

Szczepan W. Ślaga

Model chemotonu w wyjaśnianiu genezy życia

Studia Philosophiae Christianae 23/2, 199-205

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

MODEL CHEMOTONU W WYJAŚNIANIU GENEZY ŻYCIA**1. UWAGI WSTĘPNE**

W ostatnich latach obserwuje się intensywny wzrost badań w zakresie problematyki genezy życia na Ziemi. Nowe kierunki badań, pomysłowe eksperymenty czy modele teoretyczne z jednej strony podkreślają doniosłość pytania o początek życia, z drugiej — obrazują obszary naszej niewiedzy i rodzące się coraz to nowe znaki zapytania w tym przedmiocie.

Powodem takiego stanu rzeczy jest nie tylko odległość w czasie dzieląca nas od tego wydarzenia i związany z tym brak świadectw bezpośrednich, ale może przede wszystkim ogromna złożoność struktur i procesów biologicznych decydująca o tym, że samo życie w swej różnorodności form i skomplikowaniu jest czymś swoistym, unikalnym. Wielu badaczy zdaje się na ten fakt nie zwracać należytej uwagi, a ściślej nie rozpoczyna badania abiogenezy od rozwiązania tego właśnie problemu. Dla wyjaśnienia, choćby w sposób prawdopodobny, mechanizmów przekształcania się materii nieożywionej w pierwszą istotę żywą — co zawarte jest w samej osnowie teorii abiogenezy — konieczna jest znajomość różnicy pomiędzy tymi dwoma rodzajami materii, a w konsekwencji znajomość tzw. kryteriów życia. Tak eksperymentatorzy, jak i teoretycy abiogenezy formułują różne własne określenia życia, często prowizoryczne i uproszczone. Mają więc świadomość tego, że wyjaśnienie samorzutnego powstawania systemów żywych zależy od poznania istoty życia. Trzeba po prostu wiedzieć, czego początków poszukujemy.

2. PROBLEM KRYTERIÓW ŻYCIA

Przeświadczenie o konieczności sformułowania ścisłych kryteriów życia oraz ogólnej teorii życia towarzyszyło, jak się wydaje, pracom prowadzonym od dwudziestu lat przez Tibora Gántiego z Węgierskiej Akademii Nauk. Oryginalne koncepcje tego autora, nawet po opublikowaniu całościowo opracowanej teorii supersystemów biochemicznych¹, nie wywołały należytego oddźwięku nawet wśród specjalistów. Czytelnik polski ma obecnie możliwość zetknięcia się z tłumaczeniem wcześniejszej książki Gántiego² i z jego teorią chemotonu jako najprostszego systemu ponadmolekularnego spełniającego sformułowane w nowy sposób kryteria organizmu żywego.

Jakie jest to kryterium życia? Aby odpowiedzieć na to pytanie, Gánti dokonuje najpierw przeglądu różnych dawniejszych i nowszych określeń życia a następnie poddaje analizie przejawy życia włączane zwykle do jego definicji przez biologię klasyczną. Analiza taka pozwala zauważyć, iż przyjmowany zespół zjawisk życiowych nie może być uznany za kryterium życia, gdyż pewne organizmy wykazują niektóre tyl-

¹ Tibor Gánti: *A theory of biochemical supersystems and its application to problems of natural and artificial biogenesis*, Budapest, Akadémiai Kiadó, ss. 136 (seria *Studia Biologica Hungarica* 17).

² T. Gánti: *Podstawy życia*, z węgierskiego tłum. T. Kulisiewicz, Warszawa 1986, ss. 232.

