikra ich, a potem wykluty drobiazg przez dłuższy czas rozwija się w paszczy matki.

Wszystkie gębacze z Jeziora Wiktorii powstały w ciągu ostatniego miliona lat. Opodal, oddzielone pasmem wydm, leży małe jezioro Nabugabo. Zbiornik ten wyodrębnił się nie dawniej niż 5000 lat temu. W tym krótkim okresie wytworzyło się tam pięć nowych gatunków gębaczy.

Jeszcze ciekawszą sytuację odkryto w jeziorze Lanae położonym na wyspie Miridanao (Filipiny). Istnieje ono około 10 000 lat. A jednak występuje w nim 18 endemicznych gatunków ryb zaliczanych do pięciu rodzajów, z których tylko jeden spotykamy również poza tym zbiornikiem. Mimo różnic wyglądu i trybu życia tych

zwierząt, ichtiologowie dowiedli, że wszystkie one pochodzą od południowo-  
18 Btokosmos t. 1 27?.

azjatyckiego gatunku brzany, *Barbus binotatus*.

Cechy budowy i fizjologii rozmaitych grup zwierzęcych wykluczają pewne kierunki ich zmienności. Najcięższe, prawie dwudziestokilogramowe ptaki latające (drop, łabędź) osiągnęły już granicę, której przekroczenie zamieniłoby je w formy nielotne. Płazy nie powiększą grupy kręgowców stałocieplnych, gdyż im to udaremni oddychanie skórne. Nie wyobrażamy sobie powstania zdolności manipulacyjnych u koniowatych, ani lotu czynnego u węży.

Łatwo mnożyć takie przykłady. A z drugiej strony, rozmaitego typu predyspozycje niektórych zwierząt aż się proszą o snucie prognoz dotyczących ich przyszłej ewolucji.

Trzy gatunki obecnych w Polsce świetlików, potocznie nazywanych robaczkami świętojańskimi, prowadzą podobny tryb życia. Z nastaniem zmroku samice wdrapują się na żdźbła traw i wyginają odwrokiem ku górze, by znajdująca się na jego spodzie latarenka była widoczna dla samców nisko fruujących w locie poszukiwawczym. Uczeni przeprowadzili szereg testów dla zbadania, z jaką dokładnością samce rozróżniają „wizytówkę rozpoznawczą” partnerek swojego gatunku. Spośród naszych świetlików, niespodzianką sprawiły iskrzyki (*Phausis spendidula*): najmocniej upodobały sobie światło niebieskie, zgoła nieobecne w widmie latarenek ich samic. Mając do wyboru żywą partnerkę bądź niebieską atrapę, wybierają tę drugą. W związku z tym brunszwicki zoolog Friedrich Schaller wysunął prognozę, że jeśli u jednej jedynej samicy iskrzyka wystąpi, jako cecha dominująca, latarenka koloru niebieskiego — ta zmiana utrwali się bardzo szybko i w rozległej okolicy utrzymają się tylko samice świecące niebiesko.

274

Prawdopodobieństwo takiej przypadkowej mutacji jest duże. Dlatego można zaryzykować twierdzenie, że prędzej czy później to się wydarzy, przez co zmieni się barwa latarenek wszystkich iskrzyków na całym świecie.

Podobna zależność przyszłych zmian gatunku od jednej ewentualnej mutacji rzadko kiedy daje się wykryć. Znacznie częściej spostrzegamy pewne ogólne predyspozycje jakiegoś gatunku lub wyższej jednostki taksonomicznej, pozwalające przewidzieć, jak się rozwinie ich dalsza ewolucja. Przytoczę trzy takie prognozy, na które zwrócił uwagę prof. Henryk Szarski w jednym z wykładów z cyklu „Osiągnięcia nauki polskiej”.

Oddychanie skórne płazów przesądziło, że są one jedyną gromadą kręgowców, która w swej długiej historii, trwającej prawie 400 milionów lat, nie wytworzyła form kontaktujących się z wodą morską. A jednak...

Sensację zoologiczną wywołało niedawne odkrycie płaza, który może przebywać w wodzie morskiej, a nawet czyni to z upodobaniem. Co więcej, w okresie larwalnym (jako kijanki) te zwierzęta znoszą jeszcze wydatniejsze stężenie soli. Jest to żaba krabojad (*Rana canerivora*) z Półwyspu Ma-lajskiego, zasiedlająca namorzyny. Skórę ma podobną jak inne płazy. Bezkarność zanurzania się w roztworze soli zawdzięcza szczególnie ukierunkowaniu swej fizjologii: zdolności gromadzenia w płynach ustrojowych zarówno mocznika, jak innych drobnocząsteczkowych związków organicznych, os-motycznie czynnych.

To niezwykle przystosowanie wyodrębniło żabę krabojada jako nowy gatunek, co stało się niedawno. Dlatego zaliczono ją do szeroko rozprzestrzenionego po świecie rodzaju *Rana*, którego przed-

18\*

275

stawicieli spotykamy wśród form krajowych. Co ciekawsze, obok niej żyje w tych

samych okolicach pokrewna *Rana tigerina*, tak podobna, że rozróżnienie ich obu następcza trudności specjalistom. Jednak ta druga nieuchronnie ginie w wodzie morskiej.

Żaba krabojad ma wszelkie szansę, by dać początek nowej grupie zwierzęcej: płazom lądowomorskim. Mogłyby one zasiedlić bogate i nader zróżnicowane biocenozy wybrzeży morskich.

To, czym „wyrodził się” tylko jeden gatunek płaza: zdolność gromadzenia w organizmie mocznika i pokrewnych związków organicznych — cechuje wszystkie rekiny. Znamy je jako typowych rozbójników otwartych mórz. Lecz kilka ich form zamieszkuje wielkie rzeki. Najlepiej zbadano trzy, należące do rodzaju *Carcharhinus*: *C. gangeticus*, *C. zambesensis* i *C. nicaraguensis*. Nazwy gatunkowe określają rejony ich występowania.

Rzeczne rekiny to nowość w przyrodzie. Musiały powstać niedawno i mają wszelkie dane, by zapoczątkować nową jednostkę taksonomiczną: słodkowodne ryby spodoustne. Jeśli tak się nie stanie, to z powodów pozaprzyrodniczych: zanieczyszczenia wód oraz innych działań cywilizacyjnych.

W grupie niedźwiedzi, typowo lądowych ssaków, niedźwiedź polarny pod wieloma względami odbiega od pozostałych sześciu gatunków niedźwiedzi. Ma smuklejszy tułów, bardziej wydłużoną szyję, małą płaską głowę, owłosioną powierzchnię stóp i palce spięte skórą do połowy długości. Jest jedynym niedźwiedziem, który żywi się wyłącznie pokarmem mięsnym.

. Te właściwości wiążą się z przystosowaniem do trybu życia odmiennego od jego krewniaków: wiele czasu spędza w morzu, odbywając wprawdę dalekie

276

rejsy za zdobyczą złożoną głównie z fok i dużych ryb. Ale drugą jego ojczyzną są ruchome pola lodowe, a także stały ląd, gdzie łowi renifery, pieśce, zające polarne, a nawet ptaki. Nie jest tam tylko przygodnym gościem, bo samica rodzi młode w śniegowej jamie.

Związki tego zwierzęcia z żywiołem morskim są niezbyt dawne. Świadczy o tym bliskie pokrewieństwo z niedźwiedziem brunatnym: oba te gatunki, eksperymentalnie krzyżowane w ogrodach zoologicznych, dają płodne potomstwo. Przykład to szybszego różnicowania się wyglądu niż genotypu.

Z punktu widzenia ewolucji, niedźwiedź polarny wszedł na prostą drogę do przekształcenia się w stałego mieszkańca mórz; udaremnić to może tylko wcześniejsze wymarcie gatunku w jego naturalnym środowisku — z winy ludzkiej gospodarki. Dowody paleontologiczne wskazują, że wszystkie ssaki morskie wywodzą się od form lądowych; nawet te, które nigdy nie opuszczają wody, bo zamiast nóg mają typowe płetwy.

Warto podkreślić, że ten proces odbywał się kilkakrotnie, w sposób całkiem niezależny. Walenie, które najwcześniej zstąpiły do mórz, wywodzą się od praćtrapeznych, fok i uchatki od łasicowatych,<sup>6)</sup> a syreny są blisko spokrewnione ze słoniami. Lądowi protoplasci tych wodnych ssaków, w okresie gdy niejako sposobili się do zmiany środowiska swego bytowania — zdobywali szereg podobnych przystosowań, jakie cechują niedźwiedzia polarnego.

Mamy tu do czynienia ze zjawiskiem konwergen-

’) Po [kilkudziesięciu milionach lat, w rodzinie łasicowatych ten proces mógłby się powtórzyć: potencjalnym kandydatem przejścia na całkowicie wodny tryb życia i upodobnienie się pokrojem do płetwonogich jest wydrożniony kałan (*Enhydra lutris*).

