

Szczepan W. Ślaga

U podstaw biosystemogenezy

Studia Philosophiae Christianae 23/1, 21-51

1987

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

U PODSTAW BIOSYSTEMOGENEZY

Wprowadzenie. 1. Abiogeneza jako proces i jako teoria. 1.1. Modele abiogenezy i ich testowanie. 1.2. Konieczność całościowego ujęcia abiogenezy. 2. Założenia teoretyczne badań systemowych w biologii, 2.1. Nowa postawa w badaniu problemów złożonych. 2.2. Systemowo-całościowa interpretacja życia. 3. Samoorganizacja w procesie ewolucji prebiotycznej. 3.1. Przykład systemowego ujęcia abiogenezy. 3.2. Uogólniony scenariusz modelowy abiogenezy. 3.3. Proces abiogenezy jako system dynamiczny.

WPROWADZENIE

W artykule *Problem abiogenezy w ujęciu Prof. Kazimierza Kłósaka*¹ przedstawiłem próbę ramowej analizy i oceny prac Kłósaka w zakresie problemu genezy życia, posiłkując się w tym celu sformułowanymi przez K. Madsena kryteriami systematologicznymi. Zabieg tego rodzaju doprowadził do wniosku stwierdzającego, iż odnośne dociekania Kłósaka wykazują najwyraźniej znamiona ujęcia systemowego.

Ogólnikowość powyższego wniosku oraz zacieśnienie się do jednego wybranego autora wskazują na potrzebę uzasadnienia w ogóle konieczności systemowego ujęcia problemu abiogenezy oraz opracowania jego podstaw teoretyczno-metodologicznych.

Pierwszym etapem wskazanego uzasadnienia będzie w następnych rozważaniach poszukiwanie niektórych zasadniczych elementów wspólnych dla wielu różnorodnych modeli i teorii wyjaśniających pochodzenie życia i jego istotę. To w następnym etapie prowadzić będzie do stwierdzenia, że najodpowiedniejszym i adekwatnym sposobem całościowej interpretacji życia i jego genezy jest zastosowanie analizy i ujęcia systemowego jako nowej postawy w badaniu problemów złożonych.

Sam twórca biologii organizmalnej i ogólnej teorii systemów, Ludwik von Bertalanffy, wypowiedział się dość sceptycznie na temat możliwości wyjaśniania procesu abiogenezy uza-

¹ Studia Philosophiae Christianae 17(1981)1, 164—172.

sadniając to faktem wielkiej złożoności struktur ożywionych, a tym samym i procesów, jakie doprowadziły do ich wytworzenia². Zdaniem tego badacza nie znamy jeszcze ani specyficznych praw rządzących biosystemami, ani tym bardziej zasad wyjaśniających zapoczątkowanie i rozwój organizacji biologicznej.

Rozwój ogólnej teorii systemów i różnych nurtów systemowych zdaje się dziś wskazywać na to, iż wypracowane przez nie narzędzia badawcze (matematyczne, heurystyczno-metodologiczne, modelowanie, symulacja, analiza i synteza systemowa itp.) umożliwiają podjęcie badania początków życia w sposób systemowy. Warto zwrócić uwagę na to, że niektóre aktualnie rozwijane teorie i modele genezy życia są de facto w całości lub przynajmniej w niektórych swych fragmentach ujęciami systemowymi. Do takich zaliczam przykładowo niżej omówiony model proteinoidowo-mikrosferowy S. W. Foxa. Istnieją także już pewne teoretyczne próby systemowego ujęcia abiogenezy (m.in. A. Locker 1973; E. Jantch 1976, 1981; E. Pakszys, D. Sobczyńska 1984), które mogłyby — po odpowiedniej ocenie krytycznej ich założeń filozoficznych — stanowić punkt wyjścia dla rozważań nad genezą życia ujętą jako całościowy proces historyczny.

1. ABIogeneza JAKO PROCES I JAKO TEORIA

Powstanie życia na Ziemi należy niewątpliwie do problemów bardzo doniosłych a zarazem trudnych i niezwykle skomplikowanych w naukach biologicznych. Intensywny rozwój badań w tym zakresie na przestrzeni ostatnich dziesięcioleci udzielił odpowiedzi na szereg pytań szczegółowych, ale równocześnie zrodził tak wiele nowych problemów, że nadal brak jest jednej zwartej teorii dającej całościowe wyjaśnienie powstania życia. Spośród różnych przyczyn takiego stanu rzeczy wystarczy wskazać na to, że zapoczątkowanie życia miało miejsce we wczesnym historycznie okresie rozwoju naszego globu (ponad $3,5 \times 10^9$ mld lat temu) a ślady procesów życiotwórczych są znikome i mają charakter świadectw pośrednich. Innym powodem jest ogromna złożoność struktur i procesów biologicznych decydująca o tym, że samo życie w swej różnorodności form jest unikalnym, swoistym zjawiskiem, także nie wy-

² Bertalanffy L.von: *Moderne Hypothesen zur Entstehung des Lebens*, Kosmos (Stuttgart) 1956, 255—260, por. też Sz. W. Ślaga: *Charakterystyka koncepcji organizmalnej*, *Roczniki Filoz.* 16(1968)3, 124.

jaśnionym dotąd we wszystkich swoich aspektach. Niemniej jednak mimo wielorakich trudności podejmuje się tak szeroki i wielokierunkowy front badań nad warunkami, czynnikami i mechanizmami procesu abiogenezy, iż trudno byłoby w jakimś jednym schemacie usystematyzować i poklasyfikować wszystkie aktualnie rozwijane koncepcje, hipotezy i modele powstania życia. W tym miejscu ograniczymy się — dla celów dalszych analiz — do ukazania ogólnego obrazu odnośnych badań.

1.1. MODELE ABIOGENEZY I ICH TESTOWANIE

Wprowadzone przez M. Calvina (1956) a zawarte implicite już we wczesnych pracach A. Oparina pojęcie prebiotycznej ewolucji chemicznej w swej treści zasadniczej określa długotrwały proces stopniowego organizowania się materii i wzrost złożoności struktur fizykochemicznych aż do wytworzenia — w procesie ewolucji biochemicznej — systemów protobiontycznych wykazujących właściwości katalizy, replikacji i mutacji. Przyjmuje się, że pod wpływem różnych źródeł energii (m.in. promienie słoneczne, wyładowania elektryczne, radioaktywność, fale uderzeniowe, aktywność wulkaniczna, nagrzewanie itp.) proste związki organiczne (CO , CO_2 , H_2 , H_2O , CH_4 , NH_3 , HCN) przekształcały się w coraz bardziej złożone (aminokwasy, nukleotydy), następnie podlegały różnym reakcjom kondensacyjno-polimeryzacyjnym i oksydoredukcyjnym w pierwotnym środowisku hydroatmosferycznym, prowadząc do wytworzenia prekursorów białek i kwasów nukleinowych. Tworzenie się monomerów i polimerów organicznych, nazywane samoorganizowaniem się materii, następowało dzięki własnościom pierwiastków i prostych związków węgla warunkującym ich współdziałanie w odpowiednim środowisku fizycznym. Szczególną rolę przypisuje się odpowiedniej strukturze pierwotnej atmosfery³ zawierającej główne składniki dla syntezy związków organicznych.

³ S. L. Miller: *The atmosphere of the primitive Earth and the prebiotic synthesis of amino acids*, w: *Cosmochemical evolution and the origin of life*, ed. J. Oró, S. L. Miller, C. Ponnampereuma, R. Young, Dordrecht 1974, 139—151; M. H. Hart: *The evolution of the atmosphere of the Earth*, *Icarus* 33(1978) 23—39; Y. Yung: *Origin and evolution of planetary atmospheres*, *Ann.Rev.Earth Planet.Sci.* 8(1980) 425—436; H. Clemmey, N. Badham: *Oxygen in the precambrian atmosphere — an evaluation of the geological evidence*, *Geology* 10(1982) 141—146; Sz. W. Ślaga: *Geneza i rozwój praatmosfery*, w: *Z zagadnień filozofii przyrodoznawstwa i filozofii przyrody*, Warszawa 1985, t. VII, 281—318.

Zarysowana idea ewolucji chemicznej nie rozwiązuje oczywiście problemu początku życia, nie może też być zweryfikowana przez bezpośrednią obserwację. Niemniej jednak stanowi dobrą — w sensie użyteczności naukowej — podstawę dla tworzenia różnorodnych szczegółowych modeli genezy życia, które podlegają testowaniu tak empirycznemu, jak i teoretycznemu. Innymi słowy, są one testowalne lub przynajmniej konfirmowalne w takim sensie, iż wyciągnięte z nich implikacje są potwierdzane przez dostępne dane naukowe, które na wzór kosmologii⁴ można nazwać obserwabłami biologicznymi. Można je umownie podzielić na trzy grupy: kosmochemiczne, geochemiczne i laboratoryjne. Zanim zostaną one nieco dokładniej scharakteryzowane, zwróćmy uwagę na to, że wszystkie modele abiogenezy muszą opierać się lub zawierać pewne ogólne założenia, jeśli mają być testowalne, a nie pozostawać czystymi konstruktami teoretyczno-mysłowymi. J. Ferris⁵ wymienia cztery tego typu założenia modeli ewolucji chemicznej:

1. Życie organiczne powstało na Ziemi. Nie ma aktualnie możliwości testowania pozaziemskiej genezy życia. Nie znaczy to — dodajmy — iż pewne proste struktury (monomery, oligomery) mogły być zapoczątkowane poza Ziemią, ale już dalszy ich rozwój dokonywał się na naszym globie.

2. Procesy biochemiczne w strukturach przedżyciowych były podobne, choć znacznie prostsze w porównaniu z dzisiejszymi organizmami i zakładały obecność węgla i jego związków, wody i atmosfery. Można jednak rozważać ewentualną możliwość zastąpienia w biosystemie węgla przez np. krzem, a wody przez amoniak.

3. Procesy chemiczne prowadzące do wytworzenia życia dokonywały się w obecności wody i minerałów; w fazie płynnej pH od 6—9 z lokalnymi wahaniami: skład główny atmosfery CO₂, H₂O, nieznaczne ilości O₂, CO, CH₄, H₂, a w warunkach określona koncentracja rozpuszczonego siarkowodoru, cyjanowodoru, amoniaku.

4. Główną siłą napędową procesów syntezy była energia słoneczna (światło widzialne, UV) a nadto inne źródła wspomniane wyżej.

Sformułowane założenia, razem wzięte, stanowią konieczny,

⁴ Por. M. Heller: *Materia — geometria*, w: M. Heller, M. Lubański, Sz. W. Ślaga: *Zagadnienia filozoficzne współczesnej nauki. Wstęp do filozofii przurodu*, Warszawa 1982, 254.