ko przejawy życia, u innych pojawiają się jedynie okresowo, a organizmy w stanie anabiozy nie przejawiają żadnych z wymienianych w definicji zjawisk. Ani poszczególne zjawiska, ani ich suma nie pozwalają na jednoznaczne odróżnienie istot żywych od materii nieożywionej³. Kryterium życia o charakterze uniwersalnym musi obejmować cechy istotne dla wszystkich istot żywych a zasadami życia są prawa organizacji łączące te cechy w całość, w jeden funkcjonujący system⁴. Każda z cech, sama w sobie ważna, wskazuje na to, że życie jest procesem, ciągiem zmian dokonujących się w systemie, który jest uporządkowanym hierarchicznie i samotrzymującym się dynamicznym systemem otwartym. Jest to organizacja natury chemicznej z tego względu, iż elementarne procesy zachodzące w takim systemie są reakcjami chemicznymi⁵. Życie jest złożonym procesem zachodzącym w specyficznym systemie materialnym, lub inaczej, system jest wtedy i tylko wtedy żywy, jeżeli zachodzą w nim specyficzne złożone procesy⁶. Ogół procesów życiowych nazywa Gánti stanem żywym, działaniem systemu. System w stanie działania jest żywy, a zdolny do działania — nie jest żywy, ale zdolny do życia. Stąd wyróżnia się absolutne i potencjalne kryteria życia w zależności od tego, czy określone przejawy występują łącznie zawsze i u wszystkich istot żywych, czy też mogą nie występować u poszczególnych osobników lub nie zawsze choć są konieczne do przetrwania życia na Ziemi. Do absolutnych (rzeczywistych) kryteriów życia zalicza⁷ następujące:

1. system żywy musi być niepodzielny, inherentną całością i jednością;
2. musi przejawiać działalność metaboliczną, przemianę materii;
3. musi być inherentnie stabilny — stałość systemu mimo ciągłego działania i zmian otoczenia; stabilność obejmuje homeostazę i wrażliwość;
4. musi posiadać podsystem przechowujący i przenoszący informację użyteczną dla całego organizmu;
5. musi posiadać wewnętrzne mechanizmy regulacji i sterowania procesami w nim zachodzącymi.

Do potencjalnych kryteriów życia zalicza następujące:

6. System żywy musi być zdolny do wzrostu i do rozmnażania;
7. musi wykazywać zdolność do zmian dziedzicznych;
8. musi być zdolny do ewolucji;
9. musi być śmiertelny; cecha ważna z punktu widzenia całości świata żywego, natomiast życie jednostki może się nawet zakończyć bez śmierci, np. przez podział.

Każdy system, niezależnie od konkretnej struktury i składu chemicznego, uznamy za żywy, jeżeli tylko spełnia absolutne kryteria życia. Systemy żywe należą do tzw. systemów miękkich, w których procesy chemiczne zachodzą w roztworach, elementy nie są rozmieszczone sztywno w przestrzeni. Są to systemy działające dynamicznie, wykazują niepo-

³ *Podstawy życia*, 25.

⁴ *A theory of biochemical supersystems*, 13.

⁵ Tamże, 12.

⁶ *Podstawy życia*, 81.

⁷ Tamże, 82—85; *A theory of biochemical supersystems*, 18—20.

dzielność i wewnętrzną stabilność daleką od równowagi dzięki ciągłemu wykonywaniu pracy chemicznej. Zmiany w systemie realizowane są nie po torach wymuszonych, ale poprzez cykliczne procesy chemiczne i zamknięte sieci reakcji, zapewniające systemowi niezmienną strukturę.

3. ELEMENTARNA JEDNOSTKA ŻYCIA

Wydaje się, że nieodzownym warunkiem stworzenia poprawnej pod względem nie tylko merytorycznym, ale i metodologicznym teorii genezy życia jest zarówno jednoznaczne wyodrębnienie istot żywych od wszystkich innych obiektów nieożywionych, co realizuje się poprzez ustalenie wskazanych kryteriów życia, jak też ściśle określenie podstawowej elementarnej jednostki życia. Dotychczasowe próby znalezienia takiej jednostki (np. monery, wirusy, komórka, mikrosfery, protobionty) Gánti uważa za mało zadowalające. Model takiej elementarnej jednostki życia musi mieć z konieczności charakter teoretyczny i abstrakcyjny, bowiem wskutek rozwoju ewolucyjnego w naturze nie występują w czystej postaci minimalne systemy wykazujące cechy życia. Gánti wychodzi ze słusznego spostrzeżenia⁸, iż jednostki elementarne wykazujące specyficzne cechy o charakterze uniwersalnym, a właściwie ich modele teoretyczne, są podstawą rozwoju każdej nauki. Takie elementarne abstrakcyjne jednostki, np. punkt w geometrii, molekula w chemii, posiadają wszystkie właściwości charakteryzujące zjawiska badane przez daną naukę i nie dają się rozłożyć już na mniejsze bez pozbawienia ich właściwej im natury. Modele systemów minimalnych można opisywać i ujmować matematycznie.

