

## ABIogeneza A TERMODYNA MIKA

### 1. Wstęp

W. Elsasser<sup>1</sup> w książce pt. „The physical foundation of biology” stwierdza, że życie nie podlega prawom fizyki. Natomiast E. Schrödinger<sup>2</sup>, współtwórca mechaniki falowej, w znanym dziele „What is life” zajmuje odmienne stanowisko w sprawie roli praw fizykochemicznych w wyjaśnianiu procesów genezy życia. Wspomniani autorzy nie należą do współczesnych autorytetów, do których odwołujemy się przy rozważaniu zagadnień związanych z powstaniem życia. Jednakże duch sporów minionej epoki jest ciągle ten sam. Ciągłe pytamy, czy fizyka zdoła wyjaśnić zadowalająco procesy abiogenezy? Czy prawa fizyki i chemii wystarczają w rozwiązywaniu zagadnień z pogranicza fizyki i biologii? Odpowiedzi na postawione pytania szukać będziemy w odniesieniu do ciągle rozwijającej się termodynamiki i, nieustannie doskonalącej swój aparat badawczy, nauki o powstaniu życia.

Najpierw zwrócimy uwagę na rozwój historyczny termodynamiki i biologii. W świetle termodynamiki procesów równowagowych pojawia się sprzeczność „między Carnotem a Darwinem”<sup>3</sup>. Wzrost chaosu w układzie izolowanym przeczy procesom wzrostu porządku i organizacji zauważanym w systemach biologicznych. Mówiąc prościej, klasyczne określenie drugiej zasady termodynamiki przeciwstawiało się procesom tworzenia i generowania informacji biologicznej, oraz przekreślało możliwość ewolucji przedbiologicznej. Istotna treść przyrodniczej nauki o genezie życia (teorii abiogenezy, protobiologii, biogenetyki, biosystemogenezy) wyraża jednak myśl, że pierwsze systemy żywe pojawiły się na Ziemi jako rezultat ciągu procesów stopniowego przekształcania się prostszych substancji nieorganicznych i organicznych w coraz bardziej złożone i uporządkowane układy dynamiczne. Rozwojowi podlegała zarówno termodynamika, jak i nauka o naturalnym i powolnym powstawaniu najpierw organizacji przedbiologicznej, a później biologicznej.

<sup>1</sup> Por. W. ELSASSER, *The physical foundation of biology. An analytical study*, New York 1958.

<sup>2</sup> Por. E. SCHRÖDINGER, *What is life*, Cambridge 1955.

<sup>3</sup> Por. I. PRIGOGINE, I. STENGERS, *Z chaosu ku porządkowi. Nowy dialog człowieka z przyrodą*, Warszawa 1990, 140-142. Zob. też moja rec. w: *Szczecińskie Studia Kościelne* 3 (1992) 133-134.

## 2. Historia rozwoju termodynamiki i biologii

Termodynamika przeszła przez trzy etapy rozwoju. Uwzględniając wyżej wspomniane klasyczne ujęcie zasady termodynamiki, na drugim etapie jej rozwoju (liniowa termodynamika równowagowa lub onsagerowska) zauważa się pewną styczność z naukami biologicznymi, tzn. zauważenie procesów wymiany między systemem a jego otoczeniem, umożliwiło tłumaczenie procesów przebiegających w żywym organizmie w oparciu o zasadę pozbywania się nadmiaru entropii i utrzymywania się na poziomie minimalnej produkcji entropii. Jednakże proces wzrostu organizacji w ewoluującym systemie zdawał się dalej przeczyć dotychczas znanym prawom fizyki i chemii. Dopiero na etapie trzecim rozwoju nieliniowej i nierównowagowej termodynamiki procesów nieodwracalnych pojawiają się podstawy do wyjaśniania procesów samoorganizacji przedbiologicznej.

Z drugiej też strony następował paralelnie rozwój protobiologii w wyniku rozumienia podstawowych mechanizmów ewolucji działających na kolejnych etapach procesów syntezy, samomontażu i samoorganizacji materii, jak też w wyniku akceptacji i uwzględnienia odmiennego zespołu czynników rozwoju, określonych warunków fizykochemicznych, odmiennych substratów wyjściowych, różnych źródeł energii, czy wreszcie podjęcia wybiórczo niektórych aspektów badawczych. Na skutek wewnętrznego sprzężenia między tym, co głosi nowe ujęcie drugiej zasady termodynamiki i co wyraża idea samoorganizacji, możemy dziś mówić o termodynamice abiogenezy.

Akcentując dynamikę przemian ewolucyjnych, nowa termodynamika wyróżnia w procesie rozwoju układu dwa zasadnicze etapy: stacjonarny, w którym na układ działają różnorakie przypadkowe fluktuacje (w warunkach nierównowagowych nawet niewielka fluktuacja może stać się przyczyną zmiany funkcjonowania i tworzenia się nowego stopnia organizacji) i etap bifurkacji, czyli przejścia fazowego, w wyniku którego układ „wybiera” optymalną drogę rozwoju z wielu jawiących się w punkcie krytycznym możliwości.