⁵ J. Ferris: *The chemistry of life's origin*, Chemical and Engineering News 62(1984) 27.

choć nie wystarczający warunek konstruowania testowalnych modeli abiogenezy, tzn. pozwalających na porównywanie wyników z nich implikacji i przewidywań teoretycznych z obserwacjami kosmo-geochemicznymi oraz laboratoryjnymi. Testowanie modeli (teorii) zmierza najpierw do uzyskania zeń następstw logicznych czyli zespołu twierdzeń o charakterze zdań empirycznie rozstrzygalnych, a następnie do tego, by na podstawie prawdziwości tych twierdzeń na drodze rozumowania redukcyjnego wnosić o prawdziwości twierdzeń teorii. Testowanie w fazie końcowej jest już swego rodzaju rozumowaniem dedukcyjnym wskazującym na to, że jeżeli hipoteza (teoria, model) jest prawdziwa, to w określonych warunkach powinny wystąpić pewne fakty obserwowalne⁶. Testowanie jest procesem sprawdzania, konfirmacją, która w naukach empirycznych wykazuje charakter względny i probabilistyczny w takim sensie, iż twierdzenia teorii uzyskują tym większe prawdopodobieństwo, im wynikające z nich prawdziwe następstwa logiczne są bardziej różnorodne i bardziej nieoczekiwane⁷. Dany model po dokonaniu testowaniu nie jest równoznaczny z wyjaśnieniem rzeczywistości modelowanej (systemu empirycznego struktur, procesów), której jest pewnym schematycznym uproszczeniem i przybliżeniem, nie zaś wierną kopią. Ponadto te same systemy empiryczne mogą opisywać różne modele i to z różnym stopniem dokładności⁸. W niektórych jedynie przypadkach model sprawdzony, tzn. wykazujący wysoki stopień prawdopodobieństwa, może wyeliminować inny model konkurujący z nim. W przypadku teorii abiogenezy konfirmacja jest szczególnie trudna ze względu na ogromną złożoność czynników i mechanizmów życiowych, wielość dziedzin zaangażowanych w ich badanie, a tym samym wielość tworzonych modeli, a nade wszystko ze względu na nadal cząstkową znajomość środowiska prebiotycznego.

Powracamy do wskazania niektórych obserwacji mających konfirmować wszystkie lub choćby niektóre twierdzenia teorii abiogenezy. Należy do nich przede wszystkim wyniki syntez laboratoryjnych. Przez ostatnie 30-lecie, od czasu pierwszej udanej syntezy aminokwasów (S.L. Miller 1953), udało się otrzymać syntetycznie tak ogromną ilość związków organicznych o znacznej złożoności, że tu wymienić możemy jedynie

⁶ C. Hempel: *Podstawy nauk przyrodniczych*, tłum. B. Stanosz, Warszawa 1968, 17.

⁷ M. Lubański: *Wyjaśnianie a testowanie*, *Roczniki Filoz.* 20(1972) 3, 51.

⁸ M. Heller: dz. cyt., tamże.

przykładowo niektóre ich rodzaje: kwasy organiczne, alkohole, aldehydy, ketony, różne aminokwasy, cukry i zasady azotowe heterocykliczne wchodzące w skład nukleotydów a następnie kwasów nukleinowych. Z monomerów uzyskano następnie przez kondensację czy hydratację egzoenergetyczną różne polimery: kopolipeptydy, wielocukry⁹.

Wielość przeprowadzonych syntez laboratoryjnych wskazuje na łatwość, z jaką w symulowanych warunkach pierwotnej Ziemi z prostych mieszanin wyjściowych przy użyciu różnych źródeł energii tworzą się monomery i polimery organiczne o wzrastającym ciężarze molekularnym, konieczne do powstania pierwszych biosystemów.

Pewne dane wskazują na to, że w niektórych uzyskanych polimerach liniowo ułożonych nukleotydów mógł zachodzić proces przekazu informacji molekularnej jako podstawa późniejszego kodu genetycznego. Zaczątki transkrypcji pojawiają się już w procesie tworzenia się komplementarnego nukleotydu, zanim wytworzy się DNA, RNA czy enzymy. W oparciu o zasadę ciągłości ewolucyjnej Oró podaje pewne fakty wskazujące na podobieństwo reakcji abiotycznej transkrypcji nukleotydów do mechanizmów katalitycznego działania enzymów¹⁰. Dalsze etapy ewolucji chemicznej, intensywnie badane, są nadal mało poznane. Procesy prowadzące do powstania pierwszego systemu żywego — jak to wynika m.in. z modelu koacerwatowego czy mikrosferowego — mogły polegać bądź na odpowiednim łączeniu się polipeptydów, polinukleotydów i innych związków wielocząsteczkowych w odpowiednim środowisku (np. wodnym), bądź na współdziałaniu takich związków wewnątrz struktury protokomórkowej posiadającej zaczątki błony półprzepuszczalnej¹¹.

Znaczące osiągnięcia wielorakich syntez laboratoryjnych, konfirmując główne założenia idei ewolucji chemicznej odnośnie do możliwości naturalnego tworzenia się związków organicznych o wzrastającej złożoności, mają jednak charakter względny z tej racji, że modele warunków pierwotnego środowiska ziemskiego obarczone są wysokim stopniem hipotetyczności. Nadal dysponujemy zbyt skąpymi faktami odnośnie do cha-

⁹ R. Buvet: *L'origine des êtres vivants et des processus biologiques* — *ques*, Paris 1974, 6—12; J. de Rosnay: *Synthèses abiotiques de molécules d'intérêt biologique par simulation des conditions de l'environnement primitif*, w: *Biogenèse*, ed. A. Thomas, Paris 1967, 180—225.

¹⁰ J. Oró: *Chemical evolution and the origin of life*, *Adv.Space Res.* 3(1983) no. 9, 87.

¹¹ Tamże, 88.

rakteru i składu atmosfery, warunków wodno-lądowych, glebowych, temperatury, klimatu i ich wahań, zasobu i proporcji pierwiastków i związków wyjściowych, czy rodzajów i mechanizmów ich wzajemnego oddziaływania, warunków termodynamicznych¹². Mimo to dane laboratoryjne z konieczności muszą być konfrontowane z wynikami badań geofizykochemicznych i kosmochemicznych. Jest bowiem oczywiste, że złożone procesy ewolucji chemicznej i biochemicznej nie mogą być rozważane w oderwaniu od całości warunków i przemian fizykochemicznych zachodzących na pierwotnej Ziemi.

Z tych względów podejmuje się badania nad najstarszymi pokładami skalnymi (do 3,9 mld lat) i ich zawartością organiczną, nad wczesną ewolucją Ziemi, a także — dla analiz porównawczych — nad rozwojem innych planet, satelitów i ich atmosfer oraz historią całego systemu słonecznego¹³. Wielorakie badania meteorytów i komet wykazały obecność w strukturze tych ciał, uważanych za najbardziej pierwotną materię Wszechświata, wiele złożonych związków organicznych. W kometach¹⁴ wykryto m.in. CO, CO₂, H₂O, CH, CN, NH, NH₂, HCN, CH₃CN, a w meteorytach szereg aminokwasów¹⁵. Stwier-

¹² S. Chang, D. DesMarais, R. Mack, S. L. Miller, G. Strathearn: *Prebiotic organic syntheses and the origin of life*, w: *Earth's earliest Biosphere, its origin and evolution*, ed. by W. Schopf, Princeton 1983, 88—92; K. Van Holde: *The origin of life, A thermodynamic critique*, w: *The origin of life and evolution*, ed. H. Halvorson, K. Van Holde, New York 1980, 31—46.

¹³ Por. A. Henderson-Sellers: *The origin and evolution of planetary atmospheres*, Bristol 1983 — J.E. Jones: *From the origin of the Universe to the earliest geological times*, *J.Brit.Interpl.Soc.* 31(1978) 129—139.

¹⁴ J. C. Brandt, R. Chapman: *Introduction to Comets*, Cambridge 1982; A. Delsemme: *Les cometes et l'origine de la vie*, *L'Astronomie* 95(1981) 293—304; tenże: *Nature and origin of organic molecules in comets*, w: *Origin of life*, ed. Y. Wolman, Dordrecht 1981, 33—42; tenże: *Origin and chemistry of comets*, w: *Life Sciences and Space Research*, v. 18, Oxford 1980, ed.R. Holmquist, 3—17; P. Feldman: *The composition of comets*, *Amer.Sci.* 65(1977) 299—309; C. Ponnampuruma (ed.): *Comets and the origin of life*, Dordrecht 1981.

¹⁵ C. Ponnampuruma: *Organic compounds in the Murchison meteorite*, *Ann.N.Y.Acad.Sci.* 194(1972) 56—70; J. Lawless, G. Yuen: *Quantification of monocarboxylic acids in the Murchison carbonaceous meteorite*, *Nature* 282(1979) 396—397; P. Stocks, A. W. Schwartz: *Basic nitrogen-heterocyclic compounds in the Murchison meteorite*, *Geochim.Cosmochim.Acta* 46(1982) 309—315; J. G. Lawless: *Organic compounds in meteorites*, w: *Life Sciences and Space Research*, v. 18, Oxford 1980, 19—27.

dzono także, że w przestrzeni międzygwiazdowej istnieje wiele różnych molekuł organicznych, nawet 11-atomowych¹⁶.

Istnieją więc podstawy do przyjęcia, że w praatmosferze, w prebiotycznych ocenach i na powierzchni pierwotnej Ziemi znajdowała się dostateczna ilość materiału dla syntezy związków organicznych¹⁷. Materiał ten pochodził zarówno z odgazowania Ziemi po jej utworzeniu, jak również ze znajdujących się wokół Ziemi planetezymali oraz komet i chondrytów węglistych. Były to proste molekuły zawierające węgiel i pierwiastki biogenne (H, O, C, N, S, P) tworzące mieszaniny gazowe w różnym zestawie, m.in. CO₂, N₂, H₂O, H₂, CH₄, NH₃, H₂S, decydujące o dalszych syntezach związków biologicznie ważnych¹⁸.

Zarówno początkowa ewolucja chemiczna, jak i dalsze jej etapy aż do procesów tworzenia się struktur protokomórkowych znajdują wyraz w różnorodnych modelach, których wartość heurystyczno-naukowa zależy od wielu czynników, m.in. od zgodności konsekwencji tych modeli ze wskazanymi danymi kosmologii geochemicznymi oraz z aktualnym stanem wiedzy w zakresie biologii, genetyki, termodynamiki i innych dziedzin wykorzystywanych w badaniach początków życia organicznego.