— pospolitym w ziemskiej przyrodzie, a mocno prowokującym w rozważaniach egzobiologicznych. Tym terminem określamy upodobnienie się pokroju rozmaitych grup zwierząt albo roślin, które nie są blisko spokrewnione, natomiast bytują w

takim samym środowisku i wiodą podobny tryb życia (przy utrzymaniu zasadniczych różnic w budowie wewnętrznej). Klasycznym przykładem jest opływowy kształt i znaczne podobieństwo wyglądu niektórych żyjących w wodzie przedstawicieli aż czterech gromad kręgowców. Są to: ryby chrzestne (np. rekiny), ryby kostne (np. szczupak), ichtiozaury oraz walenie. Spośród tych zwierząt, tylko ryby stanowią pierwotnych mieszkańców mórz. Wymarłe ichtiozaury były potomkami czworonożnych gadów lądowych przypominających jaszczury, walenie zaś wywodzą się od ssaków ściśle lądowych; przodkowie jednych i drugich w niczym nie przypominali ryb. Pokrewnym świadectwem służy podobieństwo węgorzy, minogów, węży morskich, czyli pławic (o bocznie spłaszczonym, „rybim” ogonie) i kijanek. Więc znów reprezentantów czterech odrębnych gromad: ryb kostnych, krągłoustych, gadów i płazów.

Konwergencja, utwierdzona w świecie zwierząt i roślin, dotyczy zarówno pokroju, jak wszelkich cech związanych z budową, fizjologią i zachowaniem przedstawicieli nieraz bardzo odległych form. Znamy je wyłącznie z obserwacji ziemskiej biosfery. Lecz to samo dotyczy całej biologii oraz wszystkich ogólnych jej praw. Jedność materialna Wszechświata przesądza, iż te prawidłowości materii żywej obowiązują wszędzie, gdziekolwiek panuje ten sam reżim przyrody co u nas. Dadzą się więc śmiało ekstrapolować na Galaktykę.

Mowa tu o konwergencji w obrębie danej biosfery. Lecz nasuwa się pytanie, zasadnicze dla egzo-

278

biologii: — Czy konwergencja dotyczy także dwóch niezależnych biosfer?

Problem można rozpatrywać na rozmaitych szczeblach: zacząć od ujęć najogólniejszych i zmierzać ku coraz bardziej szczegółowym. Za pierwszy stopień uznajemy sam mechanizm życia: powtarzanie się biogenezy opartej na białku zanurzonej w wodzie. Potem — powstawanie życia w pierwotnym oceanie ze struktur organogenicznych. Dalej — fazę koacerwatów, komórkową budowę tkanek, itd. Podział na rośliny i zwierzęta jest już następnym szczeblem. Z kolei możemy zawężyć krąg do rozmaitych fizjologicznych i morfologicznych właściwości tych grup żywych ustrojów, jakie znamy. Będą to np. sposoby rozmnażania się, trawienia pokarmu, regulacja ciepłoty organizmu, oddychanie, gospodarka wodna, układ nerwowy, szkielet całej konstrukcji, rola hormonów, enzymów, itp. Dyskusją o konwergencji da się objąć wszystko, cokolwiek dotyczy biokosmosu. Umówiliśmy się nie wykraczać poza krąg życia białkowego. I tylko dlatego rozważania o konwergencji ograniczam do porównań obcych gniazd życia — jedynie z ziemską biosferą. Lecz zawężenie problematyki książki nie rzutuje na rzeczywisty status biokosmosu. O .tym nie wolno zapominać.

Dotychczas nie wiemy, czy są takie biosfery, które pod względem chemicznym, energetycznym bądź jakimkolwiek innym różnią się jaskrawo od naszej. Nie posiadamy bowiem empirycznego dowodu ich istnienia. Mamy natomiast dowód istnienia konwergencji. Dlatego już na podstawie dzisiejszej, jakże niezupełnej wiedzy o mechanizmach ewolucji, powinniśmy przyjąć, że konwergencja działa we wszelkich biosferach naszego Wszechświata: i tych najbardziej prawdopodobnych — białkowych, jakie

279

ps,

tu rozpatrujemy, i każdego innych, których specyfiki nawet nie domyślamy się. To stwierdzenie jest w pewnym sensie truizmem: że te same siły ewolucji, które w ciągu paru miliardów lat rozwoju ziemskiego życia zróżnicowały je i wywiodły na wysoki szczebel organizacji — działają wszędzie tam, gdzie biogeneza już się dokonała. Natomiast niezmiernie doniosłe i twórcze dla nas jest drugie pytanie:

— Czy konwergencja dotyczy także dwóch równoległych biosfer? Albo prościej: — W jakim stopniu biosfery białkowe są do siebie podobne?

Niestety, wszelkie sugestie na ten temat mogą mieć — w najlepszym razie — rangę nie udokumentowanych hipotez opartych na intuicji. Poza czyste fantazjowanie wykraczają dzięki temu, że nie przywołują na pomoc nieznanych praw przyrody. Przed chwilą wyraziłem pogląd, iż konwergencja działa wewnątrz wszelkich biosfer naszego Wszechświata. Czy nie można przenieść -tego rozumowania na sam proces biogenezy i późniejszych jej konsekwencji w postaci upodobniania się organizmów w ogóle nie spokrewnionych, bo powstałych na odrębnych glebach — lecz zasiedlających zbliżone bioto-py i wiodących podobny tryb życia?

Otóż automatycznie — nie można. Konwergencja obserwowana w naszej przyrodzie (wśród form dzisiejszych, bądź wymarłych) dotyczy już ukształco-nych organizmów, które w pewnej epoce geologicznej po raz pierwszy znalazły się obok siebie (niekoniecznie dosłownie).

Ten proces ewolucyjny nie tylko stwierdzamy doświadczalnie, lecz także rozumiemy go. Poruszanie się w wodzie wystarczająco zwinne, by polować na ruchliwą zdobycz, prowadzi do analogicz-

280

nych zmian sylwetki, jakie odróżniają samochód wyścigowy od ciężarówki. Dla imigrantów z lądii pożądana jest, prócz opływowych kształtów, daleko posunięta przebudowa kończyn. Płetwowate odnóza fok oraz żółwi morskich, klasyczne płetwy syren i skrzydła pingwinów spełniają tę samą rolę: wiosel. Ssaki, które odżywiają się mrówkami bądź ter-mitami, choć należą do różnych rzędów (amerykańskie mrówkojady, afrykański mrównik, czyli prosię ziemne, łuskowce Starego Świata, australijski tor-bacz — mrówkożer), mają bardzo mocne pazury do rozpatrywania mrowisk i tefmitier, oraz wyjątkowo długi lepki język wsuwany w te owadzie budowle. Spośród roślin, kaktusy i wilczomleczowate jednakowo dostosowały swą budowę i sylwetkę do magazynowania wody w tkankach na pustyni. Opisano mnóstwo takich przykładów konwergencji. Znamy więc nie tylko sam proces, lecz także potrzebę jego wystąpienia, która — jak zawsze w takich wypadkach — ukierunkowuje ciśnienie doboru naturalnego.

W kwestii biogenezy — brak analogicznych danych. W rozdziale II stwierdziłem, że okoliczności tego misterium są przedmiotem bardzo wielu hipotez, często sprzecznych. Wciąż nie wiemy, czy, oraz w jakim stopniu, było to wydarzenie przypadkowe; ani nawet — co tutaj rozumieć pod mianem przypadku. Przypomnę mocno podbudowaną sugestię, że cała dzisiejsza biosfera Ziemi, więc wszystkie gatunki istot żywych, pochodzą od jednego jedyne protoorganizmu, który się uformował około czterech miliardów lat temu.

Nie mamy pojęcia w jakim stopniu życie na Ziemi odbiegałoby od współczesnego — gdyby tamta pierwsza hipotetyczna drobina wchłonęła inne rodzaje aminokwasów, była prawoskrętna, wyróżniała

się jeszcze jakimiś subtelnościami budowy, które ją ominęły, a w konsekwencji podjęła syntezę białek odrębnych niż te, jakie stały się fundamentem życia na Ziemi. Albo, znacznie później, gdyby pierwsza komórka nie miała akurat dziewięciu włókien w każdej migawce — jak to się stało w rzeczywistości — ale siedem, bądź trzynaście? A przecież, nawet jeśli ogólny mechanizm powstawania życia jest jednakowy w całym Wszechświecie — te wszystkie szczegóły biogenezy, czyli „kosmetyczne wykończenie" pierwszego protoorganizmu będącego jedynym protoplastą całej biosfery, muszą być sprawą czystego przypadku. W miarę różnicowania się życia, radiacji jego odrębnych linii rozwojowych — tych przypadków jest coraz więcej, a każdy z nich wyciska piętno nie na jednym osobniku, lecz na milionach potomnych pokoleń, decydując o cechach



przystosowawczych całych typów, gromad, rzędów: cechach nieraz na tyle doniosłych, że warunkują przetrwanie tych grup.

Jaki to ma wpływ na ogólną ewolucję biosfery? I czy konwergencja może dotyczyć „równoległych” gatunków zgoła nie spokrewnionych z sobą, powstałych w odmiennych okolicznościach na dwóch różnych globach?