Układ powstały w warunkach nierównowagowych, podległy działaniu bodźców zewnętrznych, wymieniający materię i energię ze swym otoczeniem, zmieniający swój sposób funkcjonowania i stopień organizacji tworzy tzw. strukturę dysypacyjną. Idea struktur dysypatywnych została zaczerpnięta z poglądów I. Prigogine'a<sup>4</sup> – twórcy nieliniowej termodynamiki nierównowagowej.

## 3. Poza progiem stabilności termodynamicznej

Rozważania Prirogine'a skupiły się na określeniu mechanizmu samoorganizacji i opisie właściwości materii znajdującej się poza progiem stabilności termodynamicznej<sup>5</sup>. Tworząca się struktura charakteryzuje się systemowym powiązaniem i wzajemnym oddziaływaniem elementów<sup>6</sup>. Z punktu widzenia zdarzeń jednostkowych bodźce pochodzące ze środowiska są przypadkowe, nieprzewidywalne, natomiast przy uwzględnieniu całości układu określona droga rozwoju staje się procesem koniecznym,

<sup>4</sup> Por. G. NIKOLIS, I. PRIGOGINE, Samoorganizacja w nierównowiesnych sistemach. Ot dissipatiwnych struktur k uporiadoczenosti czieriez fluktuancji, Moskwa 1979, 171-234.

<sup>5</sup> W warunkach równowagowych możemy przewidzieć, że ewolucja układu będzie dążyła do stanu ustalonego. Stan ustalony jest stabilny, gdy wszystkie stężenia składników tegoż układu nie przekraczają tzw. wartości krytyczne. Stabilny, tzn. niewrażliwy na zaburzenia. Po przekroczeniu progu krytycznego układu pod wpływem fluktuacji samorzutnie opuszcza stan ustalony. Poza progiem stabilności układu pojawiają się rozmaite nowe zjawiska, które dają podstawę do tworzenia się bardziej uorganizowanych struktur.

<sup>6</sup> Por. S. W. ŚLAGA, U podstaw biosystemogenezy, *Studia Philosophiae Christianae* 23 (1987) 1, 21-51.

ciągłym i postępowym. Nowa jakość jest więc wynikiem współdziałania przypadku i konieczności<sup>7</sup>. Dzięki temu współdziałaniu ewoluujący system staje się otwarty na wszystkie możliwości i jest w stanie do generowania informacji<sup>8</sup>.

Wykorzystując wyniki badań termodynamiki procesów nierównowagowych i koncepcję struktur dysypatywnych Eigen<sup>9</sup> tworzy model hipercyklicznej organizacji materii. Analizowane przez tego autora właściwości kwasów nukleinowych (zdolność do replikacji) i białek (pojemność informacyjna) w warunkach nierównowagowych w określonych reżimach rozwidlają się, by w końcu ciąg ewolucyjny zamknąć w pojedynczy cykl. W warunkach nierównowagowych dzięki procesom autokatalitycznym i właściwościom poszczególnych cykli następuje ich połączenie w nadrzędną strukturę hipercykliczną<sup>10</sup>. Hipercykle białkowo-nukleinowe cechuje zdolność do współzawodnictwa, doskonalenia własnej organizacji i do replikacji. Hipercykl określony przez Eigena, wykazuje własności nieredukowalne do cech jej składników.

E. Jantsch<sup>11</sup> mniej poświęca uwagi własnościom funkcjonalnym substratów wyjściowych, a więcej skupia się na analizie natury procesów samoorganizacji. Akcentuje on przede wszystkim proces, a nie elementy struktury. W swoistym procesualizmie istotną rolę odgrywa tzw. koewolucyjne sprzężenie, które łączy w jeden spójny system różnorodne czynniki, warunki środowiskowe i poziomy rozwoju i organizacji poszczególnych struktur. Na zasadzie koewolucyjnego sprzężenia zwrotnego następuje łączenie różnorodności w spójnie działający system, oraz agregacja cykli w hipercykle, a hipercykli w ultracykle<sup>12</sup>. Koewolucyjne sprzężenie między różnymi tendencjami rozwoju oraz utrwalonymi strukturami i funkcjami jest źródłem powstawania i generowania informacji, oraz mechanizmem wytwarzającym mutacje i prowadzącym do selektywnego wyłączenia mniej sprawnych systemów czy podsystemów w procesie ewolucyjnym.