Podobnie jest na terenie biologii. Podstawowych praw życia poszukujemy w regułach organizacji najprostszych systemów biologicznych, niepodzielnych, na najniższym poziomie organizacji. System minimalny to taki, który wykazuje wszystkie charakterystyczne cechy życia jako takiego, ale z którego nie można odjąć już niczego bez utraty tych cech. Taki system nie istnieje w rzeczywistości, będzie jednak podstawowym pojęciem biologii teoretycznej⁹, umożliwiającym dokładne odwzorowanie realnych zjawisk biologicznych.

Model teoretyczny najprostszego systemu żywego, który jest zarazem systemem niepodzielnym, miękkim, działającym dynamicznie, Gánti nazywa chemotonem. Jak wszystkie systemy ożywione, chemoton winien składać się z pewnych podsystemów, których połączenie daje całościowy funkcjonalny system. Gánti wskazuje na trzy podsystemy wyróżnione w oparciu o badanie komórki: cytoplazmę, błonę komórkową, materiał genetyczny. Połączenie w jeden system modeli tych podsystemów daje nam abstrakcyjny model komórki. Autor dowodzi, iż można skonstruować czysto chemiczne systemy odpowiadające funkcjom tych podsystemów i można je odpowiednio połączyć otrzymując supersystem chemiczny o cechach jakościowo nowych. Podsystemy chemiczne współpracują ze sobą, ich działania podporządkowane są działaniu całości supersystemu. Ten ostatni — chemoton — jest z biologicznego punktu widzenia najprostszym systemem wykazującym wszystkie przejawy życia, jest więc elementarną chemiczną jednostką życia. Jako

⁸ *Theory of biochemical supersystems*, 9; *Podstawy życia*, 57.

⁹ *Podstawy życia*, 70.

taki chemoton spełnia absolutne kryteria życia: jest inherentną całością, wykazuje przemianę materii, stabilność, posiada podsystem przechowujący i przenoszący informacje dotyczące całego systemu, zachodzi regulacja i sterowanie procesami. Poza tymi absolutnymi kryteriami życia spełnia też kryteria potencjalne: wzrost i rozmnażanie, zdolność do zmian dziedzicznych i do ewolucji, śmiertelność. Autor stwierdza¹⁰, że „chemoton jest rzeczywiście takim abstrakcyjnym systemem minimalnym, który wykazuje wszystkie podstawowe, ogólne, charakterystyczne cechy jakościowe systemów żywych, a więc musimy go uznać za żywy”. Wniosek ten potwierdza przeprowadzona komputerowa symulacja działania chemotonu¹¹.

Model chemotonu, sformułowany w dużej mierze przy pomocy równań różniczkowych kinetyki i termodynamiki chemicznej, wykorzystujący także idee systemowe, może być użyteczny do opisu i interpretacji podstawowych zjawisk życia, mechanizmów funkcjonowania istot żywych a w konsekwencji do sformułowania fundamentalnych praw biologii. Sam autor formułuje pewne wnioski ze swej teorii wyprowadzone a dotyczące podstawowych praw automatów miękkich, wyprowadzenia podstawowych praw genetyki, strategii syntezy systemów żywych, wyjaśniania powstania życia czy wreszcie sugestie odnośnie do stworzenia ścisłej biologii teoretycznej.

4. NOWA PERSPEKTYWA BADANIA ABIOGENEZY

Zgodnie z tytułem niniejszych uwag zatrzymamy się przez chwilę na wynikających z modelu chemotonu wnioskach dotyczących wyjaśniania początków życia na Ziemi.