Logicznie ujmując, nie powinno być takich rozważań, spekulacji, a nawet fantazjowań o życiu we Wszechświecie, które nie ustosunkowałyby się do tej niewiadomej. A jednak nie spotkałem w żadnym źródle, aby ta myśl była wypowiedziana wprost, i przetrawiona. Dlatego wprowadzam nowy termin: konwergencja kosmiczna. Jest on nieodzowny. .skoro chcemy wyzwolić się z kręgu nic nie mówiących ogólników.

Liczne utwory science fiction nie przekroczyły tej bariery (wśród nich najwcześniejsze powieści fan-

282

tastyczne Lema: „Astronauta” i „Obłok Magellana”). Ci twórcy, którym zawdzięczamy literackie panoramy „innego” życia, byli i są najeżdżani z rozmaitych stron: — Dlaczego właśnie taki obraz?

Owi krytycy i malkontenci nigdy nie są i niq mogą być zgodni, w czym widzą „błąd” autora. Ich pretensje łatwo podzielić na dwie grupy: jednych nie przekonuje podobieństwo obcej fauny (albo flory) do ziemskich wzorców, drugich zaś — odwrotnie — nadmierne jej udziwnienie. Jeszcze mocniej dotyczy to prezentowanych istot rozumnych.

Ten spór da się rozstrzygnąć dopiero po zbadaniu kilku odrębnych biosfer białkowych. Na razie brak nam porównań. Możemy tylko wypowiadać ostrożnie pewne przypuszczenia. Przyjrzyjmy się więc problemowi właśnie w ramach takich spekulacji z pogranicza wiedzy i fantazji naukowej.

Chyba najtrudniej przewidzieć wpływ na „jakość” życia, wywołany jego charakterystyką od podstaw: rozruchem ewolucji biologicznej przez najpierwszą udaną drobinę życiorodną, zdolną do replikacji. Sprowadza się to do zapytania: — Czym życie na Ziemi różniłoby się od dzisiejszego, gdyby tamta uprzywilejowana cząsteczka sprzed czterech miliardów lat, praprzodek całej biosfery, miała nieco inny skład chemiczny oraz odmienny szkielet konstrukcji?

Bardziej konkretne jest pytanie, czy pewne najogólniejsze schematy morfologii, jakie urzeczywistniło ziemskie życie w wielkich jednostkach taksonomicznych, stanowią optymalne rozwiązania ewolucji, narzucone samą specyfiką praw przyrody. Więc przykładowo, czym jest podział świata istot żywych na rośliny i zwierzęta: regułą w biokosmosie? jednym z pospolitszych rozwiązań?, unikalnym dokonaniem wyłącznie na Ziemi? Tak samo: sche-

283

mat budowy kręgowca, analogon ssaka, odpowiednik istoty człękoksztaltnej.

Powiedzmy od razu, że prawdopodobieństwo spełnienia takich „kosmicznych kopii” jest odwrotnie proporcjonalne do uszczegółowienia podmiotu rozważań. I — przed rozpatrzeniem tego nadzwyczaj doniosłego problemu — wtrąćmy dla kontrastu ostatni z zaproponowanych przykładów: sobowtóry ludzi.

Iluż głośnych autorów w książkach tłumaczonych na wiele języków narzuca nam nachalnie ten szokujący obraz! Mówię nie o fantastyce, która ma do tego oczywiste prawo. I nie tylko maniacy spod znaku latających spodków raczą nas „naocznymi” obserwacjami jakowychś małych zielonych ludzików, a kiedy indziej sylwetkami olbrzymów, czasami podbudowując to własnym „naukowym- odkryciem”: — Postać człowieka jest jedna we Wszechświecie, ludzie zaś z rozmaitych planet różnią się tylko wzrostem i kolorem skóry!!

Najkrzykliwszy w tym gronie, amerykański hochsztapler George Adamski w latach

pięćdziesiątych rozgłaszał z tupetem na cały świat (w swoich książkach, we własnym piśmie, w publicznych odczytach), że ludzie z innych globów penetrują Ziemię i obcuja z nami incognito, co im się udaje, gdyż wyglądają identycznie jak my.

A cóż innego robi osławiony Erich von Daniken w swych książkach rozchwytywanych na obu półkulach? Sięgając tylko do jednego przykładu, ten autor wie (nawet nie — przypuszcza), że staro-meksykański grobowiec w świątyni Inskrypcji w Palenque zawiera szczątki kosmity! Sekunduje mu tak samo niepoważny francuski dziennikarz Robert Charroux, który wystarczająco ośmieszył się wnioskami wyciągniętyr" i -L oglądania „czarnych karnie-ni" z Ica (m.in. oceną wieku prezentowanej tam mapy na sto milionów lat!) Za nimi powtarzają to samo kolejni poszukiwacze sensacji (z polskich, np. Janusz Kruk w książce pod wymownym tytułem: „Przybył z Kosmosu aby umrzeć na Ziemi"). Jakoś im wszystkim nie przeszkadza ani to, że płaskorzeźba na płycie wspomnianego sarkofagu przedstawia po prostu człowieka, ani nawet stwierdzony przez archeologów fakt, że w grobowcu tym pochowano władcę Majów, który nazywał się Pakal i trzynastcie wieków temu rządził w Palenque jako król a zarazem najwyższy kapłan.

Czyż można bez ośmieszania się ryzykować przypuszczenie, że kiedykolwiek, choćby w dalekiej przyszłości, człowiek uściśnie dłoń kosmity, która sprawi wrażenie ludzkiej dłoni, a jej właściciel też będzie miał wygląd człowieka?

Odpowiedź narzuci się sama. W tym celu powróćmy do punktu wyjścia, ponawiając wcześniej postawione pytanie: — Czy pewne najogólniejsze schematy morfologii, jakie urzeczywistniła ziemiska biosfera, mogą stanowić optymalne rozwiązania ewolucji, wynikające a priori z samej specyfiki praw rządzących biokosmosem? W oczach dość licznych autorów, takim kryterium jest podział organizmów żywych na rośliny i zwierzęta. Tu warto wtrącić, że przyjmowane dotychczas dwa królestwa życia, roślinne i zwierzęce, już nie wystarczą. Dość powszechnym uznaniem cieszy się niedawna propozycja amerykańskiego biologa R. H. Whittakera. Dzieli on ziemską biosferę na pięć królestw. Do pierwszego (Monera) zalicza organizmy zbudowane z jednej, najprymitywniejszej, bo bezjądrowej komórki; są to bakterie i sinice. Drugie (Profista) tworzą także jednokomórkowce, lecz już .mające wyodrębnione jądro komórkowe i wy-specjalizowane organelle — więc pierwotniaki. Trzecie to grzyby, czwarte rośliny, a piąte — zwierzęta (tylko tkankowce).

Również ten podział jest arbitralny i niepełny (np. nie uwzględnia wirusów). Niektóre gatunki na styku sąsiadujących grup wykazują cechy pośrednie, i również tu muszą być zaszeregowane umownie. Sięgając do przykładów najbardziej-jaskrawych — kaniańka, roślina kwiatowa, jest pozbawiona chloroplastów. Taka płynność rozmaitych, nieraz podstawowych cech danej grupy, wynika zarówno z wspólnego rodowodu wszystkich ziemskich organizmów jak z ich późniejszych przystosowań (np. uwstecnień pasożytów).7)

A więc nawet u nas podział na -rośliny i zwierzęta nie wyczerpuje sprawy. Mimo to, nieraz beztrósko nadaje mu się wymiar kosmicznej uniwersalności. Pogląd o występowaniu na Czerwonej Planecie wegetacji roślinnej forsował przez pół wieku Gabriel Tichow (od wielkiej opozycji Marsa w 1909 r. do swej śmierci w 1960 r.) Objął on w 1947 r. kierownictwo pierwszego w świecie Wydziału Astrobo-taniki przy Kazachskiej Akademii Nauk w Ałma Ata. Pięć lat później ten wybitny astronom popełnił nieostrożność pisząc, że „istnienie na Marsie roślin, nawet wyższego rzędu, zawierających chlorofil —

) W tym tekście iż koniecznościi sprzyjamy ę tradycyjny podział todiosfery na diwa królestwa. Trzy nii'liaxdy lat temu te dwie wielkie grupy dopiero się

rozdzielały na przodków - flory i fauny. Dlatego wszelkie struktury zdolne do fotosyntezy określam tu jako „rośliny”, pozostałe zaś — jako „zwierzęta”. Czasami stosuje, ten uproszczony podział tafeie w innych miejscach książka. — .dla większej komunikatywności obrazu życia, talk właśnie utwierdzonego w potocznej świadomości.

286

nie może podlegać wątpliwości dla człowieka myślącego dialektycznie”.

Celem uproszczenia obrazu, pominiemy trzy „niższe” królestwa życia (bakterie wraz z sinicami, pierwotniaki, grzyby) i rozważmy w jaki sposób doszło na ziemi do podziału biosfery na dwie wielkie, a tak odmienne grupy organizmów: rośliny i zwierzęta.