Jantscha filozofia globalnego widzenia świata gubi istotne w naszych rozważaniach specyficzne mechanizmy rozwoju poszczególnych warstw bytu, zatracając swoje warunki i czynniki ewolucji prebiotycznej, ale staje się uzupełnieniem szczegółowych rozważań Prigogine'a i Eigena.

Na bazie rozważań nieliniowej termodynamiki procesów nierównowagowych okazuje się, że pojawienie się życia jest procesem fizycznie możliwym i prawdopodobnym, choć niezwykle skomplikowanym i wielostopniowym. Termodynamika nierównowagowa dzięki zainteresowaniu się strukturami biologicznymi odkrywa nowe właściwości materii, tj. swoistą dynamiczność, całościowość, kreatywność (zdolność do samoorganizacji)<sup>13</sup>. Tworzenie się, zapis i przekaz informacji, czyli powolny i naturalny proces powstawania i wzrostu stopnia uorganizowania rozwijających się systemów najbardziej nas interesuje. Jednakże rozważane zagadnienie wykracza, ze swej natury, poza płaszczyznę przedmiotową i wskazuje na potrzebę analiz metodologicznych i filozoficznych.

<sup>7</sup> Por. K. KŁOSKOWSKI, Przypadek jako czynnik abiogenezy, *Studia Philosophiae Christianae* 21 (1985) 2, 39-78.

<sup>8</sup> Por. M. MATUSZAK, Koncepcje pochodzenia informacji genetycznej. Teoria Eigena, w: *Molekularne aspekty ewolucji organizmów*, cz. II, red. Z. Żak, Kraków 1987, 21-39.

<sup>9</sup> Por. M. EIGEN, R. WINKLER, *Gra. Prawa natury sterują przypadkiem*, Warszawa 1983, 75-174.

<sup>10</sup> Tamże, 215-233.

<sup>11</sup> Por. E. JANTSCH, *Die Selbstorganisation des Universums. Vom Urknal zum menschlichen Geist*. München 1982.

<sup>12</sup> Jak u Eigena pojedyncze cykle w warunkach nierównowagowych łączą się w hipercykle konkurując ze sobą, tak u Jantscha poszczególne hipercykle konkurując ze sobą w warunkach niestabilnych tworzą wyższy stan uorganizowania, czyli tzw. ultracykle. Proces ewolucyjny przedstawiony jest przez tego autora w postaci spirali.

<sup>13</sup> Por. I. PRIGOGINE, *Ponowne zaczarowanie światem*, w: R. Weber: *Poszukiwanie jedności. Nauka i mistyka*, Warszawa 1990, 157-173

#### 4. Filozofia abiogenezy

Zdaje się, iż należy poddać krytycznej analizie postawy redukcjonistyczne Prigogine'a, Eigena i Jantscha, gdyż metoda ta z jednej strony ma granice stosowalności w protobiologii – a z drugiej strony prowadzi do zarysowania nowego trendu pojęciowego i metodologicznego. Trend ten uwidacznia potrzebę zaakcentowania wyjaśnienia genetycznego i historycznego w biosystemogenezie, oraz wskazuje na konieczność zmian w ujęciu związków przyczynowo-skutkowych. Odkryte przez termodynamikę procesów nieliniowych i nierównowagowych nieznanymi dotąd właściwościami materii, oraz nowe aspekty związków przyczynowych uwzględniających spójność, całościowość, ciągłość procesów, dynamiczność przemian oraz stopniową autonomizację i stabilizację tworzących się systemów prebiotycznych skłania nas do przyjęcia i określenia związków przyczynowo-skutkowych charakteryzujących się dynamicznymi i sieciowymi własnościami.

Termodynamika procesów nierównowagowych zwraca uwagę na genetyczne i historyczne powiązanie ze sobą nieodwracalnych, złożonych i wielostopniowych systemów. Strukturę i funkcjonowanie tworzących się nadrzędnych systemów dynamicznych, jak się wydaje, należy wyjaśniać metodami i opisywać pojęciami specyficznymi dla fizyki i biologii. Jednakże nie można tu mówić o prostym dualizmie metodologiczno-pojęciowym w odniesieniu do ewoluujących systemów przedbiologicznych. Proponujemy zatem metodologiczny i pojęciowy „sort crossing” wyrażający złożony charakter proponowanego dualizmu. Stosownie bowiem do charakteru przebiegających zdarzeń w warunkach nieliniowych i nierównowagowych dopracować powinniśmy taki schemat wyjaśniania, który byłby poszerzeniem prostej relacji przyczynowo-skutkowej i taką metodologią, która wyrażałaby spójne i całościowe związki dynamicznego systemu.