1.2. KONIECZNOŚĆ CAŁOŚCIOWEGO UJĘCIA ABIOGENEZY

Z uwag poczynionych wyżej wynika, że abiogenezę wziętą w jej ogólnej treści rozważa się bądź jako proces, bądź jako teorię. Proces abiogenezy, obejmujący całość dokonującego się na poziomie molekularnym prebiotycznego rozwoju materii, od pierwiastków i prostych związków organicznych aż do pierwszego biosystemu, był procesem powolnym i stopniowym, charakteryzującym się postępującym wzrostem stopnia złożoności struktur i komplikacji funkcji. Jeżeli trudno jest w pełni scharakteryzować ewolucję biologiczną, to w przypadku procesu ewolucji prebiotycznej trudności zwielokrotniają się nie-

¹⁶ R. Knacke: *Carbonaceous compounds in interstellar dust*, Nature 269(1977) 132—133; J. M. Greenberg: *Pre-stellar interstellar dust*, Moon and Planets 20(1979) 15—48; tenże: *The structure and evolution of interstellar grains*, Sci. Amer. 1980; D. Whittet: *Interstellar chemistry and origin of life*, Pharmac. J. 227(1981) 772—773; E. Rodriguez Kuiper: *New discoveries from the interstellar laboratory*, Nature 293(1981) 339—340; H. Breuer, H. Petry: *Formation of long-chain carbon molecules in interstellar space*, Naturwissenschaften 66(1979) 615; A. Mann, D. Williams: *A list of interstellar molecules*, Nature 283(1980) 721—725.

¹⁷ Por. P. Schuster: *Evolution between chemistry and biology*, Origins of Life 14(1984) 3.

¹⁸ J. Oró: *Chemical evolution and the origin of life*, 85.

pomiernie. Poza ogólnym stwierdzeniem, że był to proces wolnego wzrostu złożoności, zachodzący zgodnie z prawami przyrody (według niektórych badaczy i te prawa się zmieniały), nie ma zgodności, czy był to proces jedno- czy wielorazowy, jedno- czy wielokierunkowy, ciągły czy skokowy, ściśle zdeterminowany czy z elementami przypadkowości¹⁹. Istnieje duża rozbieżność opinii odnośnie do roli różnych mieszanin wyjściowych dla syntez abiotycznych, wpływu różnych źródeł energii, pierwszeństwa powstania białek czy kwasów nukleinowych (dylemat: kura czy jajko?), sekwencji poszczególnych zjawisk i etapów tego procesu, czy rodzaju mechanizmów syntezy i samomontażu (*self-assembly*).

Różnorakie warunki, czynniki i określone typy substratu stanowią podstawę dla formułowania różnych hipotez, modeli, scenariuszy procesu abiogenezy. Często te ujęcia określa się mianem teorii abiogenezy. Ambicją każdego badacza jest formułowanie teorii o charakterze eksplikacyjnym, tzn. takiej, która wyjaśniłaby przyczynowo powstanie życia poprzez wskazanie mechanizmów i wykrywanie prawidłowości badanych procesów. Wyjaśnianie kauzalne procesów abiogenezy przybiera tu zazwyczaj określoną formę wyjaśniania bądź historycznego bądź genetycznego, bądź obydwu łącznie.

Proponowana sekwencja zjawisk pozwala na konstruowanie rozmaitych modeli (tzw. teorii) z reguły o charakterze cząstkowym. Przykładowo wymienimy kilka grup modeli wchodzących w skład teorii abiogenezy:

1. modele tworzenia się i rozprzestrzenienia we Wszechświecie pierwiastków biogennych i prostych związków organicznych,
2. modele homo- i niehomogenicznej akrecji Ziemi,
3. tworzenia się skorupy ziemskiej i hydrosfery,
4. powstania i składu praatmosfery (ściśle redukująca, neutralna, utleniająca),
5. różne modele kondensacji i polimeryzacji,
6. katalizy (preenzymatycznej, ewolucyjnej), autokatalizy,
7. środowiska abiogenezy (morskie, wodno-łłowe, kosmiczne),
8. powstania kodu genetycznego (hipercykl, modele komputerowe itp.).

Wielka ilość i różnorodność modeli wchodzących w skład podanych tu wybiórczo grup uwarunkowana jest z jednej stro-

¹⁹ Por. K. Kloskowski: *Przypadek jako czynnik abiogenezy*, *Studia Philos. Chr.* 21(1985) 2, 39—78.

ny dziedziną i charakterem doświadczeń i badań, które z konieczności muszą mieć ściśle określony, bardzo wąski zakres związany ze wzrastającą specjalizacją, z drugiej — niemożnością ogarnięcia całokształtu procesów i mechanizmów prowadzących do pojawienia się pierwszej istoty żywej. W rezultacie takiego stanu rzeczy mamy do czynienia z mnóstwem konstruktów — cegiełek budulcowych i wielością modeli cząstkowych, nie ukazujących pełnego obrazu ewolucji materii w kierunku pojawienia się życia.

Wydaje się, że taki stan rzeczy — niezależnie od złożoności procesów życiowych — wynika z nieprzewyższonego dotąd do końca tradycyjnego sposobu badania analityczno-merystycznego. Stąd rodzi się potrzeba a nawet paląca konieczność całościowego spojrzenia w postaci jednolitej i zwartej teorii wyjaśniającej konsekwentnie kolejne etapy narodzin życia na Ziemi. Najdogodniejszą a być może jedyną na obecnym etapie rozwoju nauki podstawę do skonstruowania takiej czy takich teorii abiogenezy upatruje się dziś w wykorzystaniu badań i metod systemowych. Systemogeneza — jak głosi tytuł pracy A. Lockera²⁰ — winna stać się paradygmatem abiogenezy.

2. ZAŁOŻENIA TEORETYCZNE BADAŃ SYSTEMOWYCH W BIOLOGII

Historycznie tak się złożyło, że ogólna teoria systemów i różne ujęcia systemowe ukształtowane zostały w załączku na terenie nauk biologicznych i w powojennym okresie rozkwitu tych ujęć znajdują zastosowanie w pierwszym rzędzie w biologii, wpływając niejako wtórnym na jej rozwój. Dążąc do stworzenia jednolitego systemu biologii teoretycznej, Bertalanffy dostrzegł zasadnicze braki i jednostronność ujęć zarówno analitycznych, jak i witalistycznych, a tym samym konieczność znalezienia nowej postawy teoretycznej dla nauk o życiu. Ta nowa reorientacja myślowa znalazła wyraz w tzw. biologii organizmalnej, która wykorzystywała już istniejące tendencje całościowe, m.in. teorię organizacji J. Woodgera, teorię ewolucji emergentnej C. Lloyd Morgana, teorię poziomów integracyjnych H. E. Browna i R. Sellarsa, teorie holistyczne²¹. U pod-

²⁰ A. Locker: *Systemogenesis as a paradigm for biogenesis*, W: *Biogenesis Evolution Homeostasis. A Symposium by correspondence*, ed. A. Locker, Berlin 1973, 1—8.

²¹ L. von Bertalanffy: *Theoretische Biologie*, Berlin 1932—1942; tenże: *Kritische Theorie der Formbildung*, Berlin 1928; Tenze: *Historia*

staw teorii organizmalnej leży pogląd, że organizacja jest istotną cechą życia a organizm nie jest sumą swych składników, dających się badać oddzielnie, ale tworzy całościowy system wykazujący integralność, skoordynowanie i określony stopień organizacji. Biologię organizmalną jako próbę objaśniania zjawisk życiowych sam autor nazywa systemową teorią organizmu i stwierdza, że program organizmalny „był zalążkiem tego, co później zostało nazwane ogólną teorią systemów”²². Ta ostatnia, rozwijana w niespotykanym tempie już niezależnie od biologii, dotyczy w różnych swych wersjach problemów wzajemnych powiązań składników w ramach nadrzędnej „całości”²³ nazywanej systemem; jej przedmiotem są w pierwszym rzędzie systemy otwarte i dynamiczne, zmienne w czasie, a z tym specyficzny sposób ich badania. Taki charakter ujawniają systemy biologiczne na różnych poziomach organizacji i stąd nie dziwi fakt, że właśnie nauki biologiczne wykorzystują w szerokim zakresie rozwinięty aparat pojęciowy i metody badawcze nurtu systemowego. Niżej wskażemy, na czym polega nowość takiego sposobu badania, ilustrując go wybranym przykładem systemowego ujęcia istoty życia.

2.1. NOWA POSTAWA W BADANIU PROBLEMÓW ZŁOŻONYCH

Zarówno rozwój koncepcji organizmalnej, jak zwłaszcza różnych nurtów ogólnosystemowych miały — w zamierzeniu twórcy — prowadzić do „zasadniczej zmiany obrazu świata”²⁴. Trudno ocenić, czy to zamierzenie zostało zrealizowane ze względu na to, że rozwój ten dziś nadal trwa i zapewne będzie dalej kontynuowany. Podkreślić jedynie wypada, że ogólna teoria systemów przez wprowadzenie nowych pojęć, modeli i zasad odnoszących się do systemów-całości, stała się postawą badawczą o charakterze interdyscyplinarnym i jako taka przeniknęła do wszystkich niemal dziedzin wiedzy. Utrwaliło się powszechne przekonanie, że nauka przeszła już w swym roz-

rozwoju i status ogólnej teorii systemów, w: *Ogólna teoria systemów*, pod red. G. Klira, Warszawa 1976; por. J. Kamarýt: *Perspectivismus, organicismus a teorie systemu L. von Bertalanffyho a dialektický materialismus*, *Filosofický Časopis* 15(1967)1, 62—82.

²² Por. W. Sadowski: *Rozwój badań w zakresie ogólnej teorii systemów*, *Kwart.Hist.Nauki i Techn.* 16(1971)2, 402—403; tenże: *Nauka o nauce a teora systemów ogólnych*, *Zag. Naukozn.* 4(1968)3, 34—37.

²³ L. von Bertalanffy: *Historia rozwoju*, 36—37; por. W. Gasparski, A. Lewicka: *Problematyka badań systemowych. Próba charakterystyki*, *Prakseologia* nr 2(1973) 5—21.

²⁴ L. von Bertalanffy: *Historia rozwoju*, 31.

woju etap badania analitycznego i obecnie jej przedmiotem stają się różnego typu całości, „złożoności zorganizowane”. Ujęcia systemowe pozwalają wyjaśnić różne aspekty, własności i zasady systemów rozumianych najszerszej jako zbiorów elementów powiązanych wzajemnie ze sobą i z otoczeniem, badają więc różnymi technikami i metodami powszechne i ogólne cechy obserwowanych obiektów, nie negując wartości poznawania składników przez nauki szczegółowe²⁵. Składniki danego obiektu rozważa się pod względem ich miejsca w systemie, wykrywa się różnorakie sprzężenia i relacje tak wewnątrz obiektu jako systemu, jak i jego stosunku do otoczenia. Cechy badanego obiektu ujmuje się w oparciu o własności jego struktury i swoistych integrujących sprzężeń określających jego budowę hierarchiczną. Wszystko to decyduje o tym, że różne nauki współczesne za przedmiot swej analizy mają złożoność, całościowość i organizację badanych przedmiotów i procesów²⁶.