W świecie różnorodnych badań z ostatnich lat jest niemal udowodnione, że biogeneza dokonała się na powierzchni Ziemi, a nie — jako posiew gotowych zarodników powstałych w przestrzeni kosmicznej. Musiało się to stać w środowisku prawie zupełnie wyzbytym wolnego tlenu. To było warunkiem koniecznym (choć oczywiście niewystarczającym), gdyż tylko w atmosferze niemal beztlenowej promieniowanie nadfioletowe Słońca mogło docierać bez przeszkód do powierzchni Ziemi, dokonując rozruchu ewolucji chemicznej: produkcji złożonych związków organogenicznych.

Paradoksem jest, że to samo promieniowanie nadfioletowe, które przygotowało możliwość biogenezy, stanowiło śmiertelne zagrożenie dla najwcześniejszych struktur żywych. Dlatego często sugerowano, że życie powstało nie w przypowierzchniowej warstwie mórz, lecz pod kilkunastometrowym słupem wody, bądź w kapilarach protogleby lub w osłoniętych pieczarach.

Drugim paradoksem, pozornie bardziej szokującym, jest to, iż nie mniejszym zagrożeniem dla powstającego życia byłaby sama obecność w<sup>^</sup>neso tlenu. Dziś uważamy ten gaz za życiodajny. Tak się dzieje dlatego, że w sposób zaskakujący, wykazując niesamowitą plastyczność — życie nie tylko przywykło tolerować go, ale i wykorzystywać dla swojej przemiany materii. Lecz to się stało dwa miliardy lat później, o czyni będzie mowa.

287

Niebezpieczeństwo polega na tym, że tlen wyróżnia nader wysoka aktywność chemiczna. Nawet tak twarde substancje, jak metale, są niszczone drogą utleniania; na tym polega rdzewienie żelaza. Tym sprawniej tlen rozkłada wszelką nieożywioną materię organiczną.

Niezależnie od argumentacji, że powstanie życia białkowego w środowisku wyraźnie tlenowym jest wykluczone — brak tego gazu w atmosferze wczesnej Ziemi potwierdzają świadectwa geologiczne. W skałach głębinowych, które przed trzema miliardami lat w wyniku ruchów tektonicznych zapadły się z warstw powierzchniowych, stwierdzono sposób wietrzenia świadczący, że były wystawione na działania atmosfery beztlenowej. Np. obecny w nich tlenek żelaza zawiera dwuwartościowe żelazo (przy dzisiejszych warunkach wietrzenia, musiałoby ono być trójwartościowe).

Mówienie o „beztlenowej” atmosferze młodej Ziemi jest świadomym uproszczeniem. Znamy bowiem proces, który musiał wprowadzać do niej w sposób ciągły pewne, bardzo niewielkie ilości tego gazu. Pochodziły one z fotodysocjacji pary wodnej pod wpływem promieniowania nadfioletowego. Ten wolny tlen stale wiązał się ze skałami, które utleniał. Wtedy, na zasadzie sprzężenia zwrotnego, wzrastał się proces fotodysocjacji, utrzymując stężenie tlenu w atmosferze na stałym poziomie.8) Zjawisko to nazwano efektem Ureya.

Obliczenia amerykańskich uczonych Berknera i Marshalla, twórców teorii ewolucji atmosfery, wy-

) Sprężenie zwrotne polegało na tym, że już zanikamy wzrost zawartości tlenu w atmosferze utrudniał przenikanie nadfioletu, tym samym hamując • wydajność fotodysocjacji cząsteczek wody. Z kolei, każdy drobny ubytek tlenu pobudzał wzmożenie tego .procesu.

288

kazały że procentowa zawartość tlenu w atmosferze przed czterema miliardami lat wynosiła jedną tysięczną stanu obecnego. Stwierdzenie to pociąga ważne konsekwencje.

Nadfiolet mieści się w widmie elektromagnetycznym pomiędzy ciemnym fioletem a promieniowaniem rentgenowskim, czyli w granicach długości fali od 4000 do 100 angstromów. Nie jest więc bynajmniej jednorodny: zajmuje szerszy przedział widma niż ten, który ze względu na właściwości naszego oka nazywamy światłem (4000 — 7000 angstromów).

Berkner i Marshall ustalili za pomocą komputerów, że — w powiązaniu z pozostałą charakterystyką ówczesnego klimatu Praziemi — wspomniana domieszka tlenu w atmosferze działała jako filtr utrudniający przenikanie ściśle określonego przedziału fal ultrafioletowych: od 2600 do 2800 angstromów. Biochemia już wcześniej dowiodła, że właśnie ten zakres promieniowania najskuteczniej niszczy białka i kwasy nukleinowe.

Czy znaczy to, że zaistniał mało prawdopodobny, zbawienny przypadek, który w ogóle przesądził o starcie biosfery? Nie dajmy się zwieść pozorom. Było akurat odwrotnie: życie powstało na fundamencie tych substancji, które — spośród występujących w otoczeniu — nadawały się do tego najle-

Jak więc widzimy, życie na Ziemi nie musiało powstawać ani w pieczarach, ani pod ochroną kilkunastometrowego słupa wody. Wspomniana „przesłona”, zatrzymująca najbardziej groźny dla jego istnienia przedział nadfioletu, pozwalała na tworzenie się oraz replikację protoorganizmów w powierzchniowych warstwach płytkich przybrzeżnych zatoczek i zalewów, gdzie struktury typu koacerwa-

19 Biokosmos t. 1

289

tów mogły osiągać największe zagęszczenie. Równowaga pomiędzy fotodysocjacją pary wodnej a utlenianiem skał utrzymywała drobną domieszkę tlenu w atmosferze na niezmiennym poziomie. Ten stan rzeczy trwał co najmniej miliard lat. Tak długo współistniały beztlenowe drobnoustroje i — syntetyzowane głównie pod działaniem promieniowania nadfioletowego — skomplikowane cząsteczki związków węgla, które służyły im za pokarm.

Życie na Ziemi powstało więc w atmosferze beztlenowej.9) To ważne stwierdzenie, dowiedzione empirycznie w ostatnich latach, jest truizmem z punktu widzenia egzobiologii. Z przyczyn bowiem pobieżnie omówionych, trudno sobie wyobrazić syntezę jakichkolwiek organizmów białkowych w środowisku zasobnym w tlen. Chyba każda wczesna biosfera tego typu składa się wyłącznie z beztlenowców. Czy musi ona z wpływem er geologicznych ulec tak biegunowym przekształceniom, aby tlen, będący dla tych delikatnych struktur autentycznie gazem trującym — stał się, odwrotnie, równoznaczny z „tchnieniem życia”?

Niedawno uczeni przeszli etapy, które z żelazną konsekwencją doprowadziły do tego na Ziemi. Ale tę wiedzę zawdzięczamy poszukiwaniom „od końca”: znając wynik w postaci dzisiejszego statusu życia, potrafiliśmy odtworzyć tę drogę dzięki badaniom biologicznym, geologicznym, chemicznym i innym — niezmiernie ciekawym i wręcz sensacyjnym, których opowiedzenie zajęłoby niestety zbyt wiele miejsca.

) W tym TOzuimowatnau, zawartość 0,02% tlenu w aitmo-c^erze nie tyłtoo możemy, lecz nawet muaimy zaniedbać. Chodzi o to, że tak małe stężenie tego gazu nie zastpokod patnzeb oddychania żadnych znanych organizmów białkowych.

Musimy przypuszczać, że biosfery białkowe innych globów, startujące, w nieco odmiennych warunkach, każdorazowo znajdują inne wyjście z impasu — który nie jeden raz, na różnych piętach ich rozwoju, stawia zasiedziałe, już mocno ugruntowane życie pod pręgierz prawdopodobnej, a pozornie wprost nieuchronnej zagłady. Natfel mam na uwadze rozpatrywany problem podziału ustrojów żywych na zwierzęta i rośliny.

Nie wiemy dokładnie, w jaki sposób powstały pierwsze organizmy roślinne, to znaczy zdolne do fotosyntezy dzięki obecności chlorofilu w swoim ciele.

Chlorofil jest związkiem dość skomplikowanym, którego drobina składa się z około 140 atomów. 10) Należy do metaloporfiryn (ściślej, jest ma-gnezoporfiryną; zawsze zawiera jeden jedyny atom magnezu).

PorMryny występują i w syntezie typu mille-rowskiego, i w meteorytach (chondrytach węglowych), i w widmach niektórych mgławic galaktycznych. A więc pojawienie się na scenie życia właśnie chlorofilu nie było zaskakującym deus ex machina, lecz — podobnie jak miliard lat wcześniej w Itwe-stii białek i kwasów nukleinowych — użyciem do budowy organizmu takich gotowych cegiełek, jakie akurat występowały w otoczeniu: w pierwszym wypadku — głównie aminokwasów, w drugim zaś — porfiryn.

Chcąc najkrócej, w jednym słowie scharakteryzować alternatywną właściwość odróżniającą zwie-

If) Istnieje kolka odmian chłoanofilu, nieznacznie różniących się sbriifctuirą.