Pojęcie chemotonu jako elementarnej chemicznej jednostki życia Gánti porównuje z elementarną biologiczną jednostką życia zwaną biontem¹². Tę jednostkę życia stanowi system, który ujawnia już przestrzenną strukturę morfologiczną, a przebieg jego procesów jest kontrolowany przez określoną sekwencję wyspecjalizowanych aminokwasów, czyli przez enzymy. Tworzenie się biontów nie może jednak dokonywać się spontanicznie i bezpośrednio z prostych związków organicznych, musi wobec tego być poprzedzone ewolucją chemiczną, a więc abiogennym tworzeniem się systemu reakcji chemicznych samozachowawczości, metabolizmu i samoreprodukcji, funkcjonujących bez udziału enzymów i wyspecjalizowanych struktur. Pomiedzy pierwotną ewolucją chemiczną i biologiczną musiał więc istnieć okres ewolucji przedbiologicznej, w trakcie którego tworzyły się systemy chemiczne będące odpowiednikami podsystemów chemotonu i mające zdolność łączenia się w supersystem — chemoton. Stopniowe przemiany i rozwój tego ostatniego mógł prowadzić do pojawienia się biontu. Szereg badań współczesnych, m.in. R. Buveta, S.W. Foxa dowodzi, że możliwe jest nieenzymatyczne zachodzenie różnych reakcji ważnych z biologicznego punktu widzenia. Związczą reakcje cykliczne odgrywały ważną rolę na pierwotnej Ziemi¹³. Niektóre cykliczne procesy autokalityczne (m.in. powstanie cu-

¹⁰ Tamże, 146.

¹¹ Por. Appendix II: *Kinetic study and computer simulation of chemotons* pióra F. Békés, T. Gánti, A. Nagy, w: *A theory of biochemical supersystems*, 105—123; por. *Podstawy życia*, 146—155.

¹² *A theory of macromolecular supersystems*, 23.

¹³ *Podstawy życia*, 183—184.

krów z formaldehydu) odtworzono laboratoryjnie. Podobnie protobio-ny symulowano w modelu mikrosferowym. Zbyt skąpe są natomiast badania dotyczące tworzenia się podsystemu informacyjnego bez udziału enzymów. Nie ma też badań wskazujących na łączenie się podsystemów w jeden supersystem ożywiony.

Przegląd krytyczny prac eksperymentalnych różnych badaczy odnośnie do ewolucji chemicznej a w szczególności możliwości spontanicznego tworzenia się złożonych związków organicznych, zespołu abiotycznych reakcji cyklicznych, zaczątków procesów informacyjno-genetycznych i wreszcie systemów biologicznych prowadzi Gántiego¹⁴ do wniosku stwierdzającego, że wskazane doświadczenia potwierdzają hipotezę głoszącą, iż „homeostatyczne systemy reakcji typu biologicznego odpowiadające modelowi chemotonu mogły pojawić się w trakcie prebiotycznego stadium ewolucji i mogły służyć za podstawowe składniki coraz to bardziej złożonych systemów funkcjonujących, postępujących stopniowo ku stadium biologicznemu”. Można wobec tego przyjąć w myśl darwinowskiej idei ciągłości ewolucyjnej, że pojawienie się i ewolucja systemów podobnych do chemotonu „zapełnia” przedział pomiędzy substancjami chemicznymi i systemami biologicznymi¹⁵.

4. CZY ZBLIŻAMY SIĘ DO WYJASNIENIA ISTOTY I GENEZY ŻYCIA?

Uwagi niniejsze z założenia miały na celu prezentację oryginalnej koncepcji Gántiego, która zasługuje na pogłębione analizy teoretyczno-matematyczne, a przede wszystkim na dalsze badania weryfikacyjne. Niemniej prawem recenzenta jest wyrażenie opinii własnej i pewnych wątpliwości rodzących się w trakcie lektury obydwu prac.

Nie może ulegać wątpliwości, że istota życia należy do najważniejszych i nie rozwiązanych dotąd problemów w biologii. Nieprowadzenia w jego wyjaśnianiu Gánti upatruje głównie w braku odpowiednich danych doświadczalnych jako podstawy dla zbudowania ogólnej teorii życia. A nadto postęp dokonany w ciągu ostatnich dziesięcioleci musi iść w parze ze zmianą myślenia biologicznego, odrzucenia starych schematów i ukształtowania „nowego światopoglądu biologicznego”¹⁶. Wychodząc z tych założeń ogólnych Gánti formułuje teorię chemotonu w nadziei, iż „przyniesie ona zasadniczą zmianę poglądów w biologii”¹⁷. Jak dotąd, te nadzieje nie spełniły się.

