

Szczepan W. Ślaga

Kosmochemiczne badania początków życia

Studia Philosophiae Christianae 6/2, 93-120

1970

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

KOSMOCHEMICZNE BADANIA POCZĄTKÓW ŻYCIA

1. Historyczne tło problemu, 2. Struktura mineralogiczno-chemiczna meteorytów węglistych, 3. Problem istnienia mikroorganizmów w chondrytach węglistych, 4. Badania zawartości materii organicznej meteorytów, 5. Problem pochodzenia materii organicznej chondrytów, 6. Znaczenie badań kosmochemicznych dla teorii genezy życia.

1. Historyczne tło problemu

Naukowe próby wyjaśnienia genezy życia organicznego koncentrują się obecnie głównie wokół teoretycznych i doświadczalnych badań abiogenezy, a więc procesu samorzutnego przekształcania się na ziemi materii nieożywionej w ożywioną. Pod tym względem, zwłaszcza w zakresie sztucznej syntezy licznych związków organicznych, nauka szczyci się pokaznym dorobkiem.

Nie ulega wątpliwości, że wyniki badań biochemicznych, paleontologicznych, genetycznych, wirusologicznych itp. pozwoliły głębiej wnikać w skomplikowany mechanizm przebiegu ewolucji materii w kierunku tworzenia zaczątków życia. W rezultacie, chociaż nasze wiadomości wzbogaciły się ogromnie w porównaniu np. z okresem dyskusji o samorodztwie z czasów Pasteura, nie tylko nie mamy pełnego wyjaśnienia procesu powstania życia na ziemi, ale pojawiło się wiele nowych nieznanych przedtem trudności i problemów.

Inną próbą wyjaśnienia genezy życia była teoria kosmozoidów H. E. Richtera, przyjmowana m. in. przez F. Cohna, W. Thomsona, K. Flammariona, H. Helmholtza, Van Thieghema, oraz teoria panspermii S. Arrheniusa. Obydwie teorie w różnych swych odmianach, zakładały istnienie życia na innych ciałach niebieskich i możliwość przedostania się na ziemię zarodników lub jakichś pozostałości substancji żywych bądź za pośrednictwem meteorytów, bądź pod wpływem ciśnienia wywieranego przez światło.

Teoria kosmozoidów stała się już w pierwszej połowie XIX w. bodźcem dla badań struktury meteorytów. Wielkie zasługi położyli na tym polu tacy uczeni, jak: L. J. Thénard 1806, J. J. Berzelius 1834, F. Wöhler i M. Hörnes 1858—59, H. Roscoe 1863, S. Cloëz 1864, M. P. Berthelot 1868, G. Tschermak 1870, J. L. Smith 1876, S. Meunier 1884, C. Frielheim 1888, W. Will i J. Pinnow 1890, E. W. Cohen 1894. Ogólnie mówiąc, badacze ci w meteorytach typu chondrytowego stwierdzili istnienie związków organicznych różnego rodzaju, zwłaszcza bituminopodobnych, krystalizujących, o specyficznym aromatycznym zapachu. Berthelot z meteorytu Orgueil otrzymał materiał zawierający węglowodory nasycone o wzorze $C_n H_{2n+2}$. Cloëz i Pisani (1864) stwierdzili obecność rozpuszczalnych soli potasu, magnezu i sodu, z siarką i chlorem jako anionami¹. Wydzielono też przez podgrzewanie próbek meteorytu wiele gazów, np. CO_2 , CH_4 , CO , N_2 , H_2 . Dla identyfikacji w różnych meteorytach substancji ozokerytopodobnych (Meunier 1889), parafin itp. stosowano ekstrakcję za pomocą rozpuszczalników organicznych oraz HCl , KCl , KOH .

Wielu badaczy wysuwało już wtedy pewne hipotezy odnośnie pochodzenia materiału organicznego meteorytów. Wöhler, Cloëz, O. Hahn opowiadali się za biogenną naturą tego materiału, Berzelius, Berthelot, J. Simaszko przyjmowali jego pochodzenie chemiczne, abiogenne. Z braku dokładniejszych

¹ Por. H. C. Urey, Biological material in meteorites: A review, *Science*, 151 (1966) 157.

badan żadna z tych hipotez nie została potwierdzona. W szczególności przeciw twierdzeniu, jakoby materiał znaleziony w meteorytach miał świadczyć o istnieniu życia na innych planetach i możliwości przedostania się go na ziemię wysuwano zarzuty, że w ogóle brak dowodów istnienia kosmozoidów, że niemożliwe jest zachowanie zdolności życiowej w warunkach kosmicznych, że nic nie wiemy o sposobie oderwania się meteorytów „życionośnych” od macierzystego ciała niebieskiego². Te i tym podobne zarzuty, a zwłaszcza teza niektórych badaczy, że wykryta w meteorytach materia organiczna jest po prostu rezultatem zakażenia ziemskiego, kontaminacji, doprowadziły do całkowitego niemal zarzucenia teorii kosmozoidów, a od 90-tych lat ub. wieku do zaniechania badań nad naturą i pochodzeniem materii organicznej meteorytów.

Prawdziwy renesans interesujących nas badań rozpoczął się mniej więcej w 1960 r. Wcześniej już, w 1953 r. Mueller³ poddał mikroanalizie chemicznej chondryt węglowy Cold Bokkeveld, a w rok potem Boato⁴ rozpoczął badania nad składem izotopowym węgla i wodoru w meteorytach. Następne badania Wdowykina, Calvina, Sztrókaya, Briggsa, Wiika, Masona i innych wywołały ożywione dyskusje, lawinę publikacji i zjazdów. Wśród tych ostatnich warto wspomnieć o sympozjum w 1962 r. (opublikowane w *Nature*) oraz o konferencji zorganizowanej przez New York Academy of Science — poświęconych elementom zorganizowanym w meteorytach. Naturę substancji organicznych zawartych w meteorytach omawiano na międzynarodowym kongresie geochemii substancji organicznych w Milano w 1962 r., na konferencji w Waszyngtonie w 1965, na XI konferencji meteorytowej w Moskwie w 1964 r.

² B. I. Czumasow, K woprosu o wozniknowenii žizni na Zemle, *Woprosy Filozofii*, 1966, nr 8, 79—80.

³ G. Mueller, The properties and theories of genesis of the carbonaceous complex within the Cold Bokkeveld meteorite, *Geoch. et Cosmoch. Acta*, 4 (1953) 1—10.

⁴ G. Boato, The isotopic composition of hydrogen and carbon in the carbonaceous chondrites, *Geoch. et Cosmoch. Acta*, 6 (1954) 209—220.

i XII w Nowosybirsku w 1966 r., na XX międzynarodowym kongresie chemii teoretycznej i stosowanej w Moskwie w 1965 r. Znaczenie badań chondrytów węglowych dla problemu pochodzenia życia poruszano na posiedzeniu Komisji kosmologii Wydziału Astronomicznego Akademii Nauk w Moskwie w 1962, na sesji ogólnej wydziału biologii A. N. w Moskwie w 1966, na Konferencji meteorytowej w Waszyngtonie w 1966 r., na międzynarodowym kongresie w Paryżu w 1967 r. poświęconym pochodzeniu elementów ⁵.