Rośliny zielone zaiwdierają chłorofotl a oraz b, w niektórych glonach występuje chlorofil c, aielone bakterie siarkowe i bakterie purpurowe mają tz.w. bateteriochlorofil. Przykładowo, chlorofil a ma wzóar chemiczny

291

rzęta od roślin, powiemy, że te pierwsze są cudzo-żywne, drugie zaś — samożywne.

Czy najwcześniejsze ziemskie drobnoustroje były cudzożywne? Pozornie wydaje się to niemożliwe. Cudzożywnością nazywamy trawienie gotowych produktów pochodzenia roślinnego lub zwierzęcego (a nie — substancji mineralnych). Jakże więc protoorganizmy sprzed trzech i pół, a może nawet czterech miliardów lat, mogły się karmić innymi istotami, skoro same były „pierwszym zasiewem”?

Dosłownie — rzeczywiście nie mogły. Ale przecież w ich wodnym środowisku pływały nieprzebrane zasoby wielkocząsteczkowych związków abiotycznego pochodzenia — z których one same dopiero co powstały. Ich sposób odżywiania się tylko dlatego niezbyt pasuje do przyjętej definicji cudzo-żywności, że ukuliśmy ją w naszych czasach, i w odniesieniu do dzisiejszego życia. Przywykliśmy, iż jadalne związki organiczne na Ziemi są wytworem współczesnych ustrojów żywych. Ale w scenerii młodej Ziemi było inaczej.

Pamiętajmy, że początki biogenezy obejmowały okres długich milionów lat. W wielkiej retorcie przyrody, jaką stanowił praoccean, nieustannie przebiegały na olbrzymią skalę procesy syntezy i rozpadu: zarówno chemiczne, jak biologiczne. Źródła energii, z których najważniejsze stanowiło nadfioletowe promieniowanie Słońca, na przemian tworzyły i rozbiły mrowie skomplikowanych cząsteczek organicznych. Równocześnie mnożyły się, ożywiały i ginęły niezliczone protoorganizmy. W miarę wzrastania ich liczebności, potrzebowały coraz więcej pokarmu.

Pierwszym kryzysem w historii życia było zachwianie równowagi między wydajnością procesów

aat

chemicznych i biologicznych, kiedy abiotyczna produkcja związków organicznych w morzach już nie nadążała za przyrostem naturalnym żywych struktur, gdyż te

przejawiały zbyt wielkie zapotrzebowanie pokarmowe. Życiu na Ziemi zagroziła śmierć głodowa.

Gdyby przybysza z Kosmosu, „obiektywnego mędrca” nie wiedzącego nic o przyrodzie Ziemi, zapytać jakie mogło się wtedy znaleźć wyjście z impasu — chyba dostalibyśmy odpowiedź, że żadne. Tylko nam samym sposób, w jaki przyroda zaradziła tej klęsce, wydaje się prosty i oczywisty. Ale to dlatego, że znamy tamto rozwiązanie, które zapobiegło katastrofie.

Nie wiemy jak były zbudowane protoorganizmy, od których i my pochodzimy. Nawet nie mamy pewności, czy wszystkie te prymitywne struktury żywe prosperowały wedle uniwersalnej dziś zasady mechanizmu DNA-białko. Natomiast musimy być przekonani, że już wtedy działał dobór naturalny — na każdym szczeblu nieodłączny od procesów ewolucji.

Bez doboru naturalnego — przezwyciężenie wspomnianego kryzysu głodu byłoby wykluczone. Wystarczy nam więc świadomość, że w obrębie tamtych wczesnych struktur (jakie chyba możemy nazwać już organizmami, a nie — protoorganiza-mi, bo każdy, z nich był prawdziwą, ukształconą komórką, < spełniającą szereg skomplikowanych funkcji życiowych) istniała znaczna rozbieżność form. Zależnie od cech gatunkowych (nie bierzmy tego przymiotnika w cydzysłów), miały one niejednakową budowę chemiczną. Ważną rolę odegrała tu różnorodność protoenzymów, decydująca o sposobach przemiany materii. Bóżnice składu chemicznego błon komórkowych rzutowały na procesy wy-

4

biorczości: na selekcję cząsteczek wymienianych między protoplazmą komórkową a otoczeniem.

Chemizm tamtego prymitywnego życia zależał ściśle od jakości ubożającego „bulionu”. Z poprzednich rozważań wiemy, że — obok różnych połączeń aminokwasowych — w ówczesnych morzach musiały występować porfiryny, jako związki typowe dla abiogennej syntezy organicznej wszędzie tam, gdzie ona dokonuje się masowo. Nic nie stało więc na przeszkodzie, by porfiryny uczestniczyły — prócz innych, w owym czasie nieporównanie ważniejszych cegiełek — w budowie ciała tamtych mikroorganizmów.

Aż nadszedł moment, kiedy sytuacja się odwróciła: obecność porfiryn w protoplazmie niektórych wczesnych drobnoustrojów, dotąd może całkiem obojętna, dała im rozstrzygającą przewagę w walce o byt. Więcej: uratowała los życia na Ziemi. Przesądziła o tym zdolność porfiryn do absorbowania światła, czyli wchłaniania w siebie energii zawartej w widzialnym zakresie widma/ promieniowania słonecznego.

Nie znamy szczegółów procesu, w którym ewolucja wprzegła porfiryny, obecne w niektórych ówczesnych organizmach, w służbę przetwarzania energii nie na zasadzie pożerania cząsteczek organicznych z otoczenia, lecz — mówiąc obrazowo — pożerania światła. Bo czymże innym jest fotosynteza, umożliwiająca — pod działaniem promieni słonecznych — budowanie z dwutlenku węgla i pary wodnej, zawartych w atmosferze, skomplikowanych związków organicznych?

Biologowie snują wiele hipotez na temat rozruchu i wczesnych stadiów ewolucyjnych tego procesu. Podbudowują je badaniami dzisiejszych fotosyntezujących drobnoustrojów z pogranicza króle-

294

stwa zwierząt i królestwa roślin. Podatnym materiałem do tych rozważań są wiciowce: organizmy o tak przemieszanych cechach zwierzęcych i roślinnych, że zajmują się nimi na równi zoologowie (jako gromadą Flagellata) i botanicy (jako klasą Mo-nadophyta). Daje także wiele do myślenia, że niektóre pierwotniaki (np. pantofelki), a nawet jamochłony (np. stułbie), wchłaniają w siebie pewną ilość

glonów, najczęściej chlorelli — których nie trawia, gdyż te, żyjąc w ich wnętrzu i nadal dokonując fotosyntezy, pomagają im w wyżywieniu się. Być może, około trzech miliardów lat temu -na podobnej zasadzie powstałi protoplasci wszystkich roślin.

Rozprzestrzenienie się mikroflory po wszechocea-nie było i rewolucją, i katastrofą. Rewolucją dlatego, że po raz pierwszy życie oddziało na skalę całej Planety; nowość, jaką wprowadziło, stanowił odmienny skład atmosfery, sukcesywnie wzbogacanej w-tlen. A katastrofą?

W tamtych czasach, z pozycji wszelkiego życia na Ziemi, tlen wydalany przez rośliny był tylko trującym odpadem, niczym więcej. Nie istniały żadne organizmy, które potrafiłyby wykorzystać go w jakikolwiek sposób. Dlatego olbrzymia' większość ówczesnej mikrofauny uległa zagładzie. Tylko niesłychanej plastyczności ewolucji biologicznej zawdzięczamy wyzyskanie jakiegoś ciągu drobnych, z czasem ukierunkowanych mutacji, które tę powszechną klęskę przeobraziły w zaskakujące zwycięstwo — przez wykorzystanie tlenu jako dostarczyciela energii dla organizmu. Innymi słowy: które fermentację beztlenową zastąpiły procesem, jaki nazwalismy oddychaniem. Potomkami tamtych postępowych form są chyba wszystkie dzisiejsze zwierzęta, i my sami. Warto wtrącić, że także roślin-

295

ny nauczyły się oddychać tlenem, co jest działaniem w pewnym sensie odwrotnym do przyswajania w ramach fotosyntezy, i przebiega u nich w tempie znacznie zwolnionym.

Potocznie sobie wyobrażamy, że rośliny, uwalniając tlen do atmosfery, pełnią rolę służebną wobec organizmów zwierzęcych, gdyż umożliwiają im życie. Jest to pogląd antropocentryczny, jaskrawo jednostronny. „Z punktu widzenia roślin" zwierzęta

1 ludzie są dostarczycielami dwutlenku węgla, który wiążą w procesie oddychania — służąc w ten sposób potrzebom flory i warunkując jej istnienie. W rzeczywistości, mamy tu zamknięty obieg kołowy.

Uznajemy za oczywiste, że przetrwanie na Ziemi zwierząt przy braku roślin byłoby wykluczone. Ale także rośliny nie mogłyby wyżyć bez świata zwierzęcego: w czasie nader krótkim, rzędu stu lat, cała flora zatrzałaby się wyzwalanym przez siebie tlenem.