Niemniej na uznanie i dalszą wnikliwą refleksję zasługuje oryginalne przeformułowanie tzw. kryteriów życia i związane z tym samo pojęcie życia. Dobór kryteriów wydaje się niezwykle trafny i odpowiednio uzasadniony, co nie oznacza, iż przekona każdego biologa choćby dlatego, że mimo wprowadzonego formalizmu pojęcia określające daną właściwość, proces, stan, nie są ściśle jednoznaczne, dopuszczają różną interpretację. Ponadto tego typu pojęcia jako należące do dziedziny nauk empirycznych, nie mogą być „zafiksowane” raz na zawsze także ze względów logicznych. Dalszy ich rozwój byłby niemożliwy, co równałoby się zahamowaniu postępu samej biologii. Podtekst wywo-
dów Gántiego zdaje się zresztą potwierdzać to, że pojęcia a nawet całe

¹⁴ *A theory of macromolecular supersystems*, 73.

¹⁵ Tamże, 75.

¹⁶ *Podstawy życia*, 46 n.

¹⁷ Tamże, 52.

teorie biologiczne muszą być każdorazowo konfrontowane z nowymi faktami w tym zakresie.

Samo pojęcie chemotonu nie jest jeszcze jednym obok np. mikro sfery czy hipercyklu, stanowi swoistą koncepcję, model o cechach oryginalności i walorach heurystycznych. Mimo jednak całej swej złożoności wydaje się być modelem zbyt uproszczonym, nie odzwierciedlającym całego skomplikowania istoty życia. Między innymi uzasadnienia dotyczące przyjęcia w modelu chemotonu trzech podsystemów nie są w pełni przekonujące. Podobnie rzecz ma się z proponowanym szerokim wachlarzem wniosków wynikających z tego modelu. A już trzeba byłoby wielkiego optymizmu, by uwierzyć, iż w oparciu o wskazany model i wnioski z niego wynikające, uda się stworzyć całościowy jednolity i zwarty system biologii teoretycznej.

Warto także zwrócić uwagę na to, że mimo posiłkowania się szeregiem pojęć z zakresu ogólnej teorii systemów czy teorii informacji Gánti stoi na pozycjach redukcjonistycznych. W oparciu o różne wypowiedzi można nawet twierdzić, że wyznaje redukcjonizm skrajny, postulujący możliwość pełnego wyjaśnienia całości zjawisk życiowych w oparciu o prawa fizyki i chemii. Wbrew optymizmowi autora chyba dobrze się stało, że ten redukcjonizm fizykochemiczny pozostał dotąd w sferze postulatywnej.

Wywody autora *Podstaw życia* dotyczące problemu genezy życia ujawniają znaczny stopień oryginalności, chociaż nie są ani tak wszechstronne, jak np. badania S.W. Foxa, ani tak precyzyjne, jak sformułowana przez Manfreda Eigena teoria samoorganizacji materii i ewolucji makromolekuł biologicznych. Zdaniem Gántiego model chemotonu dowodzi, że „podstawowe cechy życia i systemów ożywionych nie są uzależnione od obecności enzymów i regulacji enzymatycznej. Teoria ta podaje prawidłowości organizacji i działania takich właśnie miękkich systemów chemicznych, które działają w sposób regulowany i sterowany, dysponują informacją genetyczną i zdolnością do ewolucji, nie wymagając w tym celu obecności enzymów. Teoria chemotonu... dowodzi, że teoretycznie możliwe jest powstanie i działanie takich systemów żywych, w których sekwencja aminokwasów w białkach nie odgrywa żadnej roli”¹⁸. Teoretyczna możliwość wyprowadzenia na gruncie teorii chemotonu przebiegu spontanicznego tworzenia się systemów żywych z nieożywionych czeka jednak nadal na wieloletnie badania eksperymentalne. Zarówno sama idea, jak i różne próby symulowania pewnych procesów bez udziału enzymów znane są już od dość dawna¹⁹. Można powiedzieć, że tego rodzaju próby znajdują w koncepcji chemotonu interesująco sformułowane założenia i przesłanki teoretyczne. A to już jest istotny krok naprzód.