Ogromny rozwój wiedzy meteorytowej w ostatnim dziesięcioleciu stawia przed nami nowy problem genezy życia. Zdaniem Lederberga ⁶ „badania egzobiologiczne są nową próbą rozwiązania tego problemu” oraz „są podstawy ku temu, aby sądzić, że życie wcale nie jest tak niezwykłym wynikiem przemian ewolucyjnych, jak niegdyś sądzono”. Powstaje więc pytanie, na czym ta nowa próba polega. A ponieważ meteoryty — przynajmniej do chwili zbadania próbek przywiezionych z księżyca w lipcu 1969 — są jedynymi reprezentantami materii kosmicznej, dającymi się badać bezpośrednio w laboratorium, pytanie to konkretyzuje się: czy i o ile badania z zakresu kosmochemii organicznej przyczyniają się do rozwiązania zagadki pochodzenia życia organicznego na ziemi. Takim celom służyć mają poniższe uwagi, w których pominie się inne kwestie, np. sprawę możliwości i warunków istnienia życia na innych ciałach niebieskich czy rozmieszczenie tego życia w kosmosie.

2. Struktura mineralogiczno-chemiczna meteorytów węglistych

Meteoryty, jako spadające na ziemię części meteorów, pod względem składu chemicznego dzieli się na: kamienne (aero-

⁵ Dane o zjazdach i kongresach według G. P. Wdowykina, Uglero-distoje weszczestwo meteoritow, Moskwa 1967, 9.

⁶ J. Lederberg, Egzobiologia i próby ustalenia istnienia życia pozaziemskiego, tłum. z *Science* 132 (1960), w: Biologia i medycyna kosmiczna, wybrał i opr. Z. Jethon, Warszawa 1968, 364.

lity), żelazne (sideryty), żelazokamienne (mezosideryty, siderolity) i szkliste (tektyty). Spośród znalezionych na ziemi meteorytów najliczniejszą grupę stanowią kamienne, składające się m. in. z oliwinu, piroksenów, plagioklazów, niklonowego żelaza, siarczku żelaza oraz związków niekrzemianowych.

Aerolity zawierają od 0,45% do 4,8% węgla i dzielą się na chondryty i achondryty. Chondryty, stanowiące około 86% wszystkich aerolitów, cechuje mały ciężar właściwy, wielka kruchość i stosunkowo duży procent składników węglistych, a specyficznymi ich elementami są chondry czyli promieniście zbudowane, kuliste twory mineralne o rozmiarach od 0,5 do 1—3 mm. Pod względem składu chemicznego i mineralnego chondryty upodabniają się nieco do skał ziemskich typu perydotytów. Achondryty jako nieliczna grupa aerolitów nie posiada w swej strukturze chondr, upodabniają się do skał ziemskich typu piroksenitów⁷.

Kosmochemia organiczna zajmuje się głównie chondrytami i achondrytami węglowymi. Pierwsze z nich zawierają węgiel bezpostaciowy lub grafit (trwała heksagonalna odmiana alotropowa węgla pierwiastkowego, występująca w przyrodzie jako minerał — miękki, matowy, o jednokierunkowej łupliwości). Achondryty węglowe, zwane ureilitami, zawierają diament — regularną odmianę węgla pierwiastkowego, tworzącą kryształy 6, 8, 12-ścienne o wysokim współczynniku załamania światła. Często występuje z grafitem. Poza stosunkowo dużą ilością węgla w chondrytach węglistych występuje związana w minerałach woda, wolna siarka i węglowodory. Jak wykazały badania E. DuFresne i E. Andersa (1962) oraz B. Nagy'ego, W. Meinscheina i D. Hennessy'ego (1963) w skład chondr wchodzi krzemiany magnezu i żelaza, żelazo metaliczne z domieszką siarczków i różnych minerałów. Chondry rozmieszczone są w czarnej matowej masie, często tworzą skupiska z oliwinem

⁷ Por. J. Orzel, Structure et composition chimique des météorites, *Annuaire Bur. des Longitudes* 1965, B 1—33; E. Anders, Origin, age, and composition of meteorites, *Space Sci. Rev.*, 3 (1964), 583—714.

i piroksenem, a ilość ich waha się od 10—20% objętości do 90% w niektórych punktach⁸.

Pod względem mineralogicznym chondryty węgliste zawierają takie minerały jak oliwin i pirokseny, a więc orto- i metakrzemiany wytrzymałe na wysoką temperaturę, oraz glino-krzemiany i krzemiany z grupą wodorotlenową czyli minerały chlorytu i serpentynu. Chondryty zawierające chloryt zamiast minerałów wtórnych (piroksenu, oliwinu i szkła) posiadają masę chlorytową z niewielką ilością substancji węglowej oraz drobne ziarenka i pyłki mineralne. W chondrytach węglistych często występują jako domieszka lub jako minerały wtórne: troilit, chromit, spinel, magnetyt nikielowy, pirotyn, pentlandyt; węglany: breineryt, kalcyt, dolomit; chlorki i siarczany wielu metali, rozpuszczalne w wodzie, kryształy kwasu krzemowego i pewne sole⁹.

Pod względem chemicznym w skład meteorytów węglistych wchodzi krzemiany jako podstawowa ich część, wolny metal, tlenki i siarczki żelaza, siarczany, węgiel i jego związki, woda, związki organiczne i gazy (tlenek węgla, dwutlenek węgla, wodór, metan, neon, argon, ksenon). Zawartość wody waha się w granicach od 1—20% ogólnej masy chondrytu węglowego i występuje w dwu odmianach, jako woda wolna i związana w minerałach.

Występowanie w chondrytach węglistych minerałów niespotykanych w innych meteorytach oraz stosunkowo dużej ilości węgla, wody i związków organicznych sprawiło, że w okresie ostatniego 10-lecia zwraca się na nie szczególną uwagę w nadziei, że badania takie przyczynią się do wyjaśnienia genezy meteorytów w ogóle, a w szczególności zawartej w nich materii organicznej, co pośrednio wiąże się z problemem pochodzenia życia organicznego.

⁸ L. G. Kwasza, K strojeniju chondr i chondritow, *Meteoritika*, 26 (1965) 35—58.

⁹ Tamże, 51—54.

3. Problem istnienia mikroorganizmów w chondrytach węglistych

Badanie zawartej w meteorytach materii organicznej stało się możliwe przede wszystkim dzięki zastosowaniu nowoczesnych metod fizykochemicznych: chromatografii, spektrografii, przy użyciu promieni podczerwonych i nadfioletowych, mikroskopii elektronowej, badaniom biochemicznym, mikrobiologicznym itp.

W szczególności badania mikrobiologiczne dostarczyły nieznanymi dotąd danych, wokół których rozgorzały ostre spory, a które do dziś nie doczekały się jednoznacznej interpretacji. Impuls tym dyskusjom dało doniesienie Clausa i Nagy'ego w *Nature* 1961 na temat istnienia pewnych mikroobieków, niepodobnych pod względem morfologicznym do żadnych znanych form mineralnych. Istnienie tych obiektów, nazwanych przez nich „elementami zorganizowanymi”, stwierdzili w chondrytach węglistych: Orgueil (Tarn-et-Garonne, Francja 14. V. 1864), Ivuna (Tanzania 16. XII. 1938), Mighei (USSR 18. VI. 1889) i Murray (Kentucky, USA 20. IX. 1950). Miały one różne kształty i wielkość: jedne koliste z podwójnymi ściankami o średnicy 4—10 μ , nieco większe z wypustkami na powierzchni, tarczowate o ok. 15 μ średnicy, inne walcowate o grubych ścianach, czy wreszcie heksagonalne z nieregularnymi ziarnami w środku. Elementy te uznane zostały przez swych odkrywców za pozostałości mikroorganizmów. Przypominają one żyjące w wodzie glony *Chrysomonades* czy *Dinophlagellas*. W dalszych badaniach, potwierdzających istnienie omawianych elementów, jedni uczeni opowiadali się za tezą, że są to (A) pozostałości i formy pozaziemskiej organizacji biologicznej, inni — że to po prostu (B) właściwe meteorytom ziarna mineralne lub rezultat zakażenia ziemskiego.

(A) W ślady Clausa i Nagy'ego poszli Fitch, Schwarcz i Anders¹⁰, którzy za pomocą roentgenometrii uzyskali różne pod

¹⁰ F. Fitch, H. Schwarcz, E. Anders, „Organized elements” in carbonaceous chondrites, *Nature*, 193 (1962) 1123—25.

względem ciężaru frakcje chondrytu; najcieńsze zawierały troilit i magnetyt i te początkowo uważali za „elementy zorganizowane”. Ale wykryli też cząstki okrągłe i płaskie, a we frakcji lekkiej — sferyczne. Również Briggs i Kitto stwierdzili istnienie takich cząstek w meteorycie Mokoia (N. Zelandia 26. XI. 1908), którego próbki stosowano jako pożywki dla bakterii i grzybów¹¹. Ponadto próbki te zadawano substancjami barwiącymi np. fuksyną. Niektóre elementy okrągłe barwiły i te uznano za związki organiczne zadsorbowane na ziarnach mineralnych. W dalszych doświadczeniach Claus, Nagy wraz z Hennessy'm w 1962 r. w badanych chondrytach oraz we fragmentach meteorytu Aláis (Francja 15. III. 1806) i Tonk (India 22. I. 1911) zidentyfikowali m. in. *Apolinarisphaera meteoritcola* i *Dianophore berzelii*, a w następnym roku (wraz z D. Europą) donieśli o dodatkowych badaniach nad naturą „elementów zorganizowanych” twierdząc, że nie mają one żadnych cech wspólnych z formami ziemskimi¹². Staplin zidentyfikował nowe formy skamieniałych mikrocząstek: *Clausisfera fisa* i *Coelestites sexangulatus*. W latach następnych tacy badacze, jak Briggs, Botan, Mami-kunian, Palik, Tasch i inni wyodrębnili ponad 30 różnych gatunków „elementów zorganizowanych” uznając je za właściwe chondrytom węglistym sfosylizowane mikrocząstki organizmów pozaziemskich¹³.

(B) Przeciwstawne wyżej opisanemu stanowisku, reprezentowane m. in. najpierw przez Andersa i Fitcha, a następnie przez

¹¹ M. Briggs, G. Kitto, Complex organic micro-structures in the Mokoia meteorite, *Nature*, 193 (1962) 1126—27; por. M. Briggs, Evidence of an extraterrestrial origin for some organic constituents of meteorites, *Nature*, 197 (1963) 1290 n.

¹² G. Claus, B. Nagy, D. Europa, Further observations on the properties of the „organized elements” in carbonaceous chondrites, *Ann. N. Y. Acad. Sci.*, 108 (1963) 580—605; por. G. P. Wdowykin, Uglerodistoje weszczestwo meteoritow, 71—72.

¹³ Por. H. C. Urey, Lifelike forms in meteorites, *Science*, 137 (1962) 623—26; J. Hayes, Organic constituents of meteorites, *Geoch. et Cosmoch. Acta*, 31 (1967), n. 9.

Muellera, Wdowykina, Fredrikssona, Urey'a, Orcela, Alperna, Bernala i innych przyjmuje, że „elementy zorganizowane” są dość prostymi morfologicznie ziarnami mineralnymi, często jako komponenty bituminopodobne, jako cząstki silikatowe lub ultramikrochondry, czasem otoczone błoną węglową lub z minerałów chlorytu, limonitu lub serpentynu. Mueller opisał kilka typów ziaren mineralnych: magnetytu, troilitu (heksagonalne), limonitu, oliwinu — uznawane przez niektórych za „elementy zorganizowane”. Mikrochondry w chondrytach z większą zawartością węgla są mniejsze, z mniejszą zawartością węgla są większe.

Poza różnego typu „elementami zorganizowanymi” w meteorytach węglistych wykryto mikroorganizmy będące rezultatem ziemskiej kontaminacji np. *B. cereus*, *B.adius*, *Staphylococcus epidermidis*, spory, grzyby, pyłki organiczne itp. Za wielu autorami Wdowykin przyjmuje wniosek ostateczny, że tzw. „elementy zorganizowane”, morfologicznie podobne do resztek mikroorganizmów, przedstawiają różnorodne twory będące bądź cząstkami strukturalnie związanymi z meteorytem (ultramikrochondry), bądź wynikiem kontaminacji w trakcie spadku lub obróbki laboratoryjnej. Autor ten utrzymuje, że związki organiczne w meteorytach mogły powstawać samorzutnie i nie mają nic wspólnego z elementami biologicznie zorganizowanymi, nie stanowią więc jakiejś „pozaziemskiej formy życia”¹⁴. Zdaniem J. Orcela „nie ma dotąd żadnego bezspornego dowodu istnienia skamieniałych mikroorganizmów w meteorytach węglistych”¹⁵.

Orcel uważa, że obecnie przy badaniu meteorytów węglistych za pewne przyjąć można fakty następujące¹⁶: a) podstawowe elementy, zwłaszcza mineralne, w chondrytach węglistych są podobne do zwykłych chondrytów, zwłaszcza bo-

¹⁴ G. P. W d o w y k i n, dz. cyt., 80.

¹⁵ J. O r c e l, Les météorites carbonées apportent-elles la preuve de l'existence d'une vie organisée extra-terrestre?, w: André Thomas (ed.), Biogénèse, Paris 1967, 121.

¹⁶ Tamże, l. c.

gatyh w żelazo; b) zawartość związków organicznych pochodzenia pozaziemskiego; c) zawartość pewnych minerałów pochodzenia pozaziemskiego np. $MgSO_4$, $H_4Mg_3Si_2O_9$; d) wyższa niż w chondrytach niewęglowych zawartość gazów He, Ne, A, Kr, Xe, oraz Cl, Zn, Ge, Te, J, Hg, Pb, Bi.

Biorąc powyższe pod uwagę, powiedzieć możemy za Pokrzywnickim^{16a}, że „elementy zorganizowane” niekoniecznie muszą być związane z organizmami, jakie ewentualnie istniały na meteorytach lub ich ciałach macierzystych. Dzisiaj wiadomo, że na drodze laboratoryjnej można zsyntetyzować bardzo wiele związków organicznych i dlatego nic nie stoi na przeszkodzie do uznania tezy, że takie związki tworzyły się samorzutnie poza ziemią, w odpowiednich warunkach abiogennych, na drodze polimeryzacji chemicznej. Stąd też problem natury i genezy „elementów zorganizowanych” oraz związków organicznych, o których niżej, musi być rozpatrywany w dalszych badaniach łącznie z zagadnieniem pochodzenia meteorytów w ogóle.

4. Badania zawartości materii organicznej meteorytów

Wspomniano wyżej, że już w XIX w. znano kilka związków organicznych w meteorytach, jednak z braku odpowiednich metod nie zostały one dostatecznie poznane. Dopiero w ostatnich latach wraz z wykryciem „elementów zorganizowanych” zidentyfikowano wiele związków organicznych dzięki nowym metodom mikroanalizy chemicznej. Najpierw poddano badaniu meteoryt Cold Bokkeveld (Afryka Połudn. 13. X. 1838), z którego Mueller wyekstrahował substancje organiczne, zawierające pewną ilość chlorowców. Szczegółowemu badaniu poddano komponentę bituminową o znacznych ilościach węglowodorów i ich pochodnych. Wykryto m. in. węglowodory ali-

^{16a} J. Pokrzywnicki, Jeszcze o pozostałościach organicznych w meteorytach, *Urania*, 34 (1963) 237; por. A. Wróblewski, Mikroorganizmy w meteorytach, *Urania*, 33 (1962) 107—108.

fatyczne o liniowej strukturze łańcuchów, nasycone (n-parafiny, cykloparafiny), policykliczne związki aromatyczne, metyl i grupy metylowe¹⁷. Briggs¹⁸ w meteorycie Mokoia i Haripura (India 17. I. 1921) stwierdził obecność związków organicznych z grupami aromatycznymi, alifatycznymi, karboksylowymi, fenolowymi, z nienasyconymi grupami alilowymi i winyłowymi, a za pomocą chromatografii bibułowej zidentyfikował, najpierw sam, potem z Mamikunianem, takie np. kwasy organiczne: 3,5-dehydroksybenzoinowy, 2-,3-,4-hydroksybenzoinowy, 4-hydroksyfenylooctowy i różnego rodzaju kwasy tłuszczowe. Te ostatnie w meteorycie Orgueil badali Nagy i Bitz¹⁹ stwierdzając, że są to kwasy z liczbą atomów od C₁₄ do C₂₈ według wzoru C_nH_{2n}O₂. Pod względem ilości wyróżniał się kwas palmitynowy (C₁₆H₃₂O₂) stearynowy (C₁₈H₃₆O₂), heptakozanowy (C₂₇H₅₄O₂). Obecność kwasów tłuszczowych potwierdził także Hayatsu²⁰ oraz Murphy i Nagy (1966).

Meinschein, Nagy i Hennessy²¹ badając frakcje meteorytów Orgueil i Murray, zidentyfikowali wiele węglowodorów, zestawionych w Tab. I.

W tych samych meteorytach, oraz w Cold Bokkeveld Studier, Hayatsu i Anders stwierdzili także znaczną ilość węglowodorów aromatycznych, zwłaszcza benzole, naftaleny, antraceny

¹⁷ B. Nagy, W. G. Meinschein, D. Hennessy, Review of earlier work on carbonaceous material and organized elements in meteorites, *Science*, 150 (1965) 380.

¹⁸ M. Briggs, Organic extracts of some carbonaceous meteorites *Life Sci.*, I (1963) 63.

¹⁹ B. Nagy, M. Bitz, Long-chain fatty acids from the Orgueil meteorite, *Arch. Biochem. Biophys.*, 101 (1963), n. 2, 240—248.

²⁰ R. Hayatsu, Orgueil meteorite: organic nitrogen contents, *Science*, 146 (1964) 1291—92.

²¹ W. G. Meinschein, Nagy B., D. Hennessy, Evidence in meteorites of former life: the organic compounds in carbonaceous chondrites are similar to those found in marine sediments, *Ann. N. Y. Acad. Sci.*, 108 (1963), n. 2; W. G. Meinschein, Alkanes in fragments of the Holbrook, Homestead and Wacondo meteorites, *Science*, 150 (1965) 369.

Tabl. I. Rodzaj i zawartość węglowodorów w dwu meteorytach. Dane uzyskane przez Menscheina, Nagy'ego i Hennessy'ego 1963. Według G. P. Wdowykina 1967, s. 103k

Grupa związków oraz stosowany rozpuszczalnik	Uzyskane węglowodory	Zawartość w %	
		Orgueil	Murray
Nasycone węglowodory (n — C ₂)	n-parafiny	17,57	16,49
	monocykloalkany	28,86	17,28
	bicykloalkany	17,16	18,06
	tricykloalkany	11,83	13,87
	tetracykloalkany	11,25	13,18
	pentacykloalkany	6,41	10,12
	heksacykloalkany	6,91	10,99
Nasycone i nienasycone ze śladami aromatycznych (CCl ₄)	n-parafiny	16,78	—
	monocykloalkany	22,52	—
	bicykloalkany	9,86	—
	tricykloalkany	15,87	—
	tetracykloalkany	17,00	—
	pentacykloalkany	7,10	—
	heksacykloalkany	10,87	—
Węglowodory aromatyczne (C ₆ H ₆)	alkilbenzole	5,11	4,73
	naftaleny	16,56	3,65
	acenafteny	17,75	7,72
	acenaftileny	11,10	2,81
	fenantreny	20,95	6,36
	diacenaftileny	4,01	4,75
	pireny	1,43	13,14
	chrizeny	0,55	7,57
	acepireny	1,09	2,93
	benzopireny i inne	21,45	46,34

i inne²². W badanych około 20 meteorytach Oró i Nooner²³ w 1967 r. stwierdzili występowanie alkanów i ich izomerów z ilością atomów węgla od 15—30 w łańcuchu.

²² M. H. Studier, R. Hayatsu, E. Anders, Organic compounds in carbonaceous chondrites, *Science*, 149 (1965) 1455—59 i *Science*, 150 (1965) 386.

²³ J. J. Oró, D. W. Nooner, Paraffinic hydrocarbons in carbona-

Związki heterocykliczne w chondrytach węglistych reprezentowane są przez porfiryny i metalo-porfiryny. Na obecność tych związków w tworzywie bituminowym meteorytów wskazywać ma wysoka zawartość siarki i heteroatomów. Baker i Hodgson²⁴ badając próbki meteorytu Orgueil stwierdzili obecność pigmentów nie dających się odróżnić od skamieniałości porfiryńowych dawnych skał ziemskich. Autorzy wskazują na duże trudności wykrywania tego rodzaju związków. Chloryny nie znaleziono. Zawartość porfiryny w meteorycie Mighei badał także Wdowykin²⁵ podkreślając przy tym, że nieobecność chloryny dodatkowo świadczy o tym, że porfiryny w meteorycie — o ile w ogóle istnieją — mają pochodzenie abiogenne. Chloryna, jak wiadomo, różni się od porfiryny tylko dodatkowymi dwoma atomami wodoru dołączonymi do podwójnego wiązania w pierścieniu pyrolowym. Chlorofil posiada taki centralny pierścień chloryny z charakterystycznymi łańcuchami bocznymi. To według Ureya²⁶ wskazuje na podobieństwo do starych ziemskich skał osadowych, powstałych w środowisku o niskiej temperaturze, oraz do ropy naftowej. Jeśli rzeczywiście wanado- czy nikloporfiryna jest obecna w meteorytach, czego nie dowiedziono, mogłoby to świadczyć o istnieniu w nich jakiegoś pra-chlorofilu lub pra-krwinek, których produktem rozpadu byłaby właśnie porfiryna.

W wielu meteorytach Hayatsu (1965), Hayes i Bieman (1967), Calvin (1961) wykryli cykliczne związki azotowe, zasady purynowe i pirymidynowe, benzonitryl i indol, oraz inne wysokomolekularne substancje organiczne.

aceous chondrites, *Science*, 150 (1965) 380; ci sami, Aliphatic hydrocarbons in meteorites, *Nature*, 213 (1967), n. 5081.

²⁴ B. L. Baker, G. W. Hodgson, Improved porphyrin analysis for carbonaceous meteorites, *Science*, 150 (1965) 369; por. W. G. Hodgson, B. L. Baker, Evidence for porphyrins in the Orgueil meteorite, *Nature*, 202 (1964) 125—31.

²⁵ G. P. Wdowykin, Organiczeskoje soedinenija uglistych chondritow (2), *Meteoritika*, 27 (1966) 46.

²⁶ H. C. Urey, Biological material in meteorites: a review, 162.

Badając związki organiczne różnych chondrytów (8 węglistych i 5 niewęglistych) Kaplan, Degens i Reuter w 1963 r. wykryli ok. 17 aminokwasów kwaśnych, zasadowych, neutralnych i aromatycznych²⁷ — zestawionych w Tab. II.

Tabl. II. Zawartość aminokwasów w pięciu chondrytach węglistych. Wydzielone przez Kaplana, Degensa i Reutera 1963. Według G. P. Wdowykina 1967, s. 109.

Rodzaj aminokwasów	Aminokwasy	Aminokwasy w meteorytach w $\mu\text{g/g}$				
		Orgueil	Mighei	Cold Bokkeveld	Murray	Felix
Zasadowe	arginina	7,3	—	—	śl.	—
	ornityna	6,5	—	—	1,5	—
	lizyna	4,4	0,8	1,4	1,0	—
	histrydyna	2,9	—	—	0,5	—
Kwasowe	asparagina	2,9	1,9	2,6	1,4	—
	glutamina	1,8	3,3	3,1	1,7	4,9
Neutralne	glicyna	9,1	3,8	4,9	8,8	6,0
	α -alanina	6,9	3,0	2,1	5,4	4,9
	β -alanina	1,5	—	—	0,6	—
	seryna	12,3	3,4	2,4	7,4	11,2
	prolina	—	1,6	—	0,5	—
	walina	6,5	0,2	—	1,9	1,0
	treonina	4,0	1,6	2,0	1,3	1,8
	leucyna	9,8	2,1	2,7	2,6	3,1
Aromatyczne	tyrozyna	5,1	0,7	0,6	0,7	1,6
	fenylalanina	6,9	0,5	—	0,4	1,4
Zawierające siarkę	cystyna	—	—	—	—	—
	metionina	—	—	—	śl.	—
Suma		87,9	22,9	21,8	35,7	35,9

²⁷ J. R. Kaplan, E. Degens, J. H. Reuter, Organic compounds in stony meteorites, *Geoch. et Cosmoch. Acta*, 27 (1963) 805—834.

Mimo zarzutów ze strony J. Oró i H. B. Skewesa (1965), iż aminokwasy te są wynikiem kontaminacji, dalsze badania Kaplana²⁸ oraz E. Andersa, E. DuFresne, R. Hayatsu, A. Cavail-légo i innych potwierdziły te wyniki. Grupa Kaplana wykryła poza tym w meteorytach Orgueil, Murray, Mokoia, Mighei i Cold Bokkeveld obecność węglanów (cukrów) w ilości od 5—24 $\mu\text{g/g}$, reprezentowanych przez glukozę, mannozę i arabinozę, lecz nie w chondrach, jak aminokwasy, ale w masie meteorytowej. Inni badacze²⁹ w zwykłym chondrycie Bruderheim (Canada 4. III. 1960) i w chondrycie węglistym Murray wykryli około 20 aminokwasów, aminocukry, węglowodany. Podobnie Valentyne³⁰ badał fragmenty Ogrueil na zawartość aminokwasów, potwierdzając badania Kaplana i uzyskując ogółem nieco niższy procent (20,4 $\mu\text{g/g}$) aminokwasów i 3,0 $\mu\text{g/g}$ mocznika. Różnica wynikała z zastosowania odmiennych metod badania.

Przedstawione wyżej fakty wskazują na to, że zasadniczą część składową chondrytów węglistych stanowią spolimeryzowane związki organiczne, biologicznie ważne: węglowodory, węglowodany, kwasy aromatyczne i tłuszczowe, aminokwasy, azotowe związki cykliczne, związki siarkowe. Dodać do tego należy obecność w tych związkach organicznych wolnych rodników organicznych, wykazujących podwyższoną aktywność chemiczną³¹. Wolne rodniki organiczne powstawały w tworzy-

²⁸ J. R. Kaplan, Evidence regarding amino acids and sulphur isotopes in meteorites, *Science*, 150 (1965) 376.

²⁹ Degens E., M. Bajor, Amino acids and sugars in the Bruderheim and Murray meteorite, *Naturwissenschaften*, 49 (1962) 605.

³⁰ J. R. Valentyne, Two aspects of the geochemistry of amino acids, w: The origin of prebiological systems and of their molecular matrices, ed. by S. W. Fox, New York — London 1965, 105—120.

³¹ A. P. Winogradow, G. P. Wdowykin, N. Popow, Swoobodnyje radikały w meteorite Migei, *Geochimija*, 1 (1966) 132; J. Duchesne, J. Depireux et C. Litt, Sur la nature des radicaux libres de la météorite de Cold Bokkeveld, *Compt. Rend. Acad. Sci.*, 259 (1964) 1891—93; F. Villee, J. Duchesne et J. Depireux, Radicaux libres dans les météorites carbonées, *Compt. Rend. Acad. Sci.*, 258 (1964) 2367—68.

wie meteorytów pod wpływem różnego rodzaju promieniowania. Pomija się tu wszechstronne badania nad aktywnością optyczną tych związków.

Zarówno więc skład mineralogiczno-chemiczny, jak zwłaszcza obecność wysokomolekularnych związków organicznych i wolnych rodników decyduje o wyjątkowości chondrytów węglistych wśród innych meteorytów; stąd stanowią one szczególnie ciekawy materiał i przedmiot analiz dla tych, którzy są zainteresowani problemami genezy i ewolucji materii żywej.

5. Problem pochodzenia materii organicznej chondrytów węglistych

O ile badania mineralno-chemiczne elementarnej i strukturalnej zawartości chondrytów węglistych przedstawiają wcale pokaźną ilość dobrze ugruntowanych faktów, o tyle zagadnienia związane z pochodzeniem tego typu chondrytów, a zwłaszcza interesującej nas materii organicznej i „elementów zorganizowanych” mieści się nadal w sferze domysłów i mało uwierzytelnionych hipotez.

Wszystkie hipotezy o pochodzeniu meteorytów i zawartej w nich materii organicznej opierają się w punkcie wyjścia na faktach następujących:

a. związki organiczne, zawarte w chondrach lub przestrzeniach międzychondrowych, mające postać od amorficznych wysokomolekularnych substancji organicznych aż do takich, które częściowo uległy grafityzacji, nie są rezultatem ziemskiej kontaminacji, lecz stanowią integralną część strukturalną chondrytów węglistych;

b. materia organiczna meteorytów węglistych wraz z minerałami organicznymi pod względem swego układu i struktury wykazują duże podobieństwo ze składem i rozmieszczeniem wewnętrznym klas związków organicznych różnych obiektów geologicznych i ziemskich substancji humusowych;

c. eliptyczny kształt orbit zaobserwowanych przy spadaniu niektórych meteorytów oraz rozmieszczenie atomowe elementów w meteorytach i na słońcu wskazuje na ich związek genetyczny z systemem słonecznym;

d. podobieństwo mineralno-chemiczne pomiędzy różnymi klasami meteorytów oraz ich skład izotopowy wskazuje na ich pierwotną genezę z jednego tworzywa wspólnego;

e. mała gęstość większości chondrytów dowodzi o ich kształtowaniu się w polu słabego przyciągania³².

Biorąc pod uwagę strukturę i właściwości meteorytów wysuwano różne hipotezy dotyczące ich powstawania oraz rozmiarów, ilości i umiejscowienia w systemie słonecznym ciał macierzystych dla meteorytów. Przypuszcza się, że były to ciała natury asteroidalnej, planetowej lub wreszcie księżycowej. Według Urey'a³³ meteoryty żelazne powstały z asteroidalnego pasa pomiędzy Marsem i Jowiszem, a węglowe z księżycyca wskutek zderzeń komet. Autor ten przyjmuje nawet tezę, że ziemskie twory organizmalne zostały wyrzucone na księżyc i znalazły się w meteorytach, których znikoma część dociera do nas. To wydaje się mało prawdopodobne. Carl Sagan przypuszcza również, że duża ilość polimerów materii organicznej znajduje się na księżycu i Marsie. Zajmując się w nawiązaniu do hipotezy S. Arrheniusa mechanizmem przenoszenia zarodków życia pod wpływem ciśnienia światła, Sagan poszukuje również argumentów na korzyść hipotezy o istnieniu pomiędzy orbitami Marsa i Jowisza większej planety, która rozpadła się na asteroidy, dając początek meteorytom³⁴. Po-

³² Te i inne dane za B. Masonem, *Meteorites*, New York — London 1963 podaje G. P. Wdowykin, *Uglerodistofe weszczestwo meteoritow*. 197—8; por. J. Duchesne, *Les météorites carbonées et la vie extra-terrestre*, w: *Biogénèse*, ed. par A. Thomas, 102—109.

³³ H. S. Urey, *Origin of life-like forms in carbonaceous chondrites*, *Nature*, 193 (1962) 1119 n.; por. N. H. Horowitz, S. L. Miller, *Current theories on the origin of life*, *Fortsch. Chemie org. Naturstoffe*, 20 (1962) 455—54.

³⁴ J. Pokrzywnicki, *Hipoteza panspermii w obliczu współczes-*

dobne przypuszczenia na temat genezy asteroid wysuwał Olbers.

Niektórzy badacze (Claus, Nagy, Hennessy, Meinschein) uważają meteoryty za odłamki ciała kosmicznego o rozmiarach planety, na którym istniały sprzyjające warunki dla rozwoju życia, zwłaszcza zaś środowisko wodne. Dowodem tego mogłyby być „elementy zorganizowane”.

W złożonym i długotrwałym procesie ewolucji ciał asteroidalnych dokonywał się metamorfizm hydrotermiczny i pneumatolityczny tworzywa meteorytów, dyfuzja w stanie stałym i podział faz³⁵. Ważną rolę w tych przemianach, w warunkach kosmicznych, odgrywało nagrzewanie nierównomierne, co dziś uwidacznia się w tym, że w meteorytach występują miejsca jaśniejsze i ciemniejsze.

Powstawanie meteorytów zawierających materiał organiczny dokonywało się równocześnie z ewolucją tworzywa mineralnego macierzystych ciał asteroidalnych. Zdaniem Kwaszy³⁶ istnieją obecnie dwie hipotezy pochodzenia chondrytów węglistych. Według pierwszej chondryty te są zmienionymi bądź w trakcie tworzenia się, bądź już po ukształtowaniu, meteorytami, przy czym zmiana następowała pod wpływem temperatury, wilgoci lub ciśnienia atmosferycznego. Przemawiać ma za tym budowa chondrytów zawierających chloryt. Druga hipoteza utrzymuje, że chondryty węgliste reprezentują niezmienną lub mało zmienioną substancję pierwotnej formacji. Dodać należy, że obecność w chondrytach węglistych kilku paragenetycznych asocjacji minerałów tłumaczy się zmianą fizykochemicznych warunków ich powstawania i utleniania, uzależnionych od zachowania się gazów w różnym ciśnieniu i róż-

nej wiedzy astronomicznej i meteorytycznej, *Postępy Astronomii*, XI (1963), z. 3, 222.

³⁵ G. P. W d o w y k i n, Uglerodistoje weszczestwo meteoritow, 198.

³⁶ Ł. G. K w a s z a, Meteoryty węglowe, tłum z ros. w: *Biologia i medycyna kosmiczna*, 399.

nych temperaturach³⁷. Stąd geneza różnych meteorytów węglistych może być różna.

Według Masona³⁸ i Ringwooda³⁹ I-sza grupa chondrytów węglistych, według klasyfikacji Wiika, do której należy m. in. Orgueil, Aláis, Ivuna, Tonk, reprezentuje materiał pierwotny, z którego powstały meteoryty węgliste typu II i III, przez dehydratację i utratę części składników lotnych. J. A. Wood jest zdania, że meteoryt Renazzo (Włochy 15. I. 1824) jest przedstawicielem substancji pierwotnej, z której tworzyły się asteroidy i planety. Inni badacze (H. C. Urey, H. Craig 1953) uważają, że chondryty węgliste powstały w wyniku przekształceń zwykłych chondrytów oliwino-piroksenowych.

Na uwagę zasługuje hipoteza wspomnianego Wdowykina, zbliżona do poglądów Masona i Ringwooda, według której chondryty przedstawiają najmniej zmienione tworzywo układu słonecznego. To pierwotne tworzywo zbliżone było do składu chondrytów węglowych I grupy i z niego powstały innego typu meteoryty, a także protoasteroidy i inne planety. Przemawiać ma za tym fakt wysokiej zawartości elementów lotnych, które pierwotnie wchodziły w skład obłoków gazo-pylnych⁴⁰. Kondensacja, a potem różnicowanie się tych substancji następowało pod wpływem energii grawitacyjnej, promieniowania radioaktywnego i reakcji chemicznych. W procesie tworzenia macierzystych dla meteorytów asteroid część elementów lotnych pozostawała w sferze środkowej, przeważająca zaś ilość pod wpływem nagrzewania przeszła w warstwy ze-

³⁷ Tamże, 392.

³⁸ B. M a s o n, Organic matter from space, *Sci. Amer.*, 208 (1963), 3, 43; por. jego The carbonaceous chondrites, *Space Sci. Rev.*, 1 (1962—63) 621—646.

³⁹ A. E. R i n g w o o d, The origin of high temperature minerals in carbonaceous chondrites, *Journ. Geophys. Res.*, 68 (1963) 1141 n.; tegoż autora Genesis of chondritic meteorites, *Rev. Geophys.*, 4 (1966), n. 2.

⁴⁰ G. P. W d o w y k i n, K proischożdeniu uglistych chondritow, *Meteoritika*, 26 (1965) 163—7; por. jego Ūglistoje weszczestwo meteoritow w swjazi s ich proischożdienijem, *Geochimija*, 4 (1964) 299.

wewnętrzne, reagując tam ze składnikami mineralnymi, o czym świadczą „wydrążenia gazowe” w silikatowych składnikach chondrytów. Zewnętrzna powierzchnia asteroid tworzyła się przy stosunkowo niewysokiej temperaturze pod wpływem nacisku elementów lotnych⁴¹.

Na podstawie analizy porównawczej rozmieszczenia atomowego elementów w meteorytach i na słońcu Winogradow⁴² przyjmuje, że istnieje podobieństwo struktury substancji obydwu tych ciał, oraz że chondry meteorytów kamiennych jako składniki najpierwotniejsze, powstały w wyniku wyrzucenia składników słonecznych przy pewnych procesach metastabilnych i późniejszej kondensacji silikatów oraz żelaza, z którego tworzyły się meteoryty żelazne. Twory te skupiały się w większe ciała, a zawarty w nich materiał różnicował się na kilka typów meteorytów⁴³.

Jeśli się uzna, że wszystkie chondryty węgliste zawierają gazy szlachetne związane z elementami mineralnymi i że gazy te są względnie niezmienionymi relikdami pierwotnej fazy gazu, to można za Studierem, Hayatsu i Andersem⁴⁴ przyjąć dwa sposoby wyjaśnienia początku związków organicznych w meteorytach:

1. wysokoenergetyczne procesy nierównowagi (nonequilibrium); przyjmuje się na ogół, że procesy te miały miejsce w zredukowanej atmosferze CH_4 , NH_3 , H_2O , ponieważ

⁴¹ G. P. W d o w y k i n, K proischożdeniju ugliстых chondritow, 164. Według G. Müllera (Significance of inclusions in carbonaceous meteorites, *Nature*, 210, 1966, n. 5032) tworzenie chondrytów dokonywało się podczas szybkiego oziębiania się cząstek wędrujących ku strefom zewnętrznym.

⁴² A. P. W i n o g r a d o w, Atomnyje razprostranennosti chemiczeskich elementow Solnca i kamennych meteoritow, *Geochimija* 1964, n. 4.

⁴³ G. P. W d o w y k i n, Uglerodistojie weszczestwo meteoritow, 200; por. J. A. W o o d, On the origin of chondrules and chondrites, *Icarus*, 2 (1963) 152—180.

⁴⁴ M. H. S t u d i e r, R. H a y a t s u, E. A n d e r s, Organic compounds in carbonaceous chondrites, *Science*, 149 (1965) 1456—57.

Urey wykazał, że C, N, O były obecne w formie swych wodoroków w chłodnych mgłach kosmicznych;

2. procesy równowagi — tzn. reakcje pomiędzy składnikami fazy gazu w warunkach równowagi dynamicznej.

Autorzy opowiadają się za procesami drugiego typu, jakie odbywały się w mgłach słonecznych, mających pierwotnie skład kosmiczny (m. in. H_2 , CH_4 , H_2O). Przypuszcza się, że w ten sposób tworzyły się nie tylko badane przez nich meteoryty Orgueil, Cold Bokkeveld i Murray, ale i inne meteoryty, a nawet materia organiczna w kometach i planetach wewnętrznych. Być może — uważają oni — że znaczna część materii organicznej na ziemi powstawała nie według reakcji Millera-Urey'a w atmosferze ziemskiej, lecz przez procesy równowagi w mgłach słonecznych. Hipotezę tę omawiali i krytykowali inni badacze⁴⁵ na łamach *Nature*.

Dodajmy, że wielokrotnie badano skład izotopowy meteorytów. Wiek chondrytów węglistych (wg Ł. Kwaszy 1963), obliczony za pomocą ^{40}Ar waha się w granicach od 1,5—4,5 mld lat, a czas ich przebywania w przestrzeni kosmicznej, określony za pomocą ^{21}Ne wynosi od 1,6—56 mil. lat. Nie wszystkie oczywiście meteoryty powstały w tym samym czasie, ani niekoniecznie wskutek działania tych samych mechanizmów ogólnych⁴⁶.

Odnosnie powstawania związków organicznych w meteorytach, w szczególności aminokwasów, Valentyne⁴⁷ za Kaplanem, Degensem i Reuterem przytacza cztery możliwości:

⁴⁵ H. C. Urey, J. S. Lewis, A. Burlingame, H. K. Schnoes, R. Hayatsu, E. Anders, Organic matter in meteorites, *Science*, 152 (1966) 102—107.

⁴⁶ J. R. Valentyne, art. cyt., 112. Na temat genezy i wieku meteorytów por. E. Anders, On the origin of carbonaceous chondrites, *Ann. N. Y. Acad. Sci.*, 108 (1963) 514—533; Ł. G. Kwasza, Uglistyje chondryty, w: Abiogenez i naczalnyje stadii ewolucji zizni, Moskwa 1968; R. A. Fish, G. Goles, E. Anders, The record in the meteorites: III. On the development of meteorites in asteroidal bodies, *Astrophys. Journ.*, 132 (1960) 243.

⁴⁷ J. R. Valentyne, dz. cyt., 112—17.

1. powstanie na drodze katalizy w trakcie laboratoryjnej obróbki próbek;
2. kontaminacja przez materię ziemską w czasie od spadku do rozpoczęcia analizy;
3. biogeneza (ziemska lub pozaziemska);
4. abiogeneza (ziemska lub pozaziemska).

Badacze ci z wielu racji wykluczają trzy pierwsze możliwości przyjmując, że synteza chemiczna stanowi najprawdopodobniejszy sposób genezy węglowodorów, aminokwasów i innych składników meteorytów. Mimo to dane, jakimi dysponujemy, nie pozwalają — zdaniem Valentyne'a — na definitywne rozróżnienie pomiędzy tym, co ziemskie i pozaziemskie, biogenne i abiogenne, dawne i współczesne⁴⁸. Wydaje się, że dwie pierwsze możliwości, przynajmniej dla niektórych fragmentów materiału meteorytowego można wykluczyć z całą pewnością, natomiast odnośnie biogenezy pozaziemskiej podaje się na ogół jedynie argumenty negatywne. Być może, dalsze badania, a zwłaszcza analiza przywiezionych próbek materiału księżycowego rzuci nowe światło na ten problem.

Po tej linii rozumowania idzie Bernal, według którego materia organiczna meteorytów:

1. została wyprodukowana przez pewne formy życia. Proces ten musiałby zachodzić na macierzystym ciele rozmiarów planety, z którego oderwały się meteoryty przez proces fragmentacji. Jeśli czas biegu meteorytu Orgueil oblicza się na ok. 200 mil. lat, wówczas procesy życiowe mogły rozwijać się w okresie wystarczająco długim do wytworzenia łańcuchów węglowodoru. Pas asteroidalny między Marsem i Jowiszem, mający według Andersa (1960) temperaturę -50°C , a tym samym brak wody płynnej, nie sprzyjał procesom ewolucji chemicznej;

2. wyprodukowane przez całość procesów nieorganicznych, poczynąwszy od kondensacji pierwotnych gazów słońca⁴⁹. Pro-

⁴⁸ Tamże, 116.

⁴⁹ J. D. Bernal, Significance of carbonaceous meteorites in theories on the origin of life, *Nature*, 190 (1961) 130.

mieniowanie kosmiczne oraz „cząstki słoneczne” sprzyjały tworzeniu i polimeryzacji materiału węglistego, zgodnie z przytoczonymi wyżej poglądami Masona.

Hipoteza druga unika trudności pierwszej, ale sama wymaga jeszcze dalszych badań dla swego potwierdzenia. W wypadku pozaziemskiej genezy związków organicznych w meteoroidach trzeba by przyjąć znaczne podobieństwo zarówno między składem pierwotnego bulionu (tzw. primitive soups) i organizmami ziemskimi, jak i między organizmami ziemskimi i pozaziemskimi⁵⁰.

Skoro większość uczonych na podstawie dokonanych analiz zawartej w meteoroidach materii organicznej opowiada się za jej abiogennym pochodzeniem, w takim razie narzuca się konieczność skonfrontowania wyników tych badań z treścią biochemicznej teorii abiogenezy.

6. Znaczenie badań kosmochemicznych dla teorii abiogenezy

Wspomniano już, że liczne dyskusje na temat natury „elementów zorganizowanych” i w ogóle materii organicznej zawartej w chondrytach węglistych, choć dalekie jeszcze od definitywnego rozwiązania, przyczyniły się do skryształizowania poglądu, przyjmowanego dziś przez przeważającą większość badaczy meteoroidów, że zawarty w tych ciałach materiał organiczny został ukształtowany, zgodnie z prawami przyrody znanymi z naszych ziemskich warunków (a może i innymi), w długotrwałym procesie rozwojowym, w sposób czysto chemiczny, drogą abiogenną.

Wniosek ten, nie przesądzający jeszcze o istnieniu lub nieistnieniu życia organicznego na jakimkolwiek ciele niebieskim i ewentualnie jego wędrowkach w kosmosie, a tym samym nie potwierdzający wniosków płynących z hipotez Richtera i Arrheniusa, nie jest jednak wnioskiem negatywnym dla tych,

⁵⁰ J. R. Valentyne, dz. cyt., 116.

k którzy od strony biochemiczno-ewolucyjnej badają odwieczny problem pochodzenia życia organicznego na ziemi.

Ogromne znaczenie badań kosmochemicznych dla zagadnienia pochodzenia życia organicznego zasadza się na tym, że śledzenie rozwoju materii kosmicznej pozwala wyświetlić wiele niejasnych datąd punktów w badaniu wczesnych stadiów abiogennego kształtowania się i kompleksyfikacji związków organicznych na ziemi.

Twierdzenie to stanie się w pełni zrozumiałe dopiero po przedstawieniu argumentów na korzyść tezy o pozaziemskim abiogennym pochodzeniu różnorodnych związków organicznych zawartych w meteorytach.