Mając za przedmiot systemowe aspekty rzeczywistości, obiekty i procesy jako określone zorganizowane całości, ogólna teoria systemów i podejście systemowe w różnych swych formach stosuje swoiste reguły i zasady metodologiczne. Niektóre z ogólnych zasad metodologii systemowej²⁷ można przedstawić następująco:

1. Całościowe ujmowanie zagadnień i ich wszechstronne wyjaśnianie przez: a. rozpatrywanie danego obiektu z różnych punktów widzenia i w różnych płaszczyznach, b. rozpoczęcie od ogółu i przechodzenie w miarę potrzeby do szczegółów, c. ustalanie wszystkich istotnych wyjaśnień wynikających z różnych przesłanek i przyczyn, d. syntetyzowanie wyników i wyjaśnień.
2. Uwzględnianie i przewyżczanie wszelkiej złożoności świata przez dostrzeganie: a. złożenia obiektu badań z mniejszych, jakościowo odmiennych części, b. powiązania tych części i tworzenia zorganizowanych grup (podsystemów), c. powiązania z innymi obiektami w otoczeniu lub bycia częścią nadsystemu, d. występowania różnych struktur, konfiguracji i hierarchii rzeczy, procesów, informacji itp.
3. Przedstawianie i przewyżczanie wielości cech, wielostronności rzeczy i uwarunkowań przez: a. rozpatrywanie cech

²⁵ Tamże, 30—32; por. W. Sadowski: *Podstawy ogólnej teorii systemów Analiza logiczno-metodologiczna*, Warszawa 1978, 25—29.

²⁶ W. Sadowski: *Podstawy ogólnej teorii systemów*, 27—28.

²⁷ Zasady te podają za W. Bojarski: *Podstawy analizy i inżynierii systemów*, Warszawa 1984, 289—292.

- ilościowych i jakościowych, b. rozróżnianie cech istotnych i nieistotnych i pomijanie tych ostatnich, c. wyróżnianie stanów możliwych i najbardziej prawdopodobnych.
4. Dążenie do ściślejszych i bardziej adekwatnych opisów i analiz przez: a. stosowanie różnych klas modeli przedmiotów, struktur i procesów, b. stosowanie funkcji wielu zmiennych, analizy wieloczynnikowej i funkcjonalnej, c. równoczesne badanie obiektu niezależnie różnymi sposobami lub na kilku sąsiednich poziomach hierarchii, d. poszukiwanie dodatkowych istotnych informacji i korygowanie zgodnie z nimi rozwiązań wcześniejszych.
 5. Dostrzeganie i uwzględnianie zmienności, ruchu i rozwoju przez: a. rozpatrywanie danego obiektu w różnych momentach, w ruchu i ciągłym procesie zmian, a więc w rozwoju i głównie od strony jego struktury funkcjonalnej, b. dostrzeganie procesów dokonujących się w systemie i podprocesów zachodzących w elementach oraz zmian w systemie wywołanych tymi podprocesami, c. dostrzeganie procesów i zmian wywołanych przez badany system w otoczeniu, d. rozróżnianie odmiennych klas procesów (sterowniczych, twórczych, rozwojowych itp.), e. uwzględnianie stochastycznego i probabilistycznego charakteru różnych przebiegów i zależności.

Wymienione zasady metodologii systemowej²⁸, stanowiące szeroki program badawczy, dobierane bywają w zależności od charakteru badanego problemu i uszczegóławiane wtedy przez podejścia cząstkowe. Osiągnięte dotąd wyniki stosowania tej metodologii potwierdzają, iż teoria systemów stała się nowym paradygmatem, wprowadzającym zasadnicze zmiany w tradycyjnym sposobie badania obiektów i procesów, przenosząc akcenty poznawcze z analiz elementów na poszukiwanie i ujmowanie całości, struktur, uorganizowania przedmiotów i traktowania ich jako złożone systemy²⁹. Ujęcie ogólnosystemowe pozwalające dostrzec nowe problemy, a dawne w nowym świetle, otworzyło nowe horyzonty w większości nauk przyrodniczych, w psychologii, socjologii itd. Najwidoczniej zazna-

²⁸ W. Bojarski podaje ich znacznie więcej, tu wybrano niektóre, ważne szczególnie dla badania biosystemów i ich rozwoju; por. też: *Analiza systemowa — podstawy i metodologia*, pod red. W. Findeisena, Warszawa 1985.

²⁹ L. von Bertalanffy: *Ogólna teoria systemów, Podstawy, rozwój, zastosowania*, Warszawa 1984, 122—135; por. E. Ungerer: *The position of Ludwig von Bertalanffy in contemporary thought*, w: *Unity through diversity*, ed. by W. Gray, N. Rizzo, New York 1973, part I, 101—105.

czyło się to oczywiście na terenie biologii, zwłaszcza zaś w nowym sposobie ujmowania i interpretacji podstawowych zjawisk życiowych

2.2. SYSTEMOWO-CAŁOŚCIOWA INTERPRETACJA ŻYCIA

Długotrwałe ścieranie się na terenie biologii tendencji mechanistyczno-redukcyjnych z ujęciami holistyczno-integratywnymi doprowadziło do przekonania powszechnego, iż tak organizm żywy, jak i twory pod- i ponadorganizmalne to nie tylko uporządkowana struktura przestrzenna, ale zorganizowany system względnie odizolowany, spójna wewnętrznie całość skoordynowanych reakcji i funkcji elementów składowych. Dominujące dziś koncepcje całościowości, systemowości, uporządkowania, a nade wszystko idea organizacji jako główna zasada w nauce o istocie życia³⁰ stopniowo zdobywały prawo obywatelstwa w biologii, która mozolnie wyzwalała się spod wpływu nurtu mechanistycznego, preferującego podejście analityczno-sumacyjne i redukcyjistyczne³¹. To ostatnie wraz z rozwojem nauk biologicznych okazało się niewystarczające głównie ze względu na ogromną ilość składników i złożoność relacji między nimi w organizmie. Rozpatrywanie poszczególnych z osobna części organizmu a więc jego składu zastąpiono poznawaniem jego struktury traktując ją jako niepodzielną całość. Organizm jako całość składa się wprawdzie z pojednostek, ale „jego istotą jednak są nie właściwości elementów, lecz specyficzny dla tej całości układ zależności między elementami”³². Cechy organizmu jako całości są wynikiem wewnętrznego uporządkowania i współdziaływania składników, a nie prostą sumą własności poszczególnych elementów.

Każdy organizm jako całość jest systemem otwartym (względnie odizolowanym), dyskretnym, mającym granice (np. błony komórkowe) przynajmniej częściowo przenikalne, pozwalające na przepływ energomaterii i informacji. Trwałość i względna niezmienność zapewniana jest przez stałą wymianę elementów i informacji przy zachowaniu struktury³³.

Organizm jako całość jest systemem negentropijnym mimo, że zachodzą w nim zmiany związane ze wzrostem entropii

³⁰ L.von Bertalanffy: *Ogólna teoria systemów*, 78—79, 124—125, 129.

³¹ Sz. W. Ślaga: *Eigena fizyczny model ewolucji prebiotycznej*, w: *Z zagadnień filozofii przyrodoznawstwa i filozofii przyrody*, Warszawa 1979 t. III, 123.

³² J. Strzałko, M. Henneberg, J. Piontek: *Populacje ludzkie jako systemy biologiczne*, Warszawa 1980, 17—18.

³³ Tamże, 23—24.

tak, jak i w innych systemach. Stan negentropii osiąga przez to, iż uzupełnia własną energię i kompensuje braki własnej organizacji a zwykle „dysponuje nadmiarem materii i energii ponad chwilowe potrzeby utrzymania struktury”³⁴, czyli wykazuje dodatni bilans energetyczny. Dąży przez to do utrzymania stanu stacjonarnego (homeostazy) zachowując przy tym równowagę między podsystemami przetwarzającymi energomaterię i informację. Poza tą równowagą wewnętrzną system jako całość dąży do zachowania stanów ustalonych ze swym otoczeniem³⁵.

Właściwość ekwifinalności jest zdolnością systemu żywego do osiągnięcia stanu końcowego — utrzymania homeostazy — na różnych drogach i przy różnych warunkach początkowych. System taki, słusznie określany jako ukierunkowany celowościowo, wykazuje właściwości samozachowawczości mimo małej trwałości struktur i elementów. Osiąga to dzięki nie tylko wykorzystywaniu zasobu informacji, lecz także różnym mechanizmom sterującym współdziałaniem podsystemów. Wszystkie podsystemy w organizmie są zintegrowane w jedną całość tak, że tworzą system obdarzony zdolnością samoregulacji dotyczącej harmonijnego przebiegu procesów i podtrzymywania równowagi dynamicznej. Dodać tu jeszcze trzeba właściwość samoodtwarzania jako istotny przejaw aktywności systemu żywego.

Tak więc organizm to nie tylko olbrzymia ilość składników i stworzonych z nich podsystemów oraz reakcji skoordynowanych w czasie i przestrzeni, powiązanych w jednolity system nieustannej samozachowawczości, ale również specyficzne nastawienie na nieprzerwane samoodnawianie i samoreprodukcję oraz przystosowywanie się do zmieniających się warunków środowiskowych.

Stąd w perspektywie ujęcia systemowego możemy powiedzieć, że całościowość i organizacja jawią się nam jako specyficzne zasady uporządkowania systemów organicznych i jako cechy wyróżniające te systemy dynamiczne od innych układów materialnych, nie wykazujących funkcji życiowych. Charakterystyka biosystemu w terminach całościowości, uporządkowania hierarchicznego, organizacji, kierunkowości itp. od-

³⁴ Tamże, 24.

³⁵ T. Scibor-Rylska: *Porządek i organizacja w przyrodzie*, Warszawa 1974, 154—156; por. K. Petruszewicz: *Osobnik, populacja, gatunek*, Warszawa 1978, 34—37; A. Loginow: *Gomeostaz. Filozofskie i obszebiologiczne aspekty*, Minsk 1979.

nosi się nie tylko do organizmu żywego, ale *mutatis mutandis* do wszystkich innych poziomów hierarchii systemów żywych, np. komórkowego, populacyjnego, biocenotycznego.

Powyższe uwagi wskazują na to, że do sformułowania jednolitej teorii istoty życia, niemożliwej do uzyskania przez sumowanie szczegółowych teorii biologicznych, najodpowiedniejsze wydaje się podejście systemowe. W jego ramach bada się istoty żywe jako całościowe systemy otwarte o odpowiednim poziomie kompleksowości i organizacji. W zależności od poziomu złożoności funkcjami i zachowaniem danego biosystemu (np. komórki, gatunku, biocenozy) rządzą prawa nie tylko niższego szczebla (podsystemów), ale także prawa specyficzne dla tego poziomu³⁶. Są to prawa nie tylko fizykochemiczne, ale swoście biologiczne, różne dla różnych typów biosystemów. Jest tak dlatego, że prawa te, jak i podstawowe pojęcia, są w ramach ujęcia systemowego formułowane na tyle ogólnie, iż mogą być stosowane do poszczególnych poziomów organizacji materii żywej. Ponieważ jednak życie istnieje jedynie w obiektach materialnych wykazujących pewną organizację, dlatego pojęcia i prawa ujmujące określone zespoły własności muszą odzwierciedlać rodzaj i poziom tej organizacji. Chodzi tu o takie sprzężenia i reakcje, które tworzą z każdego systemu całość organiczną, zdolną do względnie samodzielnego istnienia w postaci biosystemu, w ramach którego życie jest procesem „samodoskonalenia się”³⁷.