O ile założenie, iż „wytworzenie systemów żywych jest problemem

¹⁸ Tamże, 181.

¹⁹ Por. np. G. Steinman: *Non-enzymatic synthesis of biologically pertinent peptides*, w: *Prebiotic and biochemical evolution*, ed. by A. Kimball and J. Oró, Amsterdam-New York 1971, 31—38; por. R. Buvet: *Energetics of coupled biochemical processes and of their chemical models*, w: *Living systems as energy converters*, editors: R. Buvet, J. Allen, J. Massué, Amsterdam-New York 1977, 21—39; tenże: *L'origine des êtres vivants et des processus biologiques*, Paris 1974, Masson Publ.

prostszy, niż było wynalezienie radia”²⁰ trzeba uznać za dobry żart, o tyle ocena wyników badań Foxa²¹ wydaje się wyraźnym nieporozumieniem. Owszem, Fox nie określa kryteriów odróżniających systemy żywe od nieożywionych, gdyż pewno ich nie zna, a mikrosfery nie spełniają podanych przez Gántiego kryteriów życia, bowiem formułuje inne i na innej podstawie. Doświadczenia Foxa dowodzą, według naszego autora, jedynie sztucznego wytworzenia i samorzutnego powstania w praocenie podsystemu błon. Ten superkrytycyzm Gántiego w zestawieniu z trafnym jego twierdzeniem, iż mikrosfery Foxa uważa za twory ożywione nie na podstawie „znajomości organizacji systemów żywych, ale na kilku właściwościach biologicznych kuleczek”²² stanowi wyraźne pomieszanie przesłanek z wnioskami. Otóż badacz z Florydy w swym podejściu konstrukcjonistycznym — a przeciw redukcjonistycznemu — nie wychodzi od znajomości właściwości życia organizmów aktualnych, ale podąża w kierunku przeciwnym, takim właśnie, w jakim przebiegała naturalna ewolucja życia i dlatego próbuje na każdym etapie tej ewolucji ustalić kryteria tworzących się (i odtwarzanych laboratoryjnie) biosystemów²³.

Niezależnie od wskazanych wyżej trudności i wątpliwości teoria chemotonu zawiera szereg momentów nowych, oryginalnych, godnych kontynuacji ze względu na swe walory heurystyczno-poznawcze.

K. Simionescu, F. Denesz: *Proischozhdienie žizni. Chimizheskie teorii*. Perewod s rum., Moskwa 1986, „Mir”, ss. 120.

Aktualny stan wiedzy na temat początków życia na Ziemi charakteryzuje się wielością i ogromną różnorodnością poglądów, hipotez, teorii, modeli. Wielość ta, związana z szerokim i wielokierunkowym frontem badań empirycznych i teoretycznych, wynika zarówno z faktu podejmowania badań szczegółowych czynników i poszczególnych etapów długiego, rozłożonego w czasie, procesu ewolucji chemicznej i biochemicznej, jak i stosowania rozmaitych sposobów badania. Formułowane hipotezy i modele teoretyczno-hipotetyczne określane bywają różnymi nazwami w zależności m.in. od dziedziny, w ramach której są

²⁰ *Podstawy życia*, 189.

²¹ Tamże, 193.

²² Tamże, 194.

²³ S. W. Fox: *Origin of the cell: experiments and premises*, *Naturwissenschaften* 60/1973/359—368; tenże: *How many theories for the origin of (proto)life?*, w: *Biomolecular structure, conformation, function and evolution*, v.2 *Physico-chemical and theoretical studies*, ed. by R. Srinivasan, Oxford-New York 1981, 643—646; tenże: *The origin and nature of protolife*, w: *The nature of life*, ed. W. Heidcamp, Baltimore 1978, 23—92; tenże: *Life from an orderly Cosmos*, *Naturwissenschaften* 67(1980) 576—581; tenże: *Creationism and evolutionary protobiogenesis*, w: *Science and creationism*, ed. A. Montagu, Oxford 1984, 194—239.