

# Maria Romanow-Broniarek

---

## Hansa Kuhna model ewolucji przedbiologicznej

---

Studia Philosophiae Christianae 14/1, 162-169

---

1978

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](http://bazhum.muzhp.pl), gromadzącej zawartość polskich czasopism humanistycznych i społecznych.

Tekst jest udostępniony do wykorzystania w ramach dozwolonego użytku.

i funkcje psychiczne Hofer wskazuje, iż wiele ich śladów możemy jeszcze stwierdzić u współczesnego człowieka. Sama zresztą zdolność do kultury („Kulturfähigkeit”; s. 133) stanowi jego zdaniem „prastare, subludzkie dziedzictwo, stanowiące przesłankę, iż w subludzkich naczelnym mógł w ogóle powstać człowiek. Pod nazwą kultura rozumiemy nowy sposób zachowania się, którego się można nauczyć”. Jest to niewątpliwie bardzo rozszerzone pojęcie kultury, na które wielu autorów raczej by się nie zgodziło, gdyż konsekwentnie trzeba by różnym zwierzętom przypisać kulturowe formy zachowania się, podczas gdy zwykle się raczej mówi w takich sytuacjach co najwyżej o „subkulturowym” behawiorze. Słusznie jednak autor podkreśla w swej pracy wzajemny wpływ rozwoju kulturowego na biologiczny i odwrotnie, co szczególnie doniosłą odgrywało rolę w prehistorycznej fazie filogenezy człowiekowatych.

Również część druga tej pracy poświęcona omówieniu „aspektów filozoficznych” nie ma charakteru zwartej, w miarę wyczerpującej monografii, lecz stanowi raczej krytyczną analizę poglądów głoszonych na temat człowieka przez niektórych filozofów, jak Herdera, Kanta, Hegla, Marxa, Schelera i innych. Choć wypowiedzi ich w aspekcie przyrodniczym były niewątpliwie uwarunkowane ówczesnym poziomem badań przyrodniczych, to jednak słusznie Altner zwraca uwagę na wielki dorobek tych uczonych w ujmowaniu różnych aspektów natury ludzkiej nie zawsze odpowiednio uwzględnionych przez antropologów — przyrodników. Dokonując w końcowym rozdziale podsumowania poglądów omawianych przez siebie filozofów, autor ustosunkował się również do aktualnego zakresu problematyki i stanu badań antropologii przyrodniczej, którą widzi w sytuacji dość kryzysowej, co można raczej uznać za ocenę przesadną.

*Franciszek Rosiński*

MARIA ROMANOW-BRONIAREK

## HANSA KUHNA MODEL EWOLUCJI PRZEDBIOLOGICZNEJ

### I

Poszukiwanie fizyko-chemicznych początków kształtowania i „przeżywania” samoorganizujących się układów skupia dziś zainteresowanie dużej grupy badaczy. Ekstrapolacja teorii Darwina na okres prebiotyyczny wymaga zbudowania reguł interpretacyjnych, które pomagałyby

przekładać kluczowe pojęcia ewolucji biologicznej na równoważne im pojęcia ewolucji chemicznej. Próby opisu ewolucji chemicznej za pomocą termodynamiki klasycznej prowadzą do sprzeczności pomiędzy wzrostem organizacji rozwijających się układów a drugą zasadą termodynamiki. Stąd termodynamiczny sens ewolucji przedbiologicznej uchwytne stał się dopiero, gdy opracowana została termodynamika układów otwartych. Okazało się, że o ile w pobliżu równowagi termodynamicznej obserwujemy zanikanie porządku, to z dala od niej mogą powstawać struktury uporządkowane. W latach siedemdziesiątych na bazie termodynamiki nierównowagowej zaproponowano szereg modeli opisujących mechanizm ewolucji prebiotycznej (M. Eigen, I. Prigogine, G. Nicolis, A. Babloyantz i in.)<sup>1</sup>. W tych modelach darwinowskiemu prawu „przeżywania najlepiej przystosowanych” odpowiada dążenie do optymalnej stabilności. Ewolucja zmierza w kierunku układu zdolnego minimalizować błędy i w tym sensie jest deterministyczna. Zawiera ona jednak w sobie elementy statystyczne. Jej początek uwarunkowany jest tworzeniem się lokalnych fluktuacji, które przekroczywszy określoną wartość krytyczną, zdolne są pchnąć układ na drogę wiodącą ku następnemu stanowi stabilnemu.