Przeprowadzona w sposób szkicowy charakterystyka podejścia systemowego na terenie biologii pozwala na ujmowanie komórki, organizmu czy gatunku jako całościowego i zorganizowanego systemu dynamicznego, zdolnego do rozwoju i ewolucji. Samo zaś życie można ujmować systemowo jako postępowy proces organizowania się całościowych, hierarchicznie uporządkowanych systemów względnie odizolowanych, obdarzonych zdolnością do samozachowawczości, przebudowywania się w czasie zgodnie z własną informacją gatunkową, do rozwoju osobniczego i rodowego, rozmnażania i przystosowywania się do otoczenia.

³⁶ Por. J. Chmurzyński: *W poszukiwaniu istoty życia*, w: *Organizm — jednostka biologiczna*, Warszawa 1973, 44.

³⁷ W. J. Wiedienow: *Kryteria poziomów strukturalnych w biosystemach*, w: *Problemy metodologii badań systemowych*, Warszawa 1973, 185.

3. SAMOORGANIZACJA W PROCESIE EWOLUCJI PREBIOTYCZNEJ

Z dotychczasowych rozważań wynika, że organizm żywy pojmujemy się dziś jako uorganizowany przez sprzężenia zwrotne i sterowanie całościowy system makromolekuł organicznych, ściślej jako system otwarty zdolny do samoorganizowania się za pomocą stworzonego przez siebie programu, na drodze gromadzenia wartościowej informacji w nieprzerwanej wymianie ze swoim środowiskiem. Organizacja biosystemu to zespolenie w całość składników strukturalno-funkcjonalnych współdziałających ze sobą i otoczeniem w sposób skoordynowany i ekonomiczny dla osiągnięcia zaprogramowanych w swej strukturze celów³⁸. W kontekście takiego rozumienia istoty organizmu pojęcie organizacji spełnia rolę szczególną w odniesieniu do wyjaśniania początków życia. W teoriach mechanizmów ewolucji prebiotycznej utrwaliły się już takie pojęcia, jak: samoorganizacja, samo-porządkowanie (*self-sequencing*), samomontażu (*self-assembly*), oznaczające szczególnie rodzaj procesów fizycznych i chemicznych prowadzących do pojawienia się pierwszych biosystemów.

Badania doświadczalne w ramach biologii molekularnej oraz rozważania teoretyczne wskazują — jak widzieliśmy — na to, że w długotrwałym procesie ewolucji w pierwotnych warunkach ziemskich mogły tworzyć się określone typy związków organicznych, a z nich coraz bardziej złożone struktury o określonych funkcjach i wzrastającym zasobie informacji, stanowiące rodzaj prekursorów protokomórek i samych komórek. Tego typu idea stała się podstawą wieloletnich prac doświadczalnych Sidneya W. Foxa i jego współpracowników nad syntezą termiczną proteinoidów i mikrosfer proteinoidowych jako odpowiedników struktur protokomórkowych. Skrótowy przegląd tych badań (3.1) pozwoli nam na uzyskanie pełniejszego obrazu kolejnych etapów ewolucji prebiotycznej (3.2), która coraz wyraźniej jawi się nam jako całościowy proces (3.3) podatny na wyjaśnianie metodami systemowymi.

3.1. PRZYKŁAD SYSTEMOWEGO UJĘCIA ABIOGENEZY

Wśród wielokierunkowych badań zmierzających do wyjaśnienia procesów ewolucji prebiotycznej miejsce wyjątkowe zajmują prace S.W. Foxa³⁹ i współpracowników (m.in. T. Na-

³⁸ Por.. T. Scibor-Rylska, dz. cyt., 59.

³⁹ Z okazji 60 i 70 rocznicy urodzin S. Foxa wydano kolejno dwie książki pamiątkowe: *Molecular evolution prebiological and biological*, ed.by D. Rohlfing, A. Oparin, New York 1972 oraz *Molecular evolution*

kashima, K. Harada, J. Kendrick, T. Hayakawa, C. Windsor) w zakresie sztucznej syntezy monomerów, polimerów i protobiałek. Wczesne prace Foxa (od 1933) dotyczyły syntezy kwasu asparaginowego, struktury aminokwasów i białek, syntezy enzymatycznej wiązań peptydowych, oznaczania sekwencji aminokwasów w białkach, inkorporacji nietypowych aminokwasów w białka organizmów żywych⁴⁰. Od 1953 badania tego typu Fox ukierunkował wyraźnie na prebiotyczną ewolucję molekularną, w szczególności na wyjaśnianie abiotycznego sposobu powstawania białka (poliaminokwasy zwane proteinoidami) oraz na abiotyczne początki protokomórek (tak zwane mikrosfery). Proces powstawania życia według Foxa stanowi swoiste continuum ewolucyjne: proste związki organiczne → aminokwasy → zespoły protokomórek (protożycie) wykonujące określone funkcje, przede wszystkim reprodukcyjne. W tej perspektywie ewolucyjnej teoria mikrosfer proteinoidowych, zwana też termiczną teorią genezy życia⁴¹ pokazuje, że informacja protobiologiczna pojawia się „wewnątrz” materii, że materia sama tworzy pierwsze systemy biologiczne wykazujące przez to zdolność do samoorganizacji i samomontażu⁴². Zgodnie z tą teorią przyjmuje się, że proces dehydratacji zachodzi nie tylko w trakcie kopolimeryzacji aminokwasów, ale także przy termicznej kondensacji bardziej złożonych związków. Już w 1958 otrzymano peptydy linearne a następnie, po udoskonaleniu metod i doświadczeń, wytworzono w temp. 200°C substancje złożone m.in. z kwasów glutaminowego, asparaginowego oraz 18 aminokwasów upodabniających się do białek (proteinoidy), których ciężar molekularny waha się od 3600 dla wytworzonych w temp. 160°C do 8600 dla uzyskanych w temp. 190°C; maksymalny⁴³ ciężar molekularny wynosił 80000.

Tak więc według Foxa aminokwasy uzyskane syntetycznie mogą tworzyć polimery białkopodobne, które można rozpatrywać jako prabiałka-protobiałka, które właściwie nie różnią się od białek naturalnych, z wyjątkiem składu ilościowego ami-

and protobiology, ed. by K. Matsuno, K. Dose, K. Harada, D. Rohlfing, New York 1984.

⁴⁰ O wczesnych pracach Foxa por. K. Harada: *Some early historical aspects of the thermal polycondensation of amino acids*, w: *Molecular evolution and protobiology*, 15—28.

⁴¹ S. Fox: *Origin of the cell: experiments and premises*, *Naturwissenschaften* 60(1973)8, 359.

⁴² Por. przedmowa do *Molecular evolution and protobiology*, V.

⁴³ Por. S. Fox: *How did life begin?*, *Science* 132(1960) 202—203.

nokwasów⁴⁴. Wykazują specyficzne właściwości, w pierwszym rzędzie aktywność enzymopodobną (m.in. hydrolizę, dekarboksylację, aminację, deaminację), umożliwiającą wyjaśnienie pochodzenia metabolizmu; następnie właściwości hormonalne, odżywcze (np. dla bakterii), podlegają denaturacji termicznej. Stwierdza się zjawisko selektywnego łączenia się aminokwasów w czasie polimeryzacji. Te i tym podobne właściwości wskazują na to, że proteinoidy ujawniają specyfikę wewnętrzną i uporządkowanie struktury, przy czym „procesem tym sterują same aminokwasy, z których każdy ma swoją, jemu tylko właściwą formę”⁴⁵. Uporządkowanie tak wewnątrz- jak i międzymolekularne uważa się za nieprzypadkowe, na co wskazują pewne ograniczenia, np. w różnorodności polimerów. W tej nieprzypadkowości dopatruje się Fox⁴⁶ istnienia swoistego determinizmu, będącego przejawem zaczątków kierunkowości i wewnętrznie kontrolowanych interakcji. Obserwacje wskazują na to, że w miarę wzrostu złożoności struktur przejawiają się nieprzypadkowo (*nonrandom*) różne typy porządku, a mianowicie: a. samo-następowanie (*self-sequencing*) — określające pozycję indywidualnych aminokwasów w łańcuchu peptydowym, b. samo-porządkowanie (*self-ordering*) — ograniczenie heterogeniczności i arealu pojedynczych polimerów i wynikający stąd powtarzający się rozkład aminokwasów, co z kolei warunkuje znaczny stopień reprodukcyjności przy powtarzanych syntezach specyficznych proteinoidów, c. wreszcie samoorganizacja (*self-organization*) w systemach protokomórkowych. Brak fazy dyspersyjnej w trakcie frakcjonowania wskazuje na uporządkowanie sekwencji aminokwasów, a to z kolei dowodzi, że z synteza proteinoidów związane są zjawiska wewnętrznego ukierunkowania i reprodukcyjności⁴⁷. Samoporządkowanie aminokwasów w ewolucyjnych stadiach tworzenia się biopolimerów

⁴⁴ Szerzej o właściwościach proteinoid por. S. Fox: *The origin and nature of protolife*, w: *The nature of life*, ed. W. Heidcamp, Baltimore 1978, 23—92.

⁴⁵ S. Fox: *Początek życia na Ziemi. Nowe badania*, w: *Człowiek i nauka 1979*, Warszawa 1980, 123—124; por. S. Fox: *Molecular evolution to the first cells*, *Pure Appl.Chem.* 34(1973) 3—4, 641—669.

⁴⁶ S. Fox, T. Nakashima: *Endogenously determined variants as precursors of substrate for natural selection*, w: *Individuality and determinism*, ed. by S. Fox, New York 1984, 197; por. też S. Fox: *Copolyamino acid fractionation and protobiochemistry*, *J. Chromatog.* 215(1981) 115—120.

⁴⁷ S. Fox, T. Nakashima: *Endogenously determined*, 192, por. S. Fox: *From inanimate matter to living systems*, *Amer.Biol.Teacher* 43(1981) 3, 129.

Fox określa często jako samoinstrukcję⁴⁸. Makromolekuły podlegają segregacji tworząc pewne uporządkowane populacje a wewnętrzne uporządkowanie wskazuje na to, iż obserwowany porządek wynika z samych reagujących aminokwasów; informacja jest przekazywana od aminokwasów do proteinoi-dów⁴⁹. Nie ma więc potrzeby postulowania na tym etapie uprzedniego istnienia kwasów nukleinowych. Te ostatnie pojawiły się znacznie później na drodze odpowiednich przekształceń pierwotnej białkopodobnej struktury samo-wzrastającej i zorganizowanej w kierunku organizmu obecnego⁵⁰. Stary spór „kura czy jajko?” o pierwszeństwo kwasów nukleinowych czy białek w procesie abiogenezy został rozstrzygnięty przez Foxa na korzyść tych ostatnich, jednak w tym sensie, że kopolimer białkowy powstał najpierw jako makrocząsteczka informacyjna, a właściwe białka i kwasy nukleinowe pojawiły się znacznie później, prawdopodobnie równoległe, wewnątrz rozwijającego się proteinoиду, którego uporządkowanie, własności katalityczne i behawioralne zostały przeniesione na poziom pierwszych systemów komórkowych⁵¹. Można więc za Foxem powiedzieć, że komórka powstała pierwsza, a komórkowa linia rozwoju okazała się najbardziej korzystna.