Wskazują na to niedawne, bardzo symptomatyczne doświadczenia. Celem zbadania, jak rośliny czułyby się w klimatach rozmaitych obcych globów,, przebadano ich vegetację w specjalnie dobranych sztucznych atmosferach, zwłaszcza pod kątem zmiany procentowej zawartości tlenu. I cóż się okazało? Wszystkie bez wyjątku gatunki roślin, użytych do tych eksperymentów, osiągnęły rozmiary prawie dwukrotnie większe niż w uprawach kontrolnych na wolnym powietrzu, i rozwijały się bujniej niż to możliwe w najkorzystniejszych warunkach naturalnych — skoro tylko przebywały w atmosferze,

2 której usunięto połowę tlenu.

Wynika z tego, że katastrofa, w której pod wpływem tlenotwórczej działalności flory przepadły drobnoustroje zwierzęce (czyli pozbawione chlorofi-

296

lu), nie była jedyną w ówczesnej przyrodzie Ziemi. Kolejny kataklizm bezpośrednio zagroził roślinom. Gdyby w porę nie pojawiły się organizmy oddychające tlenem, Ziemia nie byłaby dziś, jak można sądzić na pierwszy rzut oka, zieloną puszcza bez fauny — a tylko jałową pustynią. Rośliny bowiem zatrzałaby się tlenem wprowadzanym przez siebie do atmosfery. Warto wtrącić, że przez stosunkowo krótki okres zawartość tego gazu w atmosferze nieco

przewyższała dzisiejszą, niebezpiecznie zbliżając się do krytycznego progu wydolności organizmów roślinnych.

Gdyby na Ziemi wyginęła flora, cały tlen obecny w atmosferze zostałby zużyty wskutek oddychania zwierząt i ludzi już w ciągu trzystu lat — przez, co oczywiście udusilibyśmy się wszyscy. Natomiast w razie wymarcia fauny — rośliny wyginęłyby jeszcze szybciej, zatrute, śmiertelnym stężeniem tlenu, będącego odpadowym produktem ich własnego wydalania.

Zauważmy, że dla ściągnięcia globalnej katastrofy niedoboru tlenu wystarczyłoby zanieczyścić światowy ocean do tego stopnia, aby stał się nieprzydatny dla życia. Wszystkie bowiem lądy, pokryte ogromem puszczy i rozległością upraw, zwracają do atmosfery tylko 10% tlenu pochodzącego z fotosyntezy; 90% tego gazu dostarczają glony morskie. Wypływa stąd wniosek, iż biosfera typu ziemskiego, ze swą ogromną obfitością zwierząt, nie byłaby możliwa na planecie o znacznej przewadze powierzchni lądów nad morzami.

Odkrycie w skałach sprzed 2,7 miliardów lat frakcji organicznych, zawierających resztki cząsteczek chlorofilopodobnych, dowodzi wydatnego rozgoszczenia się organizmów roślinnych w tamtej epoce. Z charakteru utlenienia tych pokładów wy-

297  
nika, że zawartość tlenu w atmosferze była wtedy już tylko sto razy mniejsza od obecnej. A więc fo-tosyntezująca działalność mikroflory zdążyła dzie-  
•sięciafcrotnie zwiększyć zasoby tego gazu w stosunku do sytuacji wyjściowej, o której była mowa.

Całkiem nowy układ sił powstał wówczas, gdy stężenie tlenu osiągnęło 2%, czyli dziesiątą część stanu obecnego. Wywołało to bardzo doniosłe skutki. Przesłona utrudniająca docieranie do powierzchni mórz promieni nadfioletowych wystarczyła odtąd, by ustąpiła masowa abiogenna synteza wielko-  
•cząsteczkowych związków organicznych. A te, które się sporadycznie formowały, były szybko niszczone przez utlenianie.

Tym samym zamknął się rozdział pierwszy ewolucji biologicznej na Ziemi: bój o przetrwanie życia, rozgrywający się w nurcie około dwóch miliardów lat. Oceany przestały być „bulionem odżywczym”, tym edenem łatwego życia, gdzie promienista energia nadfioletu produkowała w każdej sekundzie nieprzebrane masy pokarmu dla wątpliwych, jeszcze słabo wyspecjalizowanych struktur biologicznych. Coraz ostrzejsze stawało się rozgraniczenie królestwa roślin i królestwa zwierząt, wzajemnie uzależnionych od siebie. Jedno i drugie różnicowało się aa niezliczone gatunki, z których każdy wyróżniało jemu tylko właściwe ukierunkowanie, będące przysposobieniem w walce o byt. Świat istot żywych stał się obiegiem zamkniętym, włączonym

•w ogólny obieg materii przy powierzchni Planety. Wytworzyły się skomplikowane łańcuchy pokarmowe, jakie cechują współczesną biosferę. Powstały warunki do późniejszego wyjścia życia z wody i opanowania lądów, co ostatecznie ustabilizowało zawartość tlenu w atmosferze mniej więcej na dzisiejszym poziomie.

293

Nie traćmy z oczu konwergencji kosmicznej, która jest nicią przewodnią tego rozdziału. Opis roz-• stajów, na których rozeszły się drogi zwierząt i roślin, pozornie dygresyjny, wprowadziłem dla celów porównawczych. Może to brzmieć dziwnie. Bo jakże porównywać pewien konkretny proces zaistniały w biosferze Ziemi — z pokrewnym lecz innoplanetar-nym, o którym nic nie wiemy?

Praktykuje się to w egzobiologii: porównujemy " znane — z nieznanym.

Przypadkowość dokonań ewolucyjnych, ich uzależnienie od mnóstwa uwarunkowań w niepowtarzalnej sytuacji przyrodniczej — pozwala rozważyć prawdopodobieństwo



powtórzenia się takich samych dróg rozwoju życia w innym miejscu Wszechświata. Przykład wprzęgnięcia fotosyntezy w służbę życia wybrałem dowolnie. Zamiast niego mogłem opisać takie wydarzenia, brzemienne w skutki, jak opanowanie lądów przez rośliny i zwierzęta, powstanie kręgowców, przejście do stałocieplności, historię ssaków uwieńczoną psychogenezą.

Każda z tych przełomowych, aromorfotycznych przemian życia) była owocem nie mniej złożonych procesów niż podział wczesnej biosfery na rośliny i zwierzęta. Każda z nich okazałaby się nie mniej zaskakująca, i tak samo niemożliwa do przewidzenia dla obiektywnego obserwatora spoza Ziemi. Przypatrzmy się im pobieżnie.

Fakt, że pół miliarda lat temu życie wyszło z wody, by opanować lądy — jest trudny do zrozumienia nawet dla nas. W warunkach ziemskich, morza

u) Aromorfoza: zdobycie w ramach ewolucji przez jakąś dużą jednostkę systematyczną takich postępowych przemian w budowie i funkcjonowaniu organizmów, które zdecydowanie podnoszą ich żywotność i wzmagają energię działalności życiowej w danym środowisku.

299

stanowiły nie tylko kolebkę życia, lecz także wymarzoną scenę dla jego rozwoju; zdawałoby się, jedyną do pomyślenia. Gdyby ewolucja była siłą rozumującą — chyba nigdy nie zaangażowałyby się w tak kosztowne i kłopotliwe przedsięwzięcie. Spośród mnóstwa ostrych, nawet groźnych utrudnień, jakie wystąpiły w tym „obcym świecie”, wymieńmy dwa szczególnie rzucające się w oczy: konieczność ciągłego przeciwdziałania grawitacji dla udźwignięcia własnego ciała, oraz gwałtowne zmiany temperatury (dobowe, roczne, związane z pogodą). Te, oraz mnóstwo innych niedogodności wynikłych z opuszczenia żywiołu wodnego, wymagały przebudowania od podstaw organizmów roślinnych i zwierzęcych. Wystarczy porównać, że płetwal błękitny, ważący 125 t, czuje się w toni wodnej właściwie nieważki; wypchnięty zaś na płyciznę — ginie, zgnieciony własnym ciężarem. Kręgowiec wielkości psa zużywa około 40% energii swego metabolizmu do prozaicznej czynności noszenia własnego ciała; lot ptaków jest jeszcze bardziej energochłonny. Dochodzi gospodarka wodna organizmu, zupełnie nowe sposoby odbierania wrażeń wzrokowych, słuchowych, węchowych, itp. A w związku z tym — potrzeba kompleksowego przekształcenia struktury narządów zmysłów.

Drugi przykład: powstanie kręgowców. Czy ono było przyrodniczą koniecznością? W morzach żyły i nadal żyją rozliczne grupy zwierząt bezkręgowych, znakomicie przystosowane do środowiska. Nie są one ani mniej żywotne, ani mniej sprawne od ryb. Wśród nich, kałamarnice olbrzymie osiągnęły masę wielu ton. Równie dobrze możemy sobie wyobrazić lądy wyzbyte kręgowców, a zdominowane przez owady, których liczba gatunków i tak jest znacznie większa niż pozostałych zwierząt ra-  
300

zem wziętych. Towarzyszyłyby im pajęczaki, wiję, ślimaki, skorupiaki... Nadto, mogły przecież powstać reprezentatywne grupy dużych zwierząt lądowych, jakich nie przeczuwa nawet żaden fantast. Natomiast gość ze świata, w którym one realnie żyją, zadziwiłby się charakterystyką kręgowców.

Podobnie ze stałocieplnością. Ta nadzwyczaj doniosła aromorfoza, która uniezależniła: ptaki i ssaki od zmian temperatury otoczenia, dając im znaczną siłą przebicia w walce o byt, nie musiała się dokonać. Zapewne te same korzyści można osiągnąć na jakiejś innej drodze, której się zgoła nie domyślamy. Gady i płazy, przecież wcale nie będące na wymarciu, dają dowód swym istnieniem, że bez takiej „nowoczesności” kręgowiec także dobrze sobie radzi.i2)

Wreszcie sprawa ssaków. W triasie powstały one z gadów i sto milionów lat żyły w cieniu tych swoich kuzynów, wszechwładnych przez całą jurę i kredę. Dotychczas

gubimy się w domysłach, co spowodowało przed 70 milionami lat wymarcie dinozaurów oraz innych wielkich grup gadzich. Pofantazjujemy, że to się nie stało. Czy w takim wypadku prymitywne ssaki mezozoiczne — ruchliwe i przedsiębiorcze, ani większe, ani mądrzejsze od królika — dotychczas byłyby tylko skromnym ogniwem przyrody, zdominowanym przez gady na lądach, morzach i w powietrzu? Innymi słowy, czy przy trwającym nadal opanowaniu wszelkich bio-topów przez potężne gady, roślinożerne i drapieżne, mimo to możliwa byłaby szczytowa aromorfo-

u) Nde wjnmaienaam tu ryb, gdyż w środowisku -wodnym stałocSeptoość jest zbędna i aagidy by tam nie powstała, Stałoci«ptoyimii miieszakńcama. wód są jedynie ssalki mor-eflsie: imigranci, łtócrzy mde mijgli się wyzbyć tej specjalności, (powstałej u ich przodków lądowych.

3W

za naszej biosfery: psychogeneza? Jeśli tak — to w każdym razie dojrzały jej produkt (którym będzie zapewne dopiero przyszła ludzkość) musiałby w tych odmiennych warunkach środowiskowych wyglądać inaczej. Albo rozumny owoc wydałyby nie naczelnie, lecz jakaś inna grupa ssaków (delfiny? gryzonie?)

Potwierdzeniem olbrzymiego wachlarza możliwości, z których, jak z puli niezliczonych losów, ewolucja w danym momencie wykorzystuje tylko jeden, dając początek nowej, nieraz rozległej grupie zwierząt albo roślin — jest prawo Doiła, nazywane też prawem nieodwracalności ewolucji. Twórca nowoczesnej, biologicznie ujmowanej paleontologii, znakomity belgijski uczony Louis Doiło (1857— —1931) sformułował w 1893 r. zasadę, że cecha raz utracona w rozwoju rodowym nie może się powtórzyć w jakiejś późniejszej populacji, nawet gdyby ta powróciła do środowiska i trybu życia swych przodków.

Tak jest istotnie. Jeśli w miejscu narządu, który uległ zanikowi, wytworzy się u form potomnych organ spełniający tę samą funkcję — jego pochodzenie anatomiczne musi być inne. Kostny pancerz pewnej grupy kopalnych żółwi lądowych z permu, które potem zmieniły tryb życia na pełnomorski — przekształcił się w dogodniejszy w tych warunkach pancerz skórzasty. Kiedy z końcem kredy powróciły one do wód przybrzeżnych i nawiązały kontakt z lądem, gdzie mocna skorupa przestaje być utrudnieniem w pokonywaniu wielkich przestrzeni wodnych, a skutecznie chroni przed wrogami — nowy ich pancerz uformował się nie ze starego, lecz na jego zredukowanych szczątkach. Żyjące teraz w oceanach gatunki żółwi skórzastych, które ponownie obrały to przestronne wodne siedlisko, mają

302

pod dzisiejszą okrywą aż dwie szczątkowe warstwy dawnych pancerzy z różnych epok ich rozwoju rodowego.

Jak to interpretować? Tylko statystycznie. Powrót utraconej cechy nie jest „zabroniony” w rozwoju ewolucyjnym. Ona po prostu została „zapomniana”, więc aparat genowy nie może jej przywrócić wyłącznie na tej podstawie, że niegdyś wystę<sup>^</sup> powała. Mogłaby się powtórzyć, lecz znów drogą wyboru z „puli losów”, na jakiej pojawiła się we wcześniejszej epoce. Powtórne wylosowanie jej jest najzupełniej możliwe — podobnie jak możliwe jest skreślenie sześciu trafnych w „Toto-Lotku”. Jednak wiemy, że poważne liczenie na taki uśmiech fortuny byłoby lekkomyślnością. To samo dotyczy przeceniania konwergencji kosmicznej.

Reasumując, wydaje się, że analogie między konwergencją w obrębie biosfery a konwergencją obejmującą biokosmos — można stosować tylko bardzo ostrożnie i ze świadomością olbrzymiego ryzyka popełnienia błędu.

Ponadto należy pamiętać, że konwergencja ,(na Ziemi) oznacza upodobnianie się — i to głównie wyglądem zewnętrznym — gatunków blisko nie spokrewnionych, a wiodących podobny tryb życia. W żadnym wypadku nie jest ona, i być nie może,

przekształcaniem się jednych grup zwierzęcych w inne, mające odrębny rodowód. Walenie zbliżyły się pokrojem do ryb — lecz wiemy z całą pewnością, że nigdy nie staną się rybami. Nawet w skrajnym wypadku, gdyby te zwierzęta po dalszych milionach lat ewoluowania w środowisku wodnym odbiegały od kanonu ssaka na tyle, by uznać je za nową gromadę — miałyby mniej cech wspólnych z rybami niż z ssakami. Łatwa to udowodnić. Od przetworzenia się ryb trzonopłetwych w najstarsze

kręgowce lądowe (dewońskie płazy) do powstania w triasie pierwszych ssaków upłynęło około 150 milionów lat, a do przejścia przodków waleni w toń morską — drugie tyle. Ryby są wprawdzie przodkami ssaków w prostej linii — ale bardzo odległymi. Na podobnej zasadzie ptaki bywają, oczywiście z pewną przesadą, nazywane „upierzonymi gadami”, ale w żadnym wypadku — „skrzydlatymi ssakami”. Badania ostatnich kilkudziesięciu lat stanowczo obaliły sugestię o polifiletycznym pochodzeniu niektórych gromad zwierzęcych.<sup>13)</sup> O taką niejednorodność podejrzewano między innymi płazy, rozporządzając bogatymi ich Skamielinami od triasu oraz skąpymi od kredy. Uwidoczniającą się w jurze „przerwę w życiorysie” płaziego rodu niektórzy paleontologowie tłumaczyli wymarciem całej tej grupy zimnowodnych kręgowców pod koniec triasu, i ponownym wyodrębnieniem się ich od innych rybich przodków, zgoła niezależnie, kilkadziesiąt milionów lat później.

Dalsze znaleziska częściowo wyjaśniły te kłopoty. W innych wypadkach nadal istnieją poważne luki w ciągłości rodowodowej jakiejś gromady zwierzęcej bądź roślinnej. Linia rodowa krągłoustych urywa się w dewonie, około 380 milionów lat temu. Ale wiemy, dlaczego tak się stało. Starożytnie bezszczękowce, przodkowie dzisiejszych minogów i śluzie, były zwierzętami silnie opancerzonymi.

i3) Polifiletizm: pochodzenie danej grupy systematycznej od dwóch lub więcej grup wyjściowych, JctóryCh Mnie rozwojowe przebiegały iztoieaniie. Z pumtotu wodzenia syste-maityfkd, stwterdizesftie polifiletyzmu jatoiejś jednostki taksonomicznej wymaga roabkua jej na poszczególne jednostki motKKffiletyczine, czyli wywodzące się z jednego pnia irodo-waga

3JH -

U progu karbonu utraciwszy zewnętrzną zbroję na rzecz nagiej skóry, cechującej ich potomków aż do teraz, ogromnie zmniejszyły szansę utrwalenia się w skałach, zwłaszcza wskutek posiadania szkieletu chrzęstnego, a nie — kostnego.

We wszystkich podobnych przypadkach biologowie uznają, że urywa się nie linia ewolucyjna jakiejś dużej grupy zwierzęcej, tylko brak nam odpowiednich skamieniałości z pewnego okresu dziejów Ziemi — bo ich jeszcze nie odkryliśmy.

Po-lifiletyczne pochodzenie jakiejś gromady (albo niższej jednostki taksonomicznej) — od różnych przodków, wyodrębnionych w rozmaitych czasach — można byłoby uznać dopiero po wyczerpaniu wszelkich innych prób wyjaśnień.

Wymagałoby to niezbitych dowodów kopalnych, ukazujących od podstaw każdą z odmiennych dróg rozwojowych tej samej grupy.

Nie udało się odkryć niczego podobnego. Przypadek' bowiem powtórzenia przez ewolucję konkretnego „wynałazku”, nawet w bardzo zbliżonych okolicznościach wyjściowych — jest mało prawdopodobny. A cóż dopiero mówić o takich właśnie formach bliźniaczych, zrodzonych w dwóch odrębnych biosferach planetarnych nie spokrewnionych z sobą! Dlatego wydaje się, że mówienie o faunach i florach ziemiodobnych ma sens wyłącznie w fantastyce, gdzie służy komunikatywności przedstawionych panoram.

Formacje terenowe różnych ciał kosmicznych mogą być nader zbliżone. Porównanie dwóch zdjęć małych wycinków powierzchni Księżyca i Merkurego nastęrczy trudności specjalistom skoro zechcą dociec, z którego globu pochodzi każde z nich. Ale to

dlatego, że przedstawiają martwe kamieniste pustynie. Krajobrazy planet biogenicznych muszą ja-

20 Baokosmos t. 1

305

skrawo odbiegać od siebie. Nie łudźmy się, że jakiś film przyrodniczy, przywieziony z daleka przez astronautów, pomylimy z widokami ziemskich kniei, stepów, bagien. Tylko otwarte przestrzenie mórz mogą tam wyglądać identycznie jak u nas, a jałowe pustynie — bardzo podobnie.

Założmy, że życie stanowi zjawisko pospolite we Wszechświecie, a organizmy zbudowane z białek zanurzonych w wodzie występują najczęściej. Również w tym wypadku jest nadzwyczaj mało prawdopodobne, by spośród milionów ożywionych planet w Galaktyce choćby jedna biosfera znacząco przypominała ziemską. Szansę zaś, że takowy glob kiedyś odkryjemy, można śmiało pominąć. 14) Tylko niskim poziomem ogólnej wiedzy przyrodniczej w dzisiejszych społeczeństwach, nastawionych na konsumpcję i technikę, da się wytłumaczyć światowe sukcesy objawień von Danikena, Charroux i tym podobnych łowców sensacji bez pokrycia, usiłujących wmówić w nas, że jakiegokolwiek starożytne freski, statuetki, -rzeźby albo płyty nagrobne, przedstawiające postacie typowo ludzkie — są wizerunkami kosmitów.

Biologia nie zajęła się dotąd konwergencją rozwoju mózgu istot jnie spokrewnionych blisko, a zasiedlających te same biotopy lub prowadzących podobny tryb życia. W tym wypadku, porównania . trzeba by odnieść nie do reprezentantów dwóch różnych gromad w tym samym środowisku (np. bawół i baran, albo krokodyl i ryba), lecz przedstawicieli np. ssaków. Takie pary mogłyby stanowić: słoń stepowy i lew, albo słoń leśny i lampart. Z kolei —

14) Charakterystyka biosfery nte należy ściśle łączyć ze specyfiką klimatu.

Prawdopodobieństwo odkrycia globu odpowiadającego wymogom organizmu azłowieka oraz większości zdemsteiioh zwierząt i roślin jest stosunkowo duże.

306

w poszukiwaniu różnic inteligencji — należałoby przetasować te pary, ustawiając obok siebie najbliższych krewnych, lecz żyjących w odmiennych siedliskach: słoń stepowy i słoń leśny z jednej strony, a z drugiej — lew i lampart.

Pojęcie konwergencji stosowane jest także przez etnografów, nabierając innego znaczenia niż w biologii. Chodzi o to, że pewne wytwory kultury materialnej, jak broń, łodzie, maski i figurki kultowe — mogą przejawiać daleko posuniętą zbieżność, choć powstawały niezależnie w oddalonych od siebie regionach świata,' bez oddziaływań dyfuzji lub migracji. Kiedy , indziej, problem dotyczy tak wymyślnych metod łowów, jak stosowanie dmuchawek przez południowoamerykańskich Indian oraz Da-jaków z Boreno; albo polowań na wielkie żółwie morskie przy pomocy podnawki uwiązanej mocną linką do płetwy ogonowej, praktykowanych od niepamiętnych czasów na Karaibach, u zachodnich i wschodnich wybrzeży Afryki, w Indiach, na Malajach, w Japonii oraz na licznych archipelagach Oceanii.

Wprowadziłem tę dygresję, by postawić kolejne pytanie: — Czy, w wypadku dwóch odrębnych rodzajów psychozoów, konwergencja może sięgać psychiki oraz sposobów rozumienia świata? U kosmicznych braci obchodzi to nas przecież bardziej od ich wyglądu.

Ponieważ znamy tylko jeden jedyny gatunek, istot rozumnych, brak nam kryteriów porównawczych. Cokolwiek mówi się o domniemanych zbieżnościach (lub rozbieżnościach) na poziomie intelektu, jest obarczone ogromnym marginesem dowolności. A mówi się wiele i bardzo różnie. Najlepiej mogłem się o tym przekonać na sześciu kolejnych Konferencjach Naukowych CETI, organizowanych

20\*

rocznie w Katowicach przez Śląski Oddział Polskiego Towarzystwa Astronautycznego i Oddział Polskiego Towarzystwa Fizycznego przy Uniwersytecie Śląskim. Ten temat z reguły przewijał się tam w wystąpieniach poszczególnych specjalistów — coraz to inaczej. Przytoczę jedną z wypowiedzi, która rzeczowo stawia problem, pozostawiając go otwartym: 15)

„Czy wolno nam przyjąć istnienie wiedzy uniwersalnej — matematyki i logiki — która powinna być wiedzą wspólną dla wszystkich cywilizacji, bez względu na warunki, w jakich one się rozwijały? Bez istnienia takiego obszaru wiedzy nie tylko nie można mówić o zrozumieniu przekazu, lecz także wątpliwa jest szansa rozpoznania jego sztucznego charakteru. Nie można stwierdzić z absolutną pewnością, że logika i matematyka są przez człowieka w trakcie ewolucji społecznej odkrywane; istnieje możliwość, że są one, podobnie jak języki tworzone przez mózg, przy czym nie sposób określić, w jakim stopniu ich podstawowe zasady są zdeterminowane przez strukturę mózgu, i jak różne struktury mózgu, a co za tym idzie różne formy logik mogą w trakcie ewolucji zostać wytworzone. Inaczej mówiąc, chodzi o to, czy możliwa jest tylko jedna uniwersalna forma rozumu, do której organizmy dochodzą w trakcie ewolucji, czy też form rozumu jest tak wiele, jak wiele różnych dróg ewolucji może istnieć we Wszechświecie.

Druga sprawa dotyczy uniwersalności nauk przyrodniczych jako pewnego obrazu rzeczywistości. Chodzi o to, czy różne rozумы wytworzą w trakcie swojej ewolucji społecznej podobną naukę, czy też

ls) Cytat z referatu mgr. Zbigniewa Sołtysa, wygłoszonego 19 kwietnia 1980 r.

308

możliwe są różne nauki, których konsekwencje praktyczne w zakresie sposobów komunikowania byłyby nieporównywalne."

A więc relacje między mózgiem a rozumem oraz nauką a rzeczywistością... Problem filozoficzny tak stary, jak dzieje myśli. Wszelkie próby rozstrzygnięcia go pozostaną chyba niepewne, dopóki nie pomoże nam w tym ktoś z zewnątrz. Dopiero porównanie ludzkiej wizji świata z wizją wyrozumowaną przez jakąś inną społeczność planetarną nada bryłowatości naszemu spojrzeniu na przyrodniczą rzeczywistość, które pochopnie uznajemy za oczywiste i niewzruszone — gdyż taki właśnie obraz wypielegnowaliśmy w długim rozwoju ducha ludzkiego.

## SPIS TREŚCI

Słowo wstępne 5

Rozdział I KLECHDY ŚWIATÓW OŻYWIONYCH 14

Rozdział II U ŹRÓDEŁ ŻYCIA 31

Rozdział lii W WODZIE, W AMONIAKU, W SIARCE... 82

Rozdział IV ZAZIEMSKIE SKAMIELINY 117

Rozdział v OD WIELKIEGO WYBUCHU 153

Rozdział Vi ALCHEMIA KOSMOSU 197

Rozdział vii KOLEBKI ŻYCIA 212

Rozdział VIII KREWNI CZY SOBOWTÓRY? 261

Redaktor: Andrzej Wójoik Pdrojefet ofładiki: Jain ^feischmann Redatotar

techniczny: Tinszula Głowacka Korekta: Łucja Andrzejczak

© Copyright by Andrzej Trepka, Warszawa 1984

ISBN 83-03-00497-2

KRAJOWA AGENCJA WYDAWN C ZA RSW „PRASA-KSIAŻKA-RUCH" WARSZAWA 1984

Wydanie I. Nakład 50.000+350 egz. Objętość: ark. wyd. 12.99; ark. druk. 13,05

Papier druk. sat. kl. V, 70 g, Bł Zakłady Graficzne w Katowicach Zakład nr 5 w

Bytomiu, ul. Stahla 2 Zam. 9137/1100/S3 M-3 Nr prod. XII-5/422/8tl