Trudno byłoby zrozumieć ideę samorozwoju bez odwoływania się do całości. Niezrozumiałby byłby proces ewolucji przedbiologicznej bez odwoływania się do wzajemnego i zwrotnego powiązania dynamicznego wszystkich elementów w systemie oraz bez uwzględniania związków przyczynowych genetyczno-historycznych i sieciowych pomiędzy kolejnymi etapami ewoluujących systemów czy poziomami wzrastającej organizacji materii. Komplementarne potraktowanie stosowanego dotychczas paradygmatu analityczno-mechanistycznego z tworzącym się dynamiczno-całościowym modelem wyjaśniania zjawisk prowadzi do określenia ogólnych praw powstawania globalnego porządku, w tym także organizacji życia. Całość, dominująca w warunkach nierównowagowych nad dynamiką poszczególnych elementów, pojmowana jest równocześnie jako określona stabilna struktura i jako proces generujący nowe właściwości tejże struktury. Wzrost uorganizowania wiąże się z generowaniem i utrwalaniem informacji. Istotny wpływ na wzrost informacji rozwijających się systemów posiada ewolucyjne sprzężenie zwrotne oraz swoiste powiązanie tendencji adaptacyjnych i autonomicznych. Określając mechanizm samorozwoju jako pokonywanie progów stabilności dochodzimy do wniosku, że systemy o ściśle określonych własnościach z pogranicza stanu homeostatycznego i wzrostu autokatalicznego oparły się prawu selektywnej eliminacji i stały się podłożem dalszych przemian ewolucyjnych.

#### 5. Zakończenie

Analiza rozwoju termodynamiki nie daje jednoznacznej odpowiedzi na pytanie, czy powstanie życia jest zjawiskiem tak niezwykle nieprawdopodobnym, że graniczy z cudem, czy też, zgodnie z nastawieniem redukcjonistycznym, jest koniecznością fizyczną. Szukając odpowiedzi na powyższe pytanie zauważamy że rozważania przedmiotowe muszą być poddane metodologicznej i filozoficznej obróbce.

A. Fuliński<sup>14</sup> stwierdza, iż „teoria fizyczna nie potrafi obecnie przedstawić pełnego modelu matematyczno-fizyczno-chemicznego całego procesu powstania życia(...)”. Głos ten może świadczyć, że odczuwamy dziś nie tyle potrzebę tworzenia nowych modeli teoretycznych, co zauważamy konieczność przedmiotowego badania powiązań genetycznych i hierarchicznych pomiędzy różnorodnymi strukturami ewoluującego systemu. Doceniając zarówno osiągnięcia termodynamiki abiogenezy, jak i koncepcje struktur dysypatywnych, synergetykę Hakena oraz Rudenki teorię samorozwoju systemów katalistycznych, wydaje się naiwnym stanowisko M. Calvina<sup>15</sup>, że „opierając się na współczesnym tempie rozwoju biologii i chemii, można przypuszczać, że dokładne poznanie końcowego stadium ewolucyjnego przyrody nieożywionej jest już tylko kwestią krótkiego czasu”.

Podejmując problematykę powiązania nauki o początkach życia z innymi dziedzinami wiedzy, w naszym przypadku z termodynamiką, pragnęliśmy wykazać, że mimo znacznych sukcesów w zakresie wyjaśniania fizykalnego nie możemy oczekiwać gotowych rozwiązań i ostatecznych odpowiedzi. Nowa termodynamika może jedynie stać się programem, który oczekuje dalszych badań i konfirmacji doświadczalnych, także od strony biologii, zwłaszcza w zakresie wyjaśniania ewolucji przedbiologicznej.

*ks. Wiesław Dyk*

## ZUSAMMENFASSUNG

### ABIIGENESE UND THERMODYNAMIK

Die Untersuchungsergebnisse von ungleichbedeutenden Thermodynamikvorgängen ergeben die Grundlage zur philosophischen Betrachtung, die das Lebensentstehen betreffen, aber in nur einer Richtung, d.h. als natürliche und langsame physik-chemische Vorgänge.

Die Selbstentwicklungs-idee beansprucht die Berufung der Dynamik, der ganzen und gegenseitigen reflexiven Verbindungen aller Ausgangssubstraten und des Agens in der Evolution.

Die Beachtung der genetisch-historischen und der netzlichen Kausalzusammenhängen zwischen folgenden Etappen von Materieentwicklung in den ungleichbedeutenden Verhältnissen, erlaubt zu beweisen, daß die Systeme an der homeostatischen Zustandgrenze und autokatalytischen Anstieg widerstehen sich selektiver Elimination im vorbiologischen Evolutionvorgang.

*Wiesław Dyk*

<sup>14</sup> Zob. A. FULIŃSKI, Z punktu widzenia termodynamiki, w: Nauka - Religia - Dzieje. II Seminarium Interdyscyplinarne w Castel Gandolfo 6-9 września 1982 roku, red. J. Janik i P. Lenartowicz, Kraków 1984, 79.

<sup>15</sup> Zob. M. CALVIN, Życie: jak to było możliwe?, Problemy 6 (1974) 57.