Stochastyczny charakter modeli proponowanych w ramach termodynamiki procesów nieodwracalnych, w szczególności pierwszych etapów rozwoju, nie jest akceptowany przez wszystkich badaczy. Niektórzy z nich, sądząc, że przypadek nie jest zasadą Przyrody na kształt zasady nieoznaczoności Heisenberga, poszukują modeli fizyko-chemicznych ewolucji prebiotycznej, które uwzględniałyby uwarunkowania środowiskowe. W modelach stochastycznych przyjmuje się homogenność środowiska („bulion pierwotny”), w którym poczęło się życie.

Hans Kuhn<sup>2</sup> (prof. Instytutu Maxa Plancka w Getyndze) zaproponował model ewolucji, w której początkowe etapy przebiegają w środowisku heterogennym. Autor stawia sobie jako cel zbudowanie modelu, który wyjaśniałby zasadnicze możliwości rozwoju układów cząsteczkowych tj. wskazywał sposób, w jaki cząsteczki mogły tworzyć coraz bardziej skomplikowane jednostki funkcjonalne. Modelem swym stara się on objąć okres ewolucji materii począwszy od tworzenia się prostych układów cząsteczkowych aż do powstania i rozwoju społeczności ludzkiej. Kuhn wychodzi z założenia, że samoorganizacja materii

<sup>1</sup> Por.: I. Prigogine, G. Nicolis, A. Babloyantz: *Thermodynamics of Evolution*, „Physics Today”, 25 (1972) N. 11, 23—28 oraz 25 (1972) N. 12, 38—44.

<sup>2</sup> Niniejsze rozważania zostały opracowane na podstawie pracy Hansa Kuhna: *Model Consideration for the Origin of Life. Environmental Structure as Stimulus for the Evolution of Chemical Systems*, „Naturwissenschaften”, 63 (1976) H. 2, 68—80.

jest w zasadzie prostym procesem fizyko-chemicznym. Stąd nie poszukuje on nowych podstaw teoretycznych, lecz zmian strukturalnych w układach organizujących się oraz sił inicjujących i kierujących rozwojem.

## II

W prezentowanym modelu podstawowym założeniem jest, że pierwsze etapy ewolucji chemicznej są wywoływane i kierowane przez specyficzną strukturę środowiska: czasowe oscylacje, przyczyniające się do pomnażania i selekcji oraz heterogenność otoczenia, prowadzącą do wzrostu przestrzeni „życiowej” poprzez wzrastające komplikowanie się układów. Ewolucja (np. aparatu genetycznego) zachodzi stopniowo poprzez rozróżnialne etapy dane przez przemiany między fazami rozbiegania się (tworzenie wielu różnych form o takim samym prawdopodobieństwie „przeżycia”) i ściśle selektywnymi — zbiegania się („przeżywania” mutantów lepiej przystosowanych). Bariery, spowodowane brakiem wzrostu informacji przenoszonej z generacji na generację, są pokonywane za pomocą zmian w strukturze organizacyjnej układu genetycznego. Bariera spowodowana maksymalną pojemnością aparatu genetycznego została pokonana przez taki układ organizacyjny, jakim jest społeczeństwo ludzkie.

Kuhn przyjmuje ścisłą analogię pomiędzy ewolucją pojęć w umyśle ludzkim a ewolucją układów samoorganizujących się. Nowe schematy myślowe („denkschemes”) są tworzone poprzez wariację poprzednich (faza multiplikacji lub rozbiegania się), przy czym elementy nieodpowiednie są eliminowane (faza zaniku lub zbiegania się). Proces ten, powtarzany wielokrotnie, doprowadza do wyciągnięcia maximum korzyści. Nowe formy opanowują nowe obszary (tematyczne lub życiowe) lub też zastępują uprzednie formy w danym obszarze.

Dotychczasowe teorie samorganizacji materii opierają się na uproszczonym założeniu o amorficzności środowiska w czasie i przestrzeni („bulion pierwotny”). Stąd rozważano modele reakcji w fazie homogennej lub katalizowanych na powierzchni o niespecyficznym kształcie (M. Eigen). W tym przypadku bodźce dla samorganizacji musiały pochodzić z oddziaływań między samymi cząsteczkami. Kuhn zakłada, że decydującym bodźcem ewolucji jest specyficzna struktura środowiska: periodyczna w czasie (obszar oświetlany jest przez słońce lub pozostaje w cieniu) i heterogenna w przestrzeni (obszar jest porowaty). Periodycznie fluktuujący bodziec wywołuje stałą przemianę między fazami reprodukcji i zaniku, w której „przeżywają” formy najlepiej przystosowane. Heterogenne środowisko stanowi przestrzeń „życiową”.

Autor rozważa model składający się z wielu prostych etapów fizy-

ko-chemicznych i stara się ustalić nieprzerwany łańcuch przyczynowy. Model ten może nie reprezentować rzeczywistych okