

Szczepan W. Ślaga

Spory wokół genezy materii organicznej w meteorytach

Studia Philosophiae Christianae 8/2, 99-119

1972

Artykuł został zdigitalizowany i opracowany do udostępnienia w internecie przez Muzeum Historii Polski w ramach prac podejmowanych na rzecz zapewnienia otwartego, powszechnego i trwałego dostępu do polskiego dorobku naukowego i kulturalnego. Artykuł jest umieszczony w kolekcji cyfrowej bazhum.muzhp.pl, gromadzącej zawartość polskich czasopism humanistycznych i społecznych.

Tekst jest udostępniony do wykorzystania w ramach dozwolonego użytku.

SZCZEPAN W. ŚLAGA

SPORY WOKÓŁ GENEZY MATERII ORGANICZNEJ W METEORYTACH

1. Przedmiot i zadania egzobiologii. 2. Endogeniczność materii organicznej w meteorytach, 3. Pozaziemskie abiogenne pochodzenie, 4. Geneza meteorytowych związków organicznych a powstanie życia na ziemi.

Dokonujący się w naszych czasach ogromny postęp w zakresie badań astrofizycznych, kosmologicznych i meteorytycznych skierowuje uwagę uczonych na problem możliwości istnienia życia organicznego w Kosmosie. Pytanie o istnienie i naturę życia poza Ziemią, nie wykraczające w swej wielowiekowej historii poza sferę fantazji i domysłów, staje się dziś przedmiotem rzetelnych badań naukowych. Mimo, iż ogromne wysiłki na tym polu dały dotychczas dość skromne wyniki, z każdym dniem poszerza się i wzbogaca nasza wiedza w tym przedmiocie.

Rozważania obecne, poprzedzone ogólnymi uwagami wstępnymi na temat przedmiotu badań biologii kosmicznej (egzobiologii), ograniczone zostaną do jednego wąskiego fragmentu tej dziedziny wiedzy, a mianowicie do analizy materii organicznej zawartej w meteorytach i jej genezy.

1. Przedmiot i zadania egzobiologii

1. Współczesny stan wiedzy naukowej na temat fizycznej i chemicznej natury życia uzyskany został poprzez długotrwałe

i żmudne badania organizmów żyjących na naszej planecie. Pojawienie się, rozwój i aktualna egzystencja życia wymaga spełnienia wielu różnorodnych warunków, m. in. występowania odpowiednich stanów skupienia materii, zwłaszcza obecności wody płynnej, różnych związków organicznych, atmosfery tlenowej, światła słonecznego, a z tym i temperatury w odpowiednich granicach. W naszych ziemskich warunkach życie organiczne istnieje w formie białkowej, oparte na związkach węgla. Być może — jak utrzymuje J. Lederberg — pozaziemskie formy życia znalazły jakieś inne rozwiązania problemu swego substratu materialnego i jedynie „uogólnienia biologii porównawczej w skali światowej mogą rozstrzygnąć, czy związki te są niezbędnymi elementami każdego życia, czy też szczególnym przypadkiem występującym na naszej planecie“¹.

Wyniki badań z zakresu astronomii i kosmochemii organicznej dają dostateczną podstawę do twierdzenia, że we Wszechświecie mogą występować warunki sprzyjające dla rozwoju życia. Procesy tworzenia i akumulacji związków organicznych, postulowane przez biochemiczne teorie A. Oparina, J. B. Haldane'a, J. Bernala, N. Pirie'go, uważa się dziś za konieczny warunek dla pojawienia się życia organicznego na pierwotnej Ziemi i w ogóle za istotny proces kosmochemiczny². Podstawowe założenia ewolucji chemicznej i biochemicznej, według przyjętego powszechnie mniemania uczonych, wskazują wyraźnie na to, że różnego rodzaju siły, różne czynniki i źródła energii, jak np. promieniowanie słoneczne, jonizujące, wyładowania elektryczne, wybuchy wulkaniczne, działając na zredukowaną atmosferę pierwotnej Ziemi, mogły doprowadzić do wytworzenia różnych związków organicznych, przekształcających się stopniowo w materię ożywioną. Nie mając dostatecznych podstaw do sformułowania „ogólnych praw teorii życia“, wydaje

¹ J. Lederberg, Egzobiologia i próby ustalenia istnienia życia pozaziemskiego, tłum. z *Science* 1960, w: *Biologia i medycyna*, oprac. Z. Jethon, Warszawa 1968, 359.

² C. Ponnamperna, H. P. Klein, The coming search for life on Mars, *Quart. Rev. Biol.*, 45(1971) 3, 235.

się, że najistotniejszym zadaniem egzobiologii są próby porównania ogólnych właściwości ewolucji chemicznej na poszczególnych planetach oraz wykrycia i opisu zjawisk mających charakter powszechny³.

Pierwiastki wchodzące w skład organizmów ziemskich, zwłaszcza węgiel i jego związki, występują powszechnie w Kosmosie. Węgiel jako pierwiastek wytworzony jeszcze przed powstaniem ciężkich pierwiastków, w sprzyjających warunkach łączy się łatwo z wodorem i związki takie wykrywane są na wszystkich niemal ciałach niebieskich, zarówno na powierzchni gwiazd przy bardzo wysokich temperaturach i grawitacji, jak i przy małej grawitacji i niskich temperaturach w gazowo-pyłowej materii międzygwiazdowej i w składzie komet⁴. Badania radioastronomiczne dostarczają danych wskazujących na istnienie w przestrzeni kosmicznej innych jeszcze prostych związków węgla (tlenku węgla), oraz na obecność wody (A. Cheung, D. Rank, C. Townes), amoniaku (L. Snyder, D. Bull), formaldehydu, cyjanku wodoru, cyjanoacetyleny itp. Te i inne związki chemiczne, poza wymienionymi związkami węgla, stanowią antecedeny materialne, prekursorzy w kształtowaniu różnorodnych coraz bardziej złożonych związków organicznych.

Przyrodnicy liczą się również z możliwością istnienia w Kosmosie związków organicznych ukonstytuowanych w oparciu o jakiś inny pierwiastek podstawowy. Najczęściej wymienia się bor, german, siarkę, a zwłaszcza krzem łatwo łączący się z in-

³ J. Lederberg, art. cyt., 360. Autor ten w oparciu o wyniki dotychczasowych badań nad ewolucją biochemiczną uważa, że „są podstawy ku temu, aby sądzić, że życie wcale nie jest tak niezwykłym wynikiem przemian ewolucyjnych, jak niegdyś sądzono“ (364).

⁴ A. J. Oparin, Wozniknowienije i naczalnoje razwietije zizni, Moskwa 1966, 61—62; por. art. GBL, Amino acids in both moon and meteorite, *Phys. Today*, 24(1971) 2, 17—19, gdzie autor wylicza następujące molekuly i rodniki wykryte w gazie i pyłe międzygwiazdowym: OH, CH₂, CH⁺, CN, H₂CO, NH₃, H₂O, H₂, CO, HCN, HC₃N, CH₃OH, HCOOH; por. też B. Kuchowicz, Kosmochemia przestrzeni międzygwiazdowej, *Urania* 11 (1970); tenże, Nowy związek chemiczny w przestrzeni kosmicznej, *Urania*, 1 (1971) 17.

nymi pierwiastkami w związki odporne na działanie zarówno wysokich jak i bardzo niskich temperatur⁵. Niemniej jednak mówiąc o życiu we Wszechświecie, pojmujemy to życie analogicznie do życia ziemskiego.

Istotne zadanie badań egzobiologicznych streszcza się w pytaniu, czy życie organiczne jest materialnie możliwe na planetach układu słonecznego i w innych częściach Wszechświata, czy warunki tam panujące sprzyjały tworzeniu się życia. Do metod pomocnych w wykrywaniu i stwierdzaniu istnienia życia poza Ziemią należą m. in. analiza fizykochemiczna atmosfery i gruntu planet (mikroskopia gruntu), konstatacja wzrostu organizmów jednokomórkowych z pobranych próbek, metody spektrofotometrii, fluorometrii, radiometrii, chromatografii gazowej, polarymetrii itp.⁶ Istnieje już dziś pokaźna liczba publikacji na temat warunków życia na poszczególnych planetach⁷ i dlatego ten temat zostanie tu pominięty.

Ujmując rzecz ogólnie, możemy za wielu badaczami⁸ powie-

⁵ V. Firs off, *Life beyond the Earth, A study in exobiology*, London 1963, w tłum. ros. *Ziżn wnie Ziemi*, Moskwa 1966, 189—196; por. W. Sedlak, *Rola krzemu w ewolucji biochemicznej życia*, Warszawa 1967.

⁶ Szeroko o różnych metodach wykrywania życia poza Ziemią traktują prace A. A. Imszenieckiego, *Obnarużenie żizni wnie Ziemi*, w: *Ziżn wnie Ziemi i metody jeje obnarużenia*, Moskwa 1970, 27—40; por. też G. A. Kazakow, *Pribor dlja obnarużenia żizni wnie Ziemi*, tamże, 76—80.

⁷ Np.: M. Ovendon, *Życie we Wszechświecie*, z ang. tłum. B. Krzyżanowski i W. Zonn, Warszawa 1964; R. Tocquet, *Życie na planetach*, z franc. tłum. P. Kucharczyk, Warszawa 1965; W. G. Fiesenkow, *Usłowija żizni wo Wsielenoj*, w: *Ziżn wnie Ziemi i metody jeje obnarużenia*, 7—16; V. Firs off, dz. cyt., zwł. cz. IV i V; tenże, *Vie intelligence et galaxies*, Paris 1970; A. Oparin i W. Fiesenkow, *Żiżn wo Wsielenoj*, Moskwa 1960; A. Oparin, *The origin of life in space*, *Space Sci. Rev.*, 3(1964)1; C. Ponnampurama; *Poiski żizni na Łunie*, *Priroda* 8(1970)61—65.

⁸ Por. K. Kvenvolden, J. C. Lawless, C. Ponnampurama, *Nonprotein amino acids in the Murchison meteorite*, *Proc. Natl. Acad. Sci. USA*, 68(1971)2, 486.

dzieć, iż prace doświadczalne i rozważania teoretyczne ewolucji chemicznej gwiazdowej i planetarnej dają podstawę do przeświadczenia, że podobne do ziemskiego następstwo zjawisk, zdarzeń i procesów, prowadzących do pojawienia się życia organicznego mogło zachodzić we Wszechświecie na wielu planetach. Na poparcie hipotezy głoszącej, że podstawowe założenia ewolucji chemicznej i biochemicznej mogą mieć zastosowanie także w warunkach pozaziemskich, przeprowadza się obecnie badania dwojakiego rodzaju:

a. poprzez syntezę laboratoryjną różnych związków organicznych, w tym także białek i kwasów nukleinowych, imitując warunki istniejące na pierwotnej powierzchni naszej planety;

b. poprzez analizy metodami fizykochemicznymi i astronomicznymi cząstek międzygwiazdowych, skał księżycowych i ich porównanie ze skałami ziemskimi, badania mineralogiczno-chemiczne i fizyczne meteorytów itp. Te dwie, nie jedyne zresztą grupy metod badawczych, często — jak zobaczymy — weryfikują się i uzupełniają wzajemnie.

2. Próba odpowiedzi na pytanie o możliwość istnienia jakiejś innej jeszcze, poza ziemską, formy życia we Wszechświecie, wiązana jest obecnie coraz ściślej z metodami typu b, a zwłaszcza z badaniami meteorytów. O ile bowiem dociekania dotyczące warunków istnienia i rozwoju czy ewentualnie rozmieszczenia życia w Kosmosie mają dotychczas — z wyjątkiem doświadczalnych badań powierzchni Księżyca — charakter raczej teoretyczno-spekulatywny, o tyle meteoryty są dostępne bezpośredniej analizie laboratoryjnej. Stąd też od ponad stu lat one właśnie przykuwają uwagę uczonych w nadziei wyjaśnienia zagadki początków życia na Ziemi i ewentualnie na innych ciałach niebieskich. Już od samego początku tych badań, dzięki którym stwierdzono w meteorytach kamiennych typu chondrytów węglistych istnienie różnego rodzaju substancji organicznych, wysuwano alternatywne hipotezy, utrzymujące, że substancje te są bądź a. elementami i pozostałościami jakieś formy życia istniejącego poza Ziemią, a więc mają pochodzenie biogenne (tak m. in. Wöhler, Richter, Cloëz, Helmholtz, Thomson),

bądź b. reprezentują elementy abiogenne, o pozaziemskim pochodzeniu chemicznym (tak m. in. już Berzelius, Berthelot).

Wiekowy spór zwolenników tych dwu poglądów, ożywiony na nowo przed mniej więcej dziesięcioma laty, zdaje się aktualnie przeważać na korzyść tej drugiej hipotezy. Wydaje się, że zmianie tych zapatrywań sprzyja fakt ogromnych postępów w dziedzinie kosmochemii organicznej dzięki zastosowaniu nowych metod i technik badania.

Wyniki badań ostatniego dziesięciolecia dotyczące zawartej w meteorytach materii organicznej, jej składu elementarnego, struktury i znaczenia tych badań dla biochemicznej teorii genezy życia na Ziemi przedstawiłem w artykule „Kosmochemiczne badania początków życia”⁹. Od czasu napisania tego artykułu w dalszym ciągu ukazuje się mnóstwo publikacji w tym przedmiocie. Zestawienie i analiza wyników badań meteoretycznych, prezentowanych przez specjalistów w pracach z lat 1970—71, ma w zamierzeniu autora przyczynić się do potwierdzenia podzielanej przezeń tezy, według której różnorodne związki organiczne znajduwane w meteorytach stanowią integralną, konstytutywną część tych „gości z nieba” oraz to, że powstały abiogenicznie w trakcie różnych reakcji fizykochemicznych.

Tak postawiony cel artykułu wyznacza zarazem tok dalszych rozważań, prowadzący kolejno do wykazania a) endogeniczności oraz b) abiogenezy pozaziemskiej substancji organicznych wykrywanych w meteorytach.

Ograniczając w ten sposób przedmiot egzobiologii do analizy natury i genezy meteorytowych związków organicznych, należy za A. Imszenieckim¹⁰ z naciskiem podkreślić, że wykrycie w chondrytach węglistych wymienionych związków i ustalenie ich genezy nie przesądza jeszcze sprawy faktycznego istnienia życia na innych planetach, a co najwyżej może pośrednio do-

⁹ *Studia Philos. Christ.*, 6(1970)2, 93—120.

¹⁰ Dz. cyt., 28 i 3; por. tegoż autora, *Meteority i problema suszczestwowanija wnieziemnoj žizni*, *Wiestnik A.N.SSSR* 1966, nr 1.

wodzić możliwości istnienia procesów prowadzących do pojawienia się pierwocin życia w Kosmosie, analogicznie do zjawisk ziemskiej ewolucji biochemicznej. Wkład badań egzobiologicznych w wyjaśnianie procesu ziemskiej abiogenezy wskazany zostanie w końcowej części artykułu.

2. Endogeniczność materii organicznej w meteorytach

Na podstawie prowadzonych badań wiemy, że w skład materii organicznej zawartej w meteorytach węglistych wchodzi związki organiczne, biologicznie ważne, jak węglowodory (nasycone, nienasycone, aromatyczne), węglowodany, kwasy aromatyczne i tłuszczowe, aminokwasy, azotowe związki cykliczne, związki siarkowe itp.¹¹ Przykładowo warto wskazać na rezultaty ostatnich badań G. P. Wdowykina¹² nad trzema chondrytami węglistymi z terenu ZSRR: Groznaja (28.VI.1861), Migei (18.VI.1889) i Staroje Boriskino (20.IV.1930). Pierwszy z nich zawierał 6 aminokwasów (glicyna, alanina, seryna, walina, kwas asparaginowy i glutaminowy). W chondrycie Migei stwierdzono obecność 9 aminokwasów (lizyna, histydyna, glicyna, alanina, seryna, walina, treonina, kwas asparaginowy i glutaminowy, ślady leucyny), a w Staroje Boriskino te same kwasy oraz lizynę, glicynę, alaninę, serynę, walinę, treoninę. W chondrytach węglistych stwierdzono poza tym wiele innych związków organicznych wysokomolekularnych, głównie aromatycznych i cyklicznych związków azotowych, oraz zawierających chlor. Obecność chloru ma wyróżniać te substancje od ziemskich związków organicznych.

Zanim podejmie się próbę wykorzystania tych różnorodnych danych dotyczących zawartości związków węgla dla interpretacji ich genezy, należy wcześniej dowieść, że związki organicz-

¹¹ Sz. W. Ślaga, art. cyt., 102—109.

¹² G. P. Wdowykin, Meteority i žizn, w: Žizn wnie Ziemi i metody jeje obnaruženija, 135—153.

ne są wrodzone, konstytutywne dla tworzywa meteorytów. Dane dostarczane dotychczas rzuciły wiele światła na ten problem, ale nie uzyskano całkowitej pewności w tym względzie. Zobaczymy, czy nowe dane dostarczają takich dowodów.

W odpowiedzi na pytanie, czy meteoryty świadczą o istnieniu życia poza Ziemią, tenże Wdowykin wskazuje na dyskusje wokół tzw. „elementów zorganizowanych“ (G. Claus, B. Nagy 1961) jako rzekomych pozostałości życia na innych ciałach niebieskich. Większość uczonych uważa, że elementy te stanowią właściwe meteorytom ziarna mineralne lub też mogą być wynikiem ziemskiej kontaminacji i stąd nie ma podstaw do przyjmowania, że meteoryty świadczą lub nie o istnieniu jakichś form pozaziemskiego życia.

Istnienie wolnych rodników organicznych (elementów drobin o niesprzężonych elektronach) i ich koncentracja w chondrytach węglistych nie jest związana z działalnością biogenną ani w meteorytach ani na ciałach dłań macierzystych. Rodniki te, charakterystyczne dla istot żywych, pojawiły się wraz z tworzeniem się spolimeryzowanych związków organicznych w chondrytach pod wpływem nagrzewania, naświetlania i spotykane są w składzie różnych ciał niebieskich.