Argumenty tego typu można uszeregować następująco⁵¹:

1. Aktywność optyczna jest przysługującą jedynie związkom organicznym zdolnością skręcania płaszczyzny światła spolaryzowanego i świadczy o biogennym pochodzeniu tych związków. Wielokrotne badania (Briggs, Mueller, Wdowykin, Kaplan ze współpr., Hayatsu, Rouy, Carroll i inni) fragmentów różnych meteorytów wykazały całkowity brak aktywności optycznej meteorytów. Nagy, Murphy i współpr. stwierdzili nieznaczną lewoskrętność substancji meteorytu Orgueil, lecz sami uznali, że pochodzi to z kontaminacji, lub stanowi artefakt wywołany polaryzatorem;
2. Za abiogennym pozaziemskim pochodzeniem związków organicznych w meteorytach przemawia nieobecność porfiryryny. Wprawdzie Baker i Hodgson, jak zaznaczono wyżej, wykryli istnienie pigmentów porfiryryny, lecz wyników tych badań nie potwierdzono. Obecnie zresztą przyjmuje się, m. in. S. Fox, że porfiryryna mogła tworzyć się abiogennie;
3. Duża ilość chloru (2—3%) w związkach organicznych meteorytów w porównaniu ze zawartością jego i to jako chloru nieorganicznego w minerałach górskich (do 0,002%);

⁵¹ G. P. Wdowykin, Uglerodistoje weszczestwo meteoritow, 188—191.

4. podobnie stosunek O/H w związkach organicznych meteorytów (0,5—1) wyróżnia je od ziemskich związków organicznych, w których ten stosunek waha się w granicach od 0,0—0,25;
5. tak samo wyższa zawartość związków organicznych cyklicznych, zwłaszcza pochodnych triazyny;
6. prosty w porównaniu ze związkami pochodzenia biogenne go skład wielojądrowych aromatycznych węglowodorów;
7. charakter rozmieszczenia związków organicznych w różnych chondrytach;
8. skład izotopowy C i H, zwłaszcza obecność izotopu ciężkiego C³¹, szczególnie D, zdaniem Boato i Briggsa świadczy o kosmicznym abiogennym pochodzeniu związków meteorytowych.

Te i inne dane, coraz liczniejsze w miarę nowych badań, wskazują w sposób dostatecznie pewny na to, że tworzenie meteorytowych związków organicznych nie było spowodowane procesami wtórnymi typu biologicznego, lecz pierwotną syntezą natury czysto chemicznej, bądź na samych meteorytach, bądź na ciele protometeorytowym. Według Oparina przyjęć można jako fakt, dowiedziony na podstawie danych chemii i mineralogii chondrytów węglowych i badań ich genezy, że związki węgliste tych meteorytów pojawiły się w trakcie abiogennych procesów fizykochemicznych, całkowicie niezależnie od życia⁵². Autor ten opowiada się za hipotezą Bernala, według której pierwotną ewolucję związków organicznych przesunąć trzeba do okresu tworzenia się naszego układu planetarnego. Wielkocząstkowe polimery związków organicznych tworzyły się pod wpływem promieniowania słonecznego i kosmicznego na pokrytych gazami cząstkach pyłu kosmicznego. Gazy te ulatniały się przy podwyższonej temperaturze, zaś pozostające

⁵² A. O p a r i n, *Żizn, jeje priroda, proischożdenie i razwitiie*, Moskwa 1968, 40; por. jego *Powstanie życia na ziemi*, tłum. J. Nowicki, Warszawa 1968, 88.

związki organiczne dały początek substancjom, które dziś można bezpośrednio badać w meteorytach. Przy obniżeniu temperatury mogła wytworzyć się ziemia, zyskując na swej powierzchni gotowe związki organiczne typu chondrytowego, które sprzyjały późniejszej genezie życia⁵⁴. Oczywiście, była to nieznaczna ilość substancji organicznych, większość nie pochodziła z tego materiału kosmicznego, a tworzyła się samorzutnie w trakcie kształtowania się skorupy ziemskiej.

Stąd też, zdaniem samego Bernala, syntetyczne podejście do problemu genezy życia nie może ograniczać się do badania jedynie warunków ziemskich, lecz uwzględniać musi początek życia w ogóle, a więc musi analizować również początek przedżyciowych stadiów rozwoju związków węgla i azotu. W tym aspekcie nie można pominąć wyników badania chondrytów węglistych. Zawartość związków organicznych w tych meteorytach sugeruje według Bernala konieczność modyfikacji biochemicznej teorii Oparina — Haldane'a, analizującej sposób tworzenia się związków węgla⁵⁴. Materiał organiczny zawarty w meteorytach stanowi jedyne bezpośrednio znane nam prymitywne związki węgla. Stąd wielka wartość heurystyczna badania chondrytów węglistych polega na tym, że otwierają nowe perspektywy poznania procesu abiogenego wytwarzania substancji, z których uformowała się nasza planeta⁵⁵.

Badania chondrytów węglistych potwierdziły między innymi:

1. naturalną możliwość kompleksyfikacji i abiogennej polimeryzacji związków organicznych, zakładaną w hipotezie Oparina — Haldane'a;
2. fakt syntezy pierwotnej w środowisku beztlenowym, przy względnie niskiej temperaturze i małej grawitacji;

⁵³ A. Oparin, *Życie, jego природа, происхождение i развитие*, l. c.

⁵⁴ J. D. Bernal, *Molecular matrices for living systems*, w: *The origins of prebiological systems...*, 67—70.

⁵⁵ A. Oparin, *Powstanie życia na ziemi*, 85, 88.

3. fakt nie nagrzewania się powyżej 300°C ze względu na obecność niektórych minerałów, oraz wody wolnej (H_2O^-) i związanej (H_2O^+).

Wszystko to wskazuje na fakt, że analiza meteorytów odgrywa ważną rolę w badaniu początków życia wskutek pewnego podobieństwa zarówno tworzywa i warunków praziemskich do tworzywa i warunków formowania się substancji organicznych meteorytów węglistych. Ponadto, jak sugeruje Bernal⁵⁶, badania te byłyby próbą kosmicznego wyjaśnienia genezy hipotetycznego materiału, zwanego w teorii Oparina „pierwotnym bulionem oceanicznym” oraz pierwszych źródeł swobodnej energii dla dalszych przemian chemicznych, prowadzących do pojawienia się życia organicznego.

Recherches cosmochimiques autour des origines de la vie

L'article se divise en six parties: 1. les fondements historiques du problème, 2. la structure minéralogique et chimique des chondrites carbonées, 3. le problème de l'existence des „éléments organisés” comme microorganismes dans les chondrites carbonées, 4. l'examen du contenu de la matière organique de météorites, 5. le problème des origines de la matière organique dans les chondrites, 6. la signification des recherches cosmochimiques pour la théorie de l'abiogénèse.

L'auteur prend la position en faveur de la thèse d'après laquelle l'origine des substances organiques dans les chondrites carbonées n'a pas été le résultat des réactions de type biologique, mais d'une synthèse primitive purement chimique. Elle a eu lieu sur les météorites mêmes ou bien sur leurs propres corps maternels. D'après A. Oparin, ces substances se sont formées durant des processus physicochimiques, et cela tout à fait indépendamment de la vie.

La valeur heuristique des recherches sur les chondrites carbonées se résume en ouverture de nouvelles perspectives dans la compréhension du processus de la création abiotique des substances organiques dans les conditions naturelles. Les chondrites carbonées contiennent les composés de charbon, les seuls qu'on connaît aujourd'hui. Ceux-ci représentent la matière de la période d'avant la formation de la terre

⁵⁶ J. D. Bernal, Molecular matrices for living systems, 70.

(plus de 4,5 milliards d'années). S'il est vrai, comme suggère Bernal, que l'origine de l'évolution primitive de la matière organique se situe déjà en cette période là, aucune hypothèse sur l'origine de la vie sur la terre ne peut ne pas prendre en considération les résultats des recherches sur les substances organiques des météorites. Ceci mène à des sérieuses modifications de la théorie biochimique des origines de la vie.