W tym miejscu podkreślić należy to, że wskazany kierunek ewolucji chemicznej i biochemicznej wynika z przyjęcia tzw. konstrukcjonistycznego podejścia, zakładającego, że nie można a priori rozstrzygać o pierwszeństwie takich lub innych struktur i funkcji — jak to widać w podejściu redukcjonistycznym szukającym w syntezach laboratoryjnych potwierdzeń dla rewnych założeń wysnutych z analizy współczesnych komórek — ale należy ab initio uzyskać taki produkt, którego właściwości mogłyby być uznane za prototyp systemu żywego⁵². Jeżeli życie powstało w wyniku rozwoju materii, to obecne biosystemy kiedyś musiały wyglądać inaczej. Stąd w przeciwieństwie np. do modelu koacerwatowego abstrahuje się tu od złożoności komórki i skomplikowanego zespołu jej funkcji a podąża się drogą zgodną z kierunkiem ewolucji materii od

⁴⁸ S. Fox: *Life from an orderly Cosmos*, Naturwissenschaften 67(1980) 576—581.

⁴⁹ S. Fox: *Self-ordered polymers and propagative cell-like systems*, Naturwissenschaften 56(1969)1, 3—6.

⁵⁰ Tamże, 8.

⁵¹ S. Fox: *Origin of the cell*, 362—363.

⁵² Tamże, 359, por. też S. Fox: *Metabolic microspheres origin and evolution*, Naturwissenschaften 67(1980) 378, 381.

najprostszych struktur do coraz bardziej złożonych⁵³. W ramach takiego podejścia, uwzględniającego kierunek przebiegu samej ewolucji, daje się doświadczalnie wykazać, jakie struktury są niezbędne dla pojawienia się określonego zespołu funkcji, jak i na jakim etapie rozwoju tych struktur i układów pojawiają się określone własności, prowadzące do wytworzenia komórek współczesnego typu. Można więc niejako doświadczalnie powtórzyć drogę, jaką podążała w przyrodzie ewolucja⁵⁴.

W odpowiedzi na pytanie o genezę porządku, którego stopień wzrasta wraz ze wzrostem złożoności biostruktur Fox stawia oryginalną tezę, iż życie jako porządek powstaje z uporządkowanego Kosmosu⁵⁵, przeciwstawiając się tym samym rozpowszechnionemu przekonaniu o przechodzeniu w procesie abiogenezy „od chaosu do porządku”. Nie jest tak, że dopiero życie wprowadziło na Ziemię porządek, organizację i różnorodność, bowiem świat nieożywiony wykazuje również wysoki stopień uporządkowania. Dane astrofizyczne wskazują na to, że od samego początku (*Big Bang*) Wszechświat ujawnia niezwykle uporządkowanie. Uporządkowane stany materii nieożywionej korelują z nieprzypadkowością obserwowaną doświadczalnie w termicznych polimerach aminokwasów obrazujących wczesne (bezzyciowe) stadia w ewolucji organicznej. „Różne stadia materii nieożywionej, protokomórki (protożycie) i rozwinięte komórki oraz reprezentowany przez te stadia porządek powstaje w zgodności z drugą zasadą termodynamiki w skali kosmicznej”⁵⁶. Zgodność ta, wskazująca na różne typy porządku na różnych poziomach (kosmicznym, prebiotycznym i biologicznym) a tym samym i określone zdeterminowanie zjawisk, uwiadcza się w zmniejszaniu porządku od a. najwyższego upo-

⁵³ *Origin of the cell*, 359. Przeciwstawienie redukcjonizm — konstrukcjonizm brane jest tu w sensie przedmiotowym jako kierunek i kolejność poznania od prostego do złożonego lub od złożonego do prostego, a więc jako zgodność lub niezgodność z faktycznym przebiegiem procesów ewolucyjnych. Nie ma tu zaś mowy o redukcjonizmie czy antyredukcjonizmie w sensie metodologicznym a więc o procedurze redukowania lub nie pojęć, praw i teorii biologicznych do fizykochemicznych. Pod względem metodologicznym obydwie ujęcia wykazują charakter wyrażnie redukcjonistyczny.

⁵⁴ D. Rohlfing: *The development of the proteinoid model for the origin of life*. w: *Molecular evolution and protobiology*, 31: por. R. Young: *Prebiological evolution: The constructionist Approach to the origin of life*. tamże, 45—48.

⁵⁵ S. Fox: *Life from an orderly Cosmos*, 576—581.

⁵⁶ Tamże, 576.

rządkowania w epoce po osobliwości początkowej Kosmosu, poprzez b. uporządkowaną materię nieożywioną do c. mniej uporządkowanych stanów w systemach żywych, aż do d. najmniej uporządkowanej materii martwej — po śmierci organizmu⁵⁷. Twierdzenia Foxa na temat rozwoju determinizmu i uporządkowania a właściwie istnienia porządku od zaistnienia świata, należy rozumieć oczywiście jako pewne tezy domagające się dalszego uzasadnienia. Naprowadzają jednak na konieczność wiązania wielości zjawisk odnoszących się do genezy życia z całością procesów zachodzących w materii nieożywionej i w rozwoju Kosmosu. Można więc stwierdzić — niezależnie od pewnych punktów wymagających oceny krytycznej — że w ujęciu Foxa abiogeneza jawi się nam jako całościowy proces twórczy, jako wielki w skali kosmicznej system dynamiczny prowadzący do wytworzenia w oparciu o wzory nieorganicznego porządku, scalonych struktur wielkocząsteczkowych uorganizowanych czasoprzestrzennie w celowo działające biosystemy.

3.2. UOGÓLNIONY SCENARIUSZ MODELOWY ABIOGENEZY

Przedstawione skrótowo wyniki badań doświadczalnych i rozważań teoretycznych Foxa wskazują na konieczność całościowego ujmowania zdarzeń składających się na ogólny proces abiogenezy i będących zespołem antecedensów zjawiskowych prowadzących do powstania pierwszych biosystemów. Postulat ten, wynikający także z wielu innych badań w ramach nauk wykorzystywanych w wyjaśnianiu abiogenezy, nakazuje rozpatrywać przebieg ewolucji prebiotycznej w ramach istniejących ówczesznie czynników i warunków środowiska geo- i kosmochemicznego. W wielu modelach faktycznie stwierdza się wyraźne powiązanie ewolucji prebiotycznej z ewolucją Wszechświata, z powstawaniem pierwiastków w gwiazdach i prostych związków chemicznych w przestrzeni kosmicznej oraz dalszym ich rozwojem w warunkach planetarnych⁵⁸. Dla Papagiannisa nie ulega wątpliwości, że życie stanowi integralną część Wszechświata i że obydwa, tzn. życie i Wszechświat winny być badane łącznie⁵⁹. Biorąc to pod uwagę oraz takie fakty, jak rozpowszechnienie związków węgla w Kosmosie czy

⁵⁷ Tamże, 580—581.

⁵⁸ Por. E. Pakszys, D. Sobczyńska: *Od ewolucji chemicznej ku biologicznej. Próba analizy systemowej*, *Studia Filoz.* nr 5(1984) 169—172.

⁵⁹ M. Papagiannis: *Life-related aspects of stellar evolution*, *Origins of Life* 14(1984)50; por. J.H. Rush: *L'origine de la vie*, trad.de l'angl.par F. Vandon, Paris 1959, 73.

podstawową jedność wszystkich istot żywych, Oró formułuje tzw. „zasadę ciągłości ewolucyjnej”, w myśl której „życie może być uważane jako konsekwencja stwórczego działania serii ewolucyjnych procesów chemicznych obejmujących ewolucję atomową, ewolucję molekularną i protobiologiczną, które poprzedzały w czasie i przestrzeni emergencję samoreplikacyjnych jednostek żywych w systemie słonecznym”⁶⁰. W tym kontekście hipoteza ewolucji chemicznej „dostarcza ciągłości dla ewolucji biologicznej i stwierdza, że poprzedzające prymitywne formy życia były wynikiem stopniowego procesu syntezy i samoorganizacji materii organicznej, który miał miejsce na pierwotnej Ziemi. Ta hipoteza jest solidnie oparta na rozpowszechnieniu pierwiastków biogennych we Wszechświecie, na obecnych odkryciach molekuł organicznych w przestrzeni międzygwiazdowej i różnych ciał w systemie słonecznym, a także na pracach laboratoryjnych ostatniego trzydziestolecia, które potwierdziły syntezę większości składników biochemicznych istotnych dla systemów żywych, w odtwarzanych warunkach pierwotnej Ziemi”⁶¹.

Obecny stan badań w zakresie kosmo- i geochemii związków węgla i ich syntezy laboratoryjnej w symulowanych warunkach pierwotnej hydroatmosfery ziemskiej, wyrażający się wielością szczegółowych scenariuszy modelowych, pozwala na nakreślenie hipotetycznego ciągu procesów ewolucyjnych od wytworzenia węgla pierwiastkowego i jego związków aż do złożonych systemów ożywionych⁶².

Prawdopodobną sekwencję zdarzeń można wyrazić następującymi po sobie etapami (stadiami) wskazującymi na stały wzrost złożoności i coraz to wyższy stopień uorganizowania.

1. E w o l u c j a n u k l e a r n a — prapoczątki ewolucji chemicznej odnieść można do okresu następującego bezpośrednio po chwili osobliwej, kiedy to Wszechświat zaczął istnieć w wyniku wielkiej eksplozji (*Big Bang*) około 15 ± 3 mld lat temu. W tym stadium początkowym Wszechświat był niezróżnicowaną mieszaniną materii i energii, której gęstość osiągała wartości nieskończone, podobnie temperatura. Po wybuchu cząstki (neutrony, protony, elektrony, pozytony, neutrina, anty-

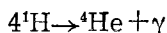
⁶⁰ J. Oró: *Chemical evolution and the origin of life*, 78.

⁶¹ Tamże, 77—78.

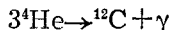
⁶² Por. J. Oró: *Chemical evolution*, 78—90. Sam schemat podziału ewolucji prebiotycznej na poszczególne etapy podaje tu w oparciu o rozmowy z prof. Oró podczas sympozjum w Stevensbeek w Holandii w 1983 r.

neutrino) będące w stanie równowagi termicznej zmieniają proporcje w miarę rozszerzania się Kosmosu, neutron może łączyć się z protonem tworząc jądro deuteru, a dwa jądra deuteru tworzą jądro helu w $T \sim 10^9 \cdot K$. Na tym etapie nie mogła jednak zachodzić synteza pierwiastków ciężkich, np. C, O. Ich pochodzenie wyjaśnia się w ramach nukleosyntezy zachodzącej w gwiazdach.

Wszczęświat po wielkim wybuchu był ogromną chmurą wodoru (75%) i helu (25%), stopniowo oziębiającą się, rozszerzającą i dzielącą na mniejsze protogalaktyki, z których wytworzyły się pierwsze gwiazdy. Protogalaktyki pod wpływem wybuchu mogły otrzymać pierwsze ciężkie pierwiastki⁶³. We wnętrzu gwiazd zachodził proces przemiany wodoru w hel według reakcji zwanej cyklem protonowo-protonowym (w gwiazdach o małej masie) lub w cyklu węglowo-azotowo-tlenowym (cykl CNO w gwiazdach o większych masach). Z 4 jąder atomowych wodoru powstaje 1 jądro helu:



następnie w $T \sim 10^8 \text{ C}$ zachodzi proces nukleosyntezy, z 3 jąder helu powstaje węgiel (^8Be z 2 He jest bardzo nietrwały):



a w dalszej ewolucji gwiazdy z dołączania kolejno 1 jądra tworzy się ^{16}O , ^{20}Ne , ^{24}Mg , ^{28}Si , ^{32}S , aż do ^{56}Fe , ^{50}Co ^{58}Ni . Jeszcze cięższe pierwiastki nie powstają w procesie α , lecz poprzez wychwyty neutronów. Zachodzić może wychwyty powolny (proces s) we wnętrzu czerwonych olbrzymów; proces szybki (r) i proces p w eksplodujących powłokach supernowych⁶⁴. Te ostatnie sprzyjają rozprzestrzenianiu pierwiastków ciężkich w Galaktyce.

2. Międzygwiazdowa ewolucja molekularna — w środowisku międzygwiazdowego pyłu i gazu stwierdzono istnienie różnych molekuł zarówno nieorganicznych (około 15), jak i organicznych (ponad 45) od 1-atomowych aż do 13-atomowych. Takie m.in. molekuły, jak: formaldehyd H_2CO , amoniak NH_3 , cyjanowodór HCN , cyjanoacetylen HC_3N , alkohol etylowy $\text{CH}_3\text{CH}_2\text{OH}$, cyjanopentacetylen CH_{11}N ,

⁶³ Por. M. Papagiannis, art.cyt., 44—45; por. B. Kuchowicz: *Ewolucja materii kosmicznej i powstanie układu słonecznego*, w: *Fizyka i ewolucja wnętrza Ziemi*, pod red. R. Teisseyre'a, Warszawa 1983, cz. 2, 559—563.

⁶⁴ J. Narlikar: *Struktura Wszczęświata*, tłum. A. Mazurkiewicz, Warszawa 1985, 56—62.

cyjanamid NH_2CN , acetaldehyd CH_3CHO mogły stać się prekursorami dla tworzenia się bardziej złożonych związków organicznych. Wiele z tych związków wykazuje podobieństwo do wytworzonych laboratoryjnie⁶⁵. Wieloatomowe molekuly organiczne mogły tworzyć się w przestrzeni międzygwiazdowej na powierzchni ziaren pyłów a następnie przez mechanizmy reakcji powierzchniowych mogły powstać proste aminokwasy: glicyna, alanina i guanina.

3. Ewolucja molekularna w systemie słonecznym — obecność złożonych molekuł organicznych stwierdzono — o czym wyżej wspomniano — w wielu chondrytach węglistych (m.in. szereg aminokwasów o wyraźnym kosmicznym pochodzeniu) oraz w kometach uważanych za pozostałość pierwotnego, prawie niezmiennego tworzywa Wszechświata. Związki organiczne mogą także tworzyć się w atmosferach wielkich planet, Jowisza, Saturna i ich satelitów, zwłaszcza Tytana⁶⁶.

4. Post-akrecyjne stadium ewolucji Ziemi — Ziemia wraz z tworzącą się hydroatmosferą i litosferą⁶⁷ mogła otrzymać pewną ilość pierwiastków biogennych i związków organicznych z obłoku okołosłonecznego, planetazywami, komet czy meteorytów dla dalszych syntez naturalnych⁶⁸. Sprzyjały temu warunki umiarkowanej temperatury,

⁶⁵ M. Chadha: *Chemical reactivities of some interstellar molecules*, w: *Life Science and space research*, Oxford 1980, v. 18, 29—35.

⁶⁶ K. Ghosh, S. Ghosh: *A mechanism for the formation of glycine, alanine and guanine in interstellar space*, w: *Life Science and space research*, Oxford 1980, v. 18, 37—42; B. Khare, C. Sagan: *Molecules in the galactic environment*, New York 1973; L. Mukhin, M. Gerasimow: *Role of interstellar molecules in prebiological evolution*, *Origins of Life*, 10(1980)1, 61—63. Por. też T. Owen: *The atmosphere of Titan*, *J. Mol. Evol.* 18(1983) 150—156; J. Oró, K. Rewers, D. Odom: *Criteria for emergence and evolution of life in the solar system*, *Origins of Life*, 12 (1982) 285—305; W. Hagen, L. Allamandola, J. Greenberg: *Interstellar molecule formation in grain mantles: the laboratory analog experiments, results and implications*, *Astroph. Space Science* 65(1979) 215—240; B. Donn: *Organic molecules in space*, w: *Exobiology*, ed. by C. Ponnampereuma, Amsterdam 1972, 431—448.

⁶⁷ M. Ozima: *The Earth: its birth and growth*, Cambridge 1981, 80—97; W. Rudnik, E. Sobotowicz *Rannaja istorija Ziemi*, Moskwa 1984; G. Wojtkiewicz: *Rannie etapy razwitja Ziemi*, Rostow-na-Donu 1980; R. Hutchison *The formation of the Earth*, *Nature* 250(1974) 556—558; D. Ingmanson, M. Dowler: *Chemical evolution and the evolution of the Earth's crust*, *Origins of Life* 8(1977) 221—224.

⁶⁸ J. Oró *Comets and the formation of biochemical compounds on the primitive Earth*, *Nature* 190(1961) 389—390; J. Oró, G. Holtzer, A. Lazcano-Araujo: *The contribution of volatiles to the primitive Earth*, w:

pH, znaczna ilość pra-wody oraz zawartość składników (CO_2 , H_2O , N_2 , CO , H_2 , H_2S) pochodzących z pierwotnego odgazowania wnętrza Ziemi.

5. Prebiotyczna synteza monomerów — wpływ katalizatorów, promieni UV, wyładowań elektrycznych sprzyjał tworzeniu się monomerów takich, jak puryny, pirymidyny, aminokwasy, cukry, kwasy tłuszczowe. Po obniżeniu się temperatury poniżej 100°C związki te gromadziły się na powierzchni pierwotnej Ziemi, w przybrzeżnych wodach mórz i jezior.

6. Etap syntezy oligo- i polimerów — podlegając cyklicznym zmianom temperatury i wilgotności monomery pod wpływem wymienionych wyżej źródeł energii a także pewnych czynników kondensacyjnych (cyjanamid, imidazol) podlegały oligomeryzacji (dając np. oligopeptydy, fosfolipidy) i polimeryzacji. Fosfolipidy np. mają zdolność łatwego łączenia się w liposomy jako struktury będące prekursorami błon komórkowych⁶⁹.

7. Ewolucja na etapie subkomórkowym — w wyniku łączenia się i polimeryzacji monomerów biochemicznych powstawały jednostki podkomórkowe wykazujące zaczątki struktur i funkcji życiowych, jak np. kataliza proto-enzymatyczna (proto-enzymy), replikacja, transkrypcja (proto-DNA czy proto-RNA), translacja (proto-tRNA, protorybosomy)⁷⁰. Tak więc procesy przekazu informacji przy selektywnym łączeniu się były już obecne w warunkach abiotycznych.

Life science and space research, Oxford 1980, v. 18, 67—82; A. Delsemme: *Are comets connected to the origin of life?*, w: *Comets and the origin of life*, ed. by C. Ponnamperna, Dordrecht 1981, 141—159; J. Levine i in.: *Comets and the photochemistry of the paleoatmosphere*, tamże, 161—190; A. Lazcano-Araujo, J. Oró: *Cometary material and the origins of life on Earth*, tamże, 191—225.

⁶⁹ Por. D. Deamer, J. Oró: *Role of lipids in prebiotic structures*, *BioSystems* 12(1980) 167—175; D. Deamer, G. Barchfeld: *Encapsulation of macromolecules by lipid vesicles under simulated prebiotic conditions*, *J. Mol. Evol.* 18(1982) 203—204; J. Oró, E. Sherwood, J. Eichberg, D. Epps: *Formation of phospholipids under primitive Earth conditions and the role of membranes in prebiological evolution*, w: *Light transducing membranes*, ed. Deamer, New York 1978, 1—21.

⁷⁰ T. Inoue, L. Orgel: *A nonenzymatic RNA polymerase model*, *Science* 219(1983) 859—862; por. J. Oró: *Prebiological synthesis of organic molecules and the origin of life*, w: *The origin of life and evolution*, ed. H. Halvorn, K. Van Holde, New York 1980, 58—60; G. Steinman: *Non-enzymatic synthesis of biologically pertinent peptides*, w: *Prebiotic and biochemical evolution*, ed. A. Kimball, J. Oró, Amsterdam-New York 1971, 31—38.

8. Stadium ewolucji protokomórkowej — łączenie się jednostek podkomórkowych polinukleotydów, polimerów aminokwasów, fosfolipidów itp. poprzez dalszą polimeryzację, współoddziaływanie czy mechanizmy samomontażu oznaczało samoorganizowanie się pierwszych istot żywych. Możliwość tę potwierdza szereg modeli laboratoryjnych. w szczególności zaś model mikrosferowy Foxa.

9. Stadium powstania pierwszego organizmu komórkowego — mogło przebiegać w warunkach pierwotnego środowiska wodnego (primordial soup) które było źródłem substratów i częściowo energii dla powstania komórek chemoautotroficznych. Po wyczerpaniu się substratu odżywczego wytworzyły się procesy fotosyntezy około 2 mld lat temu i wówczas prokaryota mogły się przekształcić ewolucyjnie w eukaryota i dalej w organizmy wielokomórkowe. Badania nad chemosyntezą niektórych bakterii oraz liczne dane paleo-biochemiczne rzutują wiele światła na ten etap ewolucji, dotąd najmniej poznany.

10. Ewolucja biologiczna — rozpoczęta wraz z powstaniem pierwszego organizmu komórkowego była kontynuowana poprzez procesy wzrostu złożoności struktur i funkcji oraz wzrastającą specjalizację i ramifikację aż do pojawienia się istoty rozumnej na Ziemi.

W taki lub podobny sposób teoretykom abiogenezy jawi się globalny proces ewolucji prebiotycznej od powstania węgla i jego związków aż do pojawienia się biosystemów komórkowych. Jest to właściwie bardzo szkicowy scenariusz sporządzony w oparciu o nadal zbyt skąpe dane faktyczne. Jest próbą rekonstrukcji gigantycznego, także w skali kosmicznej procesu i dlatego więcej w nim luk i brakujących ogniw, niż punktów całkowicie pewnych. Niemniej jest to ogólny obraz dróg, poprzez które ze znacznym stopniem prawdopodobieństwa mogła przebiegać ewolucja chemiczna i biochemiczna prowadząc do powstania pierwszej formy żywej.

3.3. PROCES ABIOGENEZY JAKO SYSTEM DYNAMICZNY

Przedstawione wyżej rozważania prowadzone były z zamyśleniem na dwu płaszczyznach poznawczych, przedmiotowej i metapredmiotowej (metodologicznej). Chodziło mianowicie o to, aby tę część rzeczywistości materialnej, jaką stanowi świat istot żywych, przedstawić od strony tworzących ją struktur materialnych, biotycznych jako swoistych systemów empirycznych i wykonywanych przez nie funkcji życiowych oraz

związany z tym specyficzny sposób poznawania owych systemów. W szczególności została podjęta próba ujęcia i interpretacji istoty życia poprzez zastosowanie niektórych założeń ogólnej teorii systemów do tego typu obiektów materialnych, które nazywamy biosystemami. Podobnie rozróżnienie w ramach problemu powstania życia, strony przedmiotowej i metodologicznej a więc traktowanie abiogenezy jako procesu i jako teorii zmierza kolejno do uzyskania odpowiedzi na pytanie, czy dotychczasowe badania i wyjaśnienia modelowe pozwalają na traktowanie owego historycznie dokonanego procesu jako całościowego systemu. Sugerując odpowiedź pozytywną kierujemy się tu założeniem metodologicznym, które najtrafniej zostało sformułowane przez Pabisa⁷¹: „...dowolne obiekty materialne — od atomów poczynając a na skomplikowanych strukturach materialnych wytworzonych przez przyrodę kończąc — mają lub miały kiedyś możliwość tworzenia, w sprzyjających ku temu warunkach, określonych struktur, a więc systemów empirycznych. Warunki takie tworzyła i tworzy nadal przyroda”. Wyjaśnijmy za wymienionym autorem⁷², że systemy empiryczne poznaje się zwykle poprzez zjawiska i zdarzenia związane z badanymi obiektami lub będące skutkami ich działania. Zjawisko to każdy fakt empiryczny czyli dający się zaobserwować; może występować jako zdarzenie (zjawisko jednostkowe) lub zwykle jako proces czyli określony ciąg zdarzeń. Dla naszych celów ważne jest podkreślenie, że według Pabisa nazwa proces jest równoznaczna z nazwą system, z tym dodatkiem, że jest to celowo działający system dynamiczny⁷³. Tak więc celowe systemy dynamiczne przejawiają się poprzez obserwowane zjawiska jako skutki ich działania lub skutki przypadkowych zmian w ich strukturze. Systemy tego typu, podobnie jak i inne empiryczne, mogą być badane bezpośrednio przez obserwację i eksperymenty, lub za pośrednictwem badania ich modeli. W związku z zaawansowaniem teoretycznym współczesnych nauk coraz częściej tworzy się modele abstrakcyjne systemów empirycznych.

Pojmowanie procesu jako celowo działającego systemu dynamicznego dobrze harmonizuje z ostatnią z podanych w p.2.1. zasad metodologii systemowej, która postuluje rozpatrywanie

⁷¹ S. Pabis: *Metodologia i metody nauk empirycznych*, Warszawa 1985, 71.

⁷² Tamże, 71—73.

⁷³ Tamże, 72; por. też J. L. Frąckiewicz: *Systemy sprawnego działania*, Wrocław 1980, 24—27.

badanego systemu empirycznego w różnych momentach jego rozwoju, w procesie zmian.

Nie może ulegać wątpliwości, że abiogeneza stanowi taki całościowy system dynamiczny, dla opisu którego podać możemy niektóre przynajmniej ważniejsze charakterystyki. Fakt takiego traktowania abiogenezy uzasadnia m.in.:

1. wywiedziona z darwinizmu i względnie dobrze potwierdzona zasada ciągłości ewolucyjnej (J. Oró, S. Fox);

2. zasada determinizmu i nieprzypadkowości (S. Fox) tworzenia się coraz bardziej skomplikowanych struktur, nie wykluczająca oczywiście poszukiwania (m.in. na drodze prób i błędów) struktur i układów optymalnych do wykonywania określonych (ex post: ważnych biologicznie) funkcji.

Na całościowy, ciągły, procesualny i dynamiczny charakter abiogenezy wskazuje między innymi:

a. powiązanie poszczególnych etapów ewolucji prebiotycznej i stopniowe przechodzenie od niższych do wyższych,

b. następujące po sobie spontaniczne przechodzenie jednych procesów w inne, pojawianie się coraz to nowych procesów i coraz to nowych typów organizacji,

c. powstawanie na kolejnych etapach ewolucji coraz to nowych struktur i układów o charakterze całościowym,

d. brak wyraźnej przerwy pomiędzy układami nieożywionymi i systemami żywymi i wiążąca się z tym ciągłość łańcucha przyczynowego.

Powyższe racje można też wyrazić a nawet wzmocnić przez powołanie się na sformułowane przez Blandino tzw. uprzywilejowane prawa na korzyść struktur żywych (*preferential laws in favor of living structures*). Gdyby nie założyć istnienia takich praw dla nowych „regularnych” struktur w kolejnych fazach w zmieniającym się świecie, wysoce nieprawdopodobne byłoby tworzenie się, utrzymywanie i odtwarzanie takich struktur wprost z nieuporządkowanej materii⁷⁴. Dotyczy to nie tylko pierwszej powstającej struktury, ale np. genomu determinującego tworzenie się organizmu. Istnienie praw preferencyjnych jest podstawowym warunkiem działania doboru naturalnego. Mimo, że jest to jedynie prawdopodobna hipoteza, dobrze harmonizuje ze stwierdzaną ciągłością procesu ewolucji prebiotycznej równoważną z brakiem przerwy w łańcuchu przyczynowym.

Pojmowanie abiogenezy jako procesu całościowego będące-

⁷⁴ G. Blandino: *Chance and design in the origin and the evolution of living things*, w: *Unity through diversity*, 377—390.

go systemem dynamicznym starano się tutaj sformułować w oparciu zarówno o dane doświadczalne, dalekie zresztą od kompletności, jak i o analizę wybranych modeli ewolucji prebiotycznej, nie zaś — jak np. u przedstawicieli nurtu autopoiezis⁷⁵ — na podstawie przyjętych z góry określonych założeń filozoficznych. Ługowski⁷⁶ słusznie stwierdza, że „ewoluują zatem nie tylko same obiekty materialne, ale także procesy”. Takie procesualistyczne spojrzenie na abiogenezę — wymagające dalszych analiz — nie musi oznaczać takiego akurat pojmowania filozofii procesu, jakie występuje u A. N. Whiteheada, L. Bircha czy u A. Plamondon. Stanowi raczej zastosowanie integralnej, choć teoretycznie niedostatecznie opracowanej części ujęcia systemowego⁷⁷. Jeżeli „zasługą teorii systemów jest... przeniesienie akcentu ze statycznych opisów struktury na analizy procesu i zmiany”⁷⁸, to takie podejście zdaje się być w pełni adekwatne w odniesieniu do ujmowania abiogenezy jako całościowego procesu dynamicznego.

Mając na uwadze rozróżnienie abiogenezy na proces i teorię, możemy w płaszczyźnie przedmiotowej traktować ewolucję prebiotyczną w sposób całościowy, systemowy, procesualny,

⁷⁵ Por. A. Locker, dz. cyt.,; tenże: *Metatheoretical presupposition for autopoiesis*, w: *Autopoiesis. A theory of living organization*, ed. M. Zeleny, New York 1981, 211—233; E. Jantch: *Autopoiesis: a central aspect of dissipative self-organization*, w: *Autopoiesis*, 65—88; tenże: *Evolution: self-realization through self-transcendence*, w: *Evolution and consciousness. Human systems in transition*, ed. E. Jantch and C. Waddington, London 1976, 37—70; koncepcje autopoiezis analizuje W. Ługowski w art. *Biopoeza i „autopoiesis”*, w: *Z zagadnień filozofii nauk przyrodniczych*, red. A. Nowaczyk, Warszawa 1985, 61—82.

⁷⁶ W. Ługowski: *Kategoria zmiany jakościowej biogeneza*, Wrocław 1985, 199. Autor ten uważa (s. 194, 198), że w koncepcji Foxa trudno doszukać się holistycznego pojmowania mechanizmu ewolucji prebiotycznej. Wynika to, jak się zdaje, z odmiennego, dialektycznego rozumienia tych mechanizmów i samego pojęcia rozwoju i mieści się właściwie już poza płaszczyzną przedmiotowo-teoretyczną, w sferze interpretacji filozoficznych. Do tych ostatnich prowokuje zresztą sam model mikro-sferowy w jego warstwie najogólniejszej.

⁷⁷ M. Tempczyk w pracy *Fizyka a świat realny Elementy filozofii fizyki*, Warszawa 1986, 188—189 wskazuje na podobieństwa filozofii procesu i myślenia systemowego, niemniej pierwsze odnosi do ontologii, drugie do teorii poznania. Z naszych rozważań wynika, iż teoria systemów jest także ontologią systemów, mało zresztą opracowaną, a nie tylko metodologią i teorią poznawania systemów realnych.

⁷⁸ M. Łoś: *Znaczenie ogólnej teorii systemów dla socjologii*, *Praksoleologia* nr 1—2 (1977) 263; por. też A. N. Awerjanow: *Sistemnoje poznanie mira. Metodologiczskie problemy*, Moskwa 1985, 169—176; A. Malinowski: *Mechanizmy formirowanija cietlostnosti sistem*, *Sistemnyje issledowanija* 1973, Moskwa 1973, 52—62.

ciągły. W płaszczyźnie zaś metaprzedmiotowej konsekwentnie możemy formułować lub stosować wypracowane już metody analizy systemowej i na tej drodze budować jednolitą teorię wyjaśniającą przyczynowo i zarazem całościowo złożony proces powstania życia na Ziemi.

THE BASIS OF BIOSYSTEMOGENESIS

Summary

The study deals with some theoretical foundations of a theory of the origin of life on Earth. Considered in it is the abiogenesis both as a process and a theory.

As far as the process is concerned, the main attention has been paid by the author to examine recent cosmochemical, geochemical and laboratory investigations of the prebiotic chemical evolution leading to the origin of life.

From the standpoint of theory it is necessary to take a new approach to the abiogenesis, namely the system like and holistic one. The study undertakes to show applicability of some methodological principles of the general system theory to explain processes of prebiotic evolution. The presentation of the principles was exemplified as a system related interpretation of life's nature.

Probably the most important recent advance in the field of proto-biology is the system way of thinking in which the central idea is that of wholeness and of the process considered to be a dynamic system.

It seems, the model of proteinoid microspheres put forward by Sidney Fox, and a generalized abiogenesis scenario which was formulated by J. Oró, might substantiate the view that the origin of life was a continuous creative process.