Wśród przykładowo wymienionych wyżej metod badań w zakresie biologii kosmicznej poczesne miejsce zajmuje mikrobiologiczna analiza chondrytów węglistych. W tym aspekcie A. Imszeniecki i S. S. Abyzow podejmują ważny w meteorytyce problem sprowadzający się do istotnego pytania, czy twory wewnętrzchondrytowe, identyfikowane przez wielu badaczy jako mikroorganizmy, a ściślej jako ich sfosylizowane pozostałości, mają charakter endogenny lub egzogenny¹³. Tacy badacze, jak Lipman, Claus, Nagy są zdania, że zbyt małe rozmiary por w meteorytach świadczą o niemożliwości przedostania się mikroorganizmów do ich wnętrza z gleby, na którą spadły.

¹³ A. Imszeniecki, S. Abyzow, Mikrobiologičeskija issledowanija meteoritow, w: Žizn wnie Ziemi i metody jeje obnaruzenija, 157—166; por. wcześniejsze badania G. Claus i B. Nagy, A microbiological examination of some carbonaceous chondrites, *Nature*, 192(1961)594—596.

Celem ustalenia stopnia przenikliwości dla mikroorganizmów przebadano najpierw kilka minerałów i skał górskich o różnym ciężarze i gęstości, m. in. magnetyt, granit, węgiel kamienny, marmur, wapień, piaskowiec i stwierdzono dostateczną ich przenikliwość dla mikroorganizmów glebowych. Następnie poddano badaniu dwa meteoryty żelazne i dwa kamienne, otrzymując taki sam wynik. Analogiczne badania przeprowadzono z uzależnieniem od różnych warunków glebowo-klimatycznych: a. gleba słoneczno-górska uprawiana (okolice Moskwy), b. grunt kamienno-piaszczysty (góry Kopet-Daga, Kara Kum), c. ośnieżone tundry (Arktyka). Okazało się, że meteoryty, które spadły na suchy grunt kamienny, piaszczysty albo też na grunt zmarnięty lub śnieg, nawet po dłuższym czasie zawierały mikroorganizmy jedynie na swej powierzchni. Istotnym czynnikiem wyższej przenikliwości mikroorganizmów do wnętrza meteorytu jest wilgotność gleby. Ostateczny wniosek Imszenieckiego i Abyzowa jest taki, iż na drodze analizy mikrobiologicznej meteorytów pozostających dłuższy czas w wilgotnej glebie nie można wykazać pozaziemskiego pochodzenia.

Możliwość skażenia wynikająca z powszechnej obecności mikroorganizmów i w ogóle substancji organicznych na Ziemi prowadzi do przeświadczenia o niepewności wyników badań odnoszących się do stwierdzeń na temat endogeniczności związków organicznych w meteorytach¹⁴. Obecność np. aminokwasów została stwierdzona już wcześniej wielokrotnie w różnych meteorytach (np. J. R. Kaplan, E. Degens, J. H. Reuter 1963; M. Studier, R. Hayatsu, E. Anders 1965; H. C. Urey 1966; J. M. Hayes 1967), ale wzór ich rozmieszczenia przypominał po prostu wzór odcisków palców, stąd obecność tych aminokwasów była ogólnie przypisywana kontaminacji¹⁵.

¹⁴ K. Kvenvolden, J. Lawless, K. Pering, E. Peterson, José Flores, C. Ponnampereuma, J. R. Kaplan, C. Moore, Evidence for extraterrestrial amino acids and hydrocarbons in the Murchison meteorite, *Nature* 228(1970)923.

¹⁵ Tamże, l. c.

Nieoczekiwaną pomocą w próbach wyjścia z tego dylematu okazał się upadek chondrytu węglatego Murchison (28.IX.1969, Australia). Odłamki niemal natychmiast zebrano, zabezpieczono i poddano badaniom. Już wstępne doniesienia okazały się rewelacyjne. Ośmioosobowa grupa badaczy¹⁶ stwierdziła obecność m. in. glicyny — 6 $\mu\text{g/g}$, alaniny — 3 $\mu\text{g/g}$, kwasu glutaminowego — 3 $\mu\text{g/g}$, waliny — 2 $\mu\text{g/g}$, proliny — 1 $\mu\text{g/g}$, w mniejszych ilościach dwu-metyloalaninę i sarkozyn. Wydzielono asymetryczne enancjomery aminokwasów: formę D — w alaninie 50%, w kwasie glutaminowym 45%, w walinie 40—47%, w prolinie 40—43%. Ogółem wykryto 6 aminokwasów występujących zwykle w białku i 8 nie występujących w białku naturalnym, razem 15 $\mu\text{g/g}$, a więc podwójnie więcej niż w badanym wcześniej chondrycie Murray. Wszystkie aminokwasy miały atomy węgla asymetrycznego. Wyjątkowy wzór rozmieszczenia wydzielonych aminokwasów i innych składników organicznych i ich większa złożoność w chondrycie Murchison w porównaniu z badanymi uprzednio meteorytami nie może być w pełni wyjaśniona w oparciu o skażenie ziemskie. Wykrycie zwłaszcza dwu-metyloalaniny i sarkozyny, które nie występują w znanych nam białkach, a także pełna ich racemizacja potwierdza hipotezę, że związki te zostały wytworzone przez syntezę abiotyczną. W związkach organicznych pochodzących ze skażenia przeważają izomery L — aminokwasów, tu zaś we wspomnianych aminokwasach „nieproteinowych“ występują w równej ilości izomery L i D, co dodatkowo świadczy przeciw ich skażeniu po upadku. Wyniki badań tych autorów dowodzą rzeczywistej obecności aminokwasów i węglowodorów pozaziemskiego pochodzenia.

Dalsze badania Peringa i Ponnamperry¹⁷ potwierdziły obecność w tym chondrycie węglowodorów aromatycznych, które, jak wiadomo, są ważną klasą prymitywnych molekuł

¹⁶ Tamże, 823—926.

¹⁷ K. Pering, C. Ponnamperry, Aromatic hydrocarbons in the Murchison meteorite, *Science*, 173(1971)237—239.

organicznych jako produkt wytworzony z prostych gazów (metanu, tlenku węgla) w wysokiej temperaturze i wykrywane są w materii międzygwiazdowej. Za pomocą chromatografii gazowej i spektrometrii badacze ci wykryli we wspomnianym chondrycie 14 wielojądrowych węglowodorów aromatycznych nie pochodzących ze skażenia ziemskiego.

Problem pochodzenia zasad purynowych i pirymidynowych, mający zasadnicze znaczenie w ewolucji biochemicznej, starano się w różny sposób wyjaśniać, m. in. dokonując prób syntezy tych związków w laboratorium tworząc sztucznie warunki panujące na powierzchni pierwotnej Ziemi. Dotychczas w chondrytach węglistych nie stwierdzono z całą pewnością obecności zasad azotowych¹⁸. Obecnie Folsome, Lawless, Romiez i Ponnamperruma wybrali do tego typu badań właśnie meteoryt Murchison ze względu na nie budzące wątpliwości stwierdzenie obecności w nim aminokwasów i innych związków organicznych¹⁹. Badacze ci wykryli i zidentyfikowali 4-hydroksypirymidynę i jej 2 izomery metylowe. Nie stwierdzono występowania puryn i triazyn.

Prace i ciekawe wyniki uzyskane z badań nad omawianym meteorylem zachęciły J. Lawlessa, K. Kvenvoldena, E. Petersona, C. Ponnamperrumę i C. Morre'a do ponownego przebadania chondrytu węglistego II typu — Murray (20.IX.1950, USA), podobnego pod względem składu chemicznego do Murchison. W chondrycie Murray wykryto 17 aminokwasów i w sposób pewny zidentyfikowano je. Sześć z nich występuje normalnie w białku: alanina, glicyna, walina, prolina, kwas asparaginowy i glutaminowy, a 11 nie spotyka się w normalnym białku, np.

¹⁸ Dotychczas możliwość występowania zasad azotowych w chondrytach węglistych przyjmował jedynie R. Hayatsu, Orgueil meteorite: organic nitrogen contents, *Science*, 146(1964)1291—1293. Wcześniej M. Calvin (1961) donosił o obecności substancji cytozynopodobnej w meteorycie Orgueil.

¹⁹ C. E. Folsome, J. Lawless, M. Romiez, C. Ponnamperruma, Heterocyclic compound indigenous to the Murchison meteorite, *Nature* 232(1971)108—109.

izowalina, norwalina, β -alanina, N-metyloglicyna, N-etyloglicyna i inne²⁰. Identyfikacja różnych aminokwasów nie występujących w znanych nam białkach, równa ilość izomerów D i L w różnych aminokwasach, obecność C₂, C₃, a nawet C₄ w związkach alifatycznych sugeruje myśl, że aminokwasy w tym chondrycie tak, jak i w Murchison nie są wynikiem kontaminacji, lecz że tworzyły się przez nieznaną bliżej procesy przypadkowe. Miało to miejsce równocześnie z powstawaniem tworzywa meteoritowego i stąd przyjmuje się ich endogeniczny charakter względem tegoż tworzywa.

W 1971 r. także J. Cronin i C. Moore badają chondryty węgliste: Murchison, Murray i Allende na zawartość aminokwasów²¹. W pierwszych dwu skład aminokwasowy okazał się taki sam, co sugeruje, że te substancje są właściwe, endogenne dla chondrytów węglistych typu I i II. Chondryt III typu — Allende (8.II.1969 Chihauhau, Mexico) badany tymi samymi metodami nie wykazał obecności aminokwasów. Należy przy tym zauważyć, że idąc w kierunku od I do III typu chondrytów węglistych (według klasyfikacji Wiika) zmniejsza się zawartość substancji wysokomolekularnych o skondensowanej strukturze aromatycznej, zwiększa się natomiast stopień karbonizacji²².

3. Pozaziemskie abiogenne pochodzenie

Ogólnie mówiąc, zaprezentowane wyżej dane doświadczalne stanowią uzasadnioną podstawę do przyjęcia i uznania za fakt, że wysokopolimeryzowane związki organiczne, zwłaszcza aminokwasy, są wewnętrzną częścią składową struktury chondrytów węglistych, nie zaś elementami powstałymi w wyniku ska-

²⁰ J. G. Lawless, K. Kvenvolden, E. Peterson, C. Ponnamperna, C. Moore, Amino acids indigenous to the Murray meteorite, *Science*, 173(1971)626—627.

²¹ J. R. Cronin, C. Moore, Amino acids analysis of the Murchison, Murray and Allende carbonaceous chondrites, *Science* 172(1971)1327—1329.

²² G. P. W d o w y k i n, *Meteority i žizn*, 141.

żenia po upadku meteorytu na Ziemię. Skoro z całkowitą prawie pewnością przyjmujemy endogenny charakter substancji organicznych w meteorytach, możemy tym samym uważać je za substancje pozaziemskie. Uzasadnienie możliwie wszechstronnie tego twierdzenia będzie jednocześnie próbą odpowiedzi na pytanie o sposób powstania wymienionych substancji organicznych.

Spośród istniejących w tym przedmiocie rozbieżnych opinii przytoczonych zostanie najpierw za B. Bakerem kilka wcześniejszych. Sam Baker²³ zajmując się meteorytem Orgueil stwierdza, że możliwość jego skażenia przez spolimeryzowany materiał organiczny była minimalna, choć nie wykluczona; uważa on, że dziś przyjmuje się powszechnie, iż właściwe „wrodzone“ temu meteorytowi związki organiczne są rezultatem abiogennej syntezy w Kosmosie. Niektórzy badacze²⁴ przyjmują dwie możliwości dla powstania meteorytowych molekuł organicznych:

- a. dekompozycja form życia pozaziemskiego,
- b. tworzenie abiotyczne w trakcie rozwoju systemu słonecznego.

Analogiczne dwie możliwości przyjmuje Bernal²⁵, który poza tym uważa, że jakieś nieprawdopodobne zjawiska inicjujące procesy życiowe musiały mieć miejsce gdzieś w Kosmosie, a do nas docierają częściowe produkty tych zjawisk poprzez działanie jakichś nieznanych mechanizmów. Hochstein znów przyjmuje teorię tworzenia się związków organicznych w meteorytach przez „hypersoniczną organosyntezę“, tzn., że wspomniane wyżej wolne rodniki organiczne zostały utworzone w wysokiej

²³ B. Baker, Review of organic matter in the Orgueil meteorite, *Space Life Sci.*, 2(1971)4, 486—487.

²⁴ Np. M. H. Briggs, Organic constituents of meteorites, *Nature*, 191(1961) 137—1140.

²⁵ J. D. Bernal, Significance of carbonaceous meteorites in theories on the origin of life, *Nature*, 190(1961)129—131; tenże, Comments on organic microstructures in the Mokoia meteorite, *Nature*, 193(1961) 1127—29.

temperaturze i ciśnieniu w rezultacie fali uderzeniowej przy przejściu meteorytu przez atmosferę lub przy jego spadku — wpływając tym samym na wytworzenie się złożonych substancji organicznych. E. Anders²⁶ w 1963 r. założył, że substancje te powstały pod działaniem wody na prymitywny materiał wyjściowy na asteroidach, a w dwa lata później razem z dwoma innymi badaczami²⁷ wysunął hipotezę, że tworzenie molekuł organicznych miało miejsce w mgławicy słonecznej w warunkach równowagi termodynamicznej. Byłoby to zgodne ze wspomnianymi na wstępie wynikami badań astronomicznych, potwierdzających istnienie złożonej materii organicznej międzygwiazdowej. Istnienie w przestrzeni międzygwiazdowej prostych związków organicznych (HCHO, HC₃N) a być może i grafitu prowadzi — według Bakera²⁸ — do wniosku, że związki o średniej złożoności tworzyły się poza Ziemią. Formaldehyd czy amoniak przypuszczalnie istniały w fazie gazowej, inne związki o większym ciężarze molekularnym — w fazie stałej lub w połączeniu z jakimiś ziarnistościami międzygwiazdowymi.

Występowanie form D i L dowodzi — zdaniem J. Oró, J. Giberta, H. Lichtensteina, S. Wikstroma, D. Flory'ego²⁹ — chemicznej genezy aminokwasów i węglowodorów na drodze:

- a. pozaziemskiej syntezy abiotycznej przed, w czasie lub po utworzeniu ciała macierzystego dla meteorytów;
- b. diagenety przestrzennej — w jakiś niezwykle sposób pierwotne aminokwasy uzyskały konfigurację D i L;
- c. formowania poprzez reakcje syntezy lub rozkładu podczas

²⁶ E. Anders, On the origin of carbonaceous chondrites, *Ann. N.Y. Acad. Sci.* 108(1963)524—533.

²⁷ M. Studier, R. Hayatsu, E. Anders, Organic compounds in carbonaceous chondrites, *Science*, 149(1965)1455—1459; por. R. V. Eck, E. Lippincott, M. Dayhoff, Y. T. Pratt, Thermodynamic equilibrium and the inorganic origin of organic compounds, *Science*, 153(1966), no. 3736.

²⁸ Art. cyt., 487.

²⁹ Amino acids, aliphatic and aromatic hydrocarbons in the Murchison meteorite, *Nature*, 230(1971)105—106.

przejścia meteorytu przez atmosferę ziemską; podobnie Hochstim;

- d. syntezy chemicznej z prekursorów — antecedensów aminokwasu podczas hydrolizy ekstraktu wodnego.

Chociaż możliwości (b), (c), (d) nie można wprost odrzucić, sposób (a) syntezy abiotycznej związków organicznych wydaje się najbardziej pewny. Można też przyjąć, że synteza ta dokonywała się łącznie na drodze (a, b).

Odnosnie obecności D i L aminokwasów K. Kvenvolden, J. Lawless i C. Ponnampereuma³⁰ przyjmują, iż albo 1) aminokwasy te były obecne przez pewien okres czasu w meteorytach w formie stereoizomerycznej i stopniowo uległy racemizacji, albo 2) obie formy były stale obecne w równej mierze. Chociaż nie można całkowicie odrzucić, by istoty żywe pozaziemskie zapoczątkowały formy D i L, jednak w zestawieniu z życiem ziemskim trudno byłoby wyjaśnić występowanie różnych aminokwasów nieproteinowych. Oczywiście, że tworzenie form D i L przez procesy abiogenne oraz postępująca racemizacja może nie wydawać się zupełnie pewne do czasu udowodnienia, że chemiczne procesy abiotyczne preferują produkcję raczej tej a nie innej formy izomerycznej. Wymienieni trzej badacze są przekonani, że aminokwasy z chondrytu Murchison były tworzone w obydwu formach przez procesy abiotyczne³¹.

Poza tym wnioski ten potwierdzają badania izotopowe. Wartości izotopowe (¹³C) wydzielonego węgla są pierwszym wskaźnikiem za jego nieprzypadkowym rozmieszczeniem w meteorytach i za abiogennym zapoczątkowaniem w tych ciałach kosmicznych materii organicznej. Poza tymi właściwościami, ważnymi w opisie meteorytów, dodać należy to, że wyniki różnych innych badań potwierdzają hipotezę, według której formy węgla utlenione i zredukowane są wrodzone dla meteorytów. Dane zaś astronomiczne wskazują na to, że równoważenie pomiędzy

³⁰ Art. cyt., *Proc. Natl. Acad. Sci. USA*, 68(1971)2, 488

³¹ Tamże, 489.

gazami zawierającymi utlenione i zredukowane formy węgla zachodziło we wczesnych stadiach formowania się planet³².

Dodatkowym potwierdzeniem tezy o endogenicznym i pozaziemskim pochodzeniu chemicznym meteorytowego materiału organicznego jest fakt, że z 12 aminokwasów nieproteinowych wykrytych w chondrycie Murchison 5 zostało zsyntetyzowanych laboratoryjnie przy zastosowaniu wyładowań iskrowych w obecności metanu w warunkach imitujących prymitywny stan planetarny.

Mając na uwadze powyższe dane oraz proponowane przez różnych autorów hipotezy dotyczące genezy materii organicznej zawartej w meteorytach, dochodzimy do następujących wniosków natury ogólnej.

Różnego typu substancje organiczne znajduwane w meteorytach nie wytworzyły się ani wskutek ziemskich ani pozaziemskich procesów biogenych. Żadna z tych dwu możliwości nie została potwierdzona przez dane faktyczne. Hipotezie ziemskiego biennego pochodzenia poprzez skażenie poupadkowe czy laboratoryjne przeczy wiele przytoczonych faktów, zwłaszcza zaś odmienność tych związków od ziemskich substancji biogenych, ich występowanie tylko w chondrytach węglistych, a nie we wszystkich meteorytach oraz staranność w przechowywaniu i badaniu odłamków, szczególnie tych, jakie upadły na Ziemię w ostatnich latach. Nic też nie przemawia za słusznością hipotezy pozaziemskiej biogenezy tych związków, zwłaszcza, gdy uwzględni się fakt przyjmowany dziś w meteorytyce, że ciała dla chondrytów macierzyste miały niewielkie rozmiary i warunki asteroidalne czy planetarne nie sprzyjały rozwojowi na nich życia organicznego.

Wobec tego tertium datur — tworzenie się substancji organicznych w chondrytach węglistych miało charakter procesów chemicznych, dokonujących się w trakcie tworzenia się samego materiału meteorytowego. Zarówno badania izotopowe,

³² J. W. Smith, J. R. Kaplan, Endogenous carbon in carbonaceous meteorites, *Science*, 167(1970) 1367—1370).

stwierdzona obecność aminokwasów nieproteinowych, brak czynności optycznej, jak zwłaszcza badania nad chondrytami Murchison i Murray, wskazujące na pełną racemizację tych związków, potwierdzają hipotezę abiogenego (radiogenego) kosmicznego pochodzenia spolimeryzowanych substancji organicznych wykrywanych w meteorytach.

4. Geneza meteorytowych związków organicznych a powstanie życia na ziemi

Dla pełności obrazu należy jeszcze choćby w kilku zdaniach wskazać na wartość naukową i znaczenie badań nad naturą i genezą meteorytów dla potwierdzenia biochemicznej teorii genezy życia na Ziemi.

Obecność w chondrytach węglistych złożonych związków organicznych radiogenego pochodzenia ma ogromne znaczenie dla wyjaśnienia wielu niezbadanych dotąd punktów dotyczących wczesnych stadiów abiogenego kształtowania się materii organicznej w warunkach ziemskich. Badania z zakresu kosmochemii wskazują wyraźnie na to, że złożone związki organiczne mogą tworzyć się z prostych elementów wyjściowych przy udziale różnych źródeł energii. W tym stopniowym przekształcaniu się związków prostych w coraz bardziej złożone brały udział wolne rodniki i pośrednie produkty reakcji. Procesy ewolucji chemicznej rozpoczęły się już we wnętrzu gwiazd od reakcji, jakim podlegały zjonizowane atomy wodoru, elementy lotne a następnie pierwiastki cięższe, dając początek rodnikom i przyszłym związkom chemicznym. Po powstaniu i wytworzeniu się skorupy na planetach okrążających gwiazdy następuje dalsze współdziałanie pierwiastków i wytwarzanie związków węgla³³. Różnego rodzaju badania wskazują na to, że cztero- czy sześćoatomowe związki mogą powstawać samorzutnie w ko-

³³ B. M a s o n Meteorites, New York — London 1962, 98—103; por. J. G a d o m s k i, Powstanie kosmosu i jego życie, Warszawa 1963, 92.

lejnym etapach ewolucji chemicznej i stanowić tworzywo dla procesów ewolucji biochemicznej³⁴.

Oparin i Fiesenkow, wyróżniając trzy główne etapy w procesie ewolucji związków węgla na Ziemi uważają, że pierwszy z tych etapów tzn. powstawanie prostych związków węglowodorowych, cyjanków, związków azotowych, fosforowych, siarkowych ma charakter uniwersalny, występuje bowiem w Kosmosie na ciałach nawet genetycznie różnych od Ziemi. Drugi etap obejmujący różnicowanie powstałych związków, ich polimeryzację i kondensację, występuje prawdopodobnie na planetach naszego systemu słonecznego³⁵. W materiale organicznym wykrywanym w meteorytach węglowych mamy naoczny, dostępny bezpośrednio badaniu przykład wczesnych etapów tego typu przekształceń, utrwalonych niejako w stanie pierwotnym.

Tak więc pierwotna ewolucja chemiczna i biochemiczna jest procesem stwierdzalnym powszechnie we Wszechświecie, a w szczególności w naszym systemie słonecznym.

Dodatkowym potwierdzeniem tej tezy są badania chemiczno-mineralogiczne i petrograficzne tworzywa naszej planety, w skład którego wchodzi, podobnie jak w chondrytach, różne węglowodory, grafit, węgiel bezpostaciowy, znajdujące w składzie skał osadowych, krystalicznych i magmowych, a także w ropie naftowej dawnego pochodzenia, w której oprócz związków biogenych stwierdzono obecność substancji niepodobnych do związków biochemicznych. Przyjmuje się, że te ostat-

³⁴ B. Kuchowicz, Molekuły organiczne w przestrzeni kosmicznej a możliwość powstania życia, *Urania*, 42(1971)4, 103—109.

³⁵ A. Oparin, W. G. Fiesenkow, Powstanie życia we Wszechświecie. Rozważania ogólne, w: *Biologia i medycyna kosmiczna*, 429—430. Podobną tezę wypowiada Bernal, mianowicie że związki organiczne w meteorytach należy uważać za rezultat pierwotnej akumulacji wysokoenergetycznych substancji węglowych i azotowych, na bazie których mogło pojawić się życie, a nie za produkt już rozwiniętego życia — por. J. Bernal, Molekularna struktura, biochemiczna funkcja i ewolucja, w: *Teoreticzeskaja i matematiczeskaja biologija*, wyd. T. Waterman, H. Morowitz, tłum. ros. Moskwa 1968, 145.

nie wykazują pochodzenie abiogenne i to tym wyraźniej, im są geologicznie starsze. Świadczyłyby to, zdaniem Oparina, o tym, że w pierwotnych okresach Ziemi istniało wiele węglowodorów, z których rozwinęły się ewolucyjnie bardziej złożone związki organiczne³⁶. Prowadzi się obecnie liczne badania porównawcze nad składem i konfiguracją związków organicznych w chondrytach węglistych i w dawnych osadach prekambryjskich³⁷. Niedawne badania Libby'ego³⁸ nad meteorytem Murchison także prowadzą do wniosku, że meteoryty kamienne i substancje ziemskie wykazują jednakowy skład izotopowy węgla.

Poza tym chondryty węgliste pomocne są w wyjaśnianiu początków atmosfery i hydrosfery jako koniecznego środowiska dla zapoczątkowania i rozwoju życia na Ziemi. Przetworzywo skorupy ziemskiej, ulegające degazacji i wytwarzające hydroatmosferę jest analogiczne z fazą sylikatową chondrytów węglistych³⁹. Wiadomą jest rzeczą, że chondryty zawierają w swym składzie mineralnym wiele substancji lotnych i to w tym większej ilości, im wyższa jest zawartość substancji organicznych. Te procesy degazacji i współdziałania fazy lotnej z procesami mineralizacji, o których świadczą właśnie meteoryty, odbywał się we wczesnych etapach rozwoju systemu sło-

³⁶ A. Oparin, Wozniknowienije i naczalnoje razwitije žizni, 67—72; por. tegoż autora, Filosofskij i jestiestwiennno-istoriczeskij aspekt problemy proischożdienija žizni, *Izwestia A.N.SSSR, ser. biol.* 5(1970)635—642.

³⁷ J. Oró, S. Nakaparksin, H. Lichtenstein, E. Gil-Av, Configuration of amino acids in carbonaceous chondrites and a pre-cambrian chert, *Nature*, 230(1971)107—108.

³⁸ W. F. Libby, Terrestrial and meteorite carbon appear to have the same isotopic composition, *Proc. Natl. Acad. Sci. USA*, 68(1971)2, 37; por. jedno z pierwszych badań tego typu: G. Boato, The isotopic composition of hydrogen and carbon in the carbonaceous chondrites, *Geochim. et Cosmochim. Acta*, 6(1954)209—220.

³⁹ G. P. Wdowykin, Meteoryty i žizn, 149—52; por. tego autora, Uglerodistoje wieszczestwo meteoritow, Moskwa 1967, 199—201, oraz: Organiczeskije cojedinenienija meteoritow w swjazi s problemoj wozniknowienija žiwogo wieszczestwa, w: Abiogonez i naczalnyje stadii ewolucii žizni, Moskwa 1968, 23—33.

necznego, w trakcie aglomeracji ciał asteroidalnych. Zawierając substancje lotne, chondryty świadczą w pierwotności materiału tworzącego ciała kosmiczne i występujących na nich związków organicznych. Podobne procesy degazacji stworzyły na ziemi warunki sprzyjające zaistnieniu życia organicznego.

Dodajmy, że niektórzy badacze np. Bernal, Firsoff, Wdowykin liczą się z tym, iż ogólna ilość związków organicznych, jaka z meteorytami węglowymi czy kometami dotarła na Ziemię z przestrzeni kosmicznych, mogła też odegrać jakąś rolę w ogólnym wzbogaceniu skorupy ziemskiej w związki organiczne i pośrednio przyczynić się do rozwoju materii żywej na Ziemi. Ilość tych związków pochodzenia kosmicznego jest jednak bardzo znikoma w porównaniu z ogólną masą skorupy ziemskiej.



Z przeprowadzonych rozważań wynika, że badania nad chondrytami węglistymi nie dostarczyły argumentów ani pro, ani contra istnieniu życia w Kosmosie. Niemniej jednak znaczenie tego typu badań jest ogromne. Streszcza się ono w tym, że wykazanie endogeniczności i pozaziemskiej abiogenezy związków organicznych zawartych w meteorytach wskazuje na uniwersalny charakter ewolucji chemicznej i biochemicznej we Wszechświecie. Śledzenie owej ewolucji w tych jej fazach, jakie zostały utrwalone w materiale meteorytowym, potwierdza wnioski wynikające z biochemicznej teorii Oparina, a tym samym poszerza zakres naszych wiadomości w przedmiocie abiogennych początków życia organicznego na naszej planecie.

CONTROVERSES AUTOUR DE L'ORIGINE DES MATIÈRES ORGANIQUES DANS LES MÉTÉORITES

L'auteur limite son étude aux résultats des recherches concernant l'existence des substances organiques complexes dans les météorites de type de chondrites carbonées. Du vaste champ des recherches dans le

domaine de la biologie cosmique (l'exobiologie) il en donne un aperçu dans la première partie de l'article.

Les expériences des deux dernières années autour du contenu des substances organiques dans les dits météorites ont éveillé de vives discussions sur l'origine de ces substances. Des profondes analyses physicochimiques, surtout celles des météorites Murchison et Murray montrent clairement:

a) le caractère endogène des substances organiques dans les météorites. La protection des fragments des météorites après leur chute ainsi que leur examen minutieux dans les laboratoires excluent avec toute sûreté la possibilité de contamination et donc, aussi, de biogénèse terrestre.

b) l'abiogénèse extraterrestre de ces composants. La découverte des „nonprotein amino acids“, leur pleine racémisation (la présence à égale quantité des isomères D et L), ainsi que les analyses isotopique et la synthèse artificielle de quelques de ces mêmes aminoacides montrent que la synthèse de ces composants organiques s'accomplissait hors de la terre sur la voie purement chimique au moment de la formation des météorites dans le cosmos.

Ces faits permettent de conclure qu'il est possible que pareillement à ce qui s'est passé sur la terre, aussi sur d'autres planètes il y aurait pu avoir lieu la succession des phénomènes qui conduisaient à la formation des substances organiques, importantes du point de vue biologique. C'est aussi la preuve que, comme on l'a montré dans la dernière partie de l'article, les recherches autour des chondrites carbonées comme de directs restes de ces phénomènes cosmiques donne une meilleure connaissance des processus de l'évolution biochimique sur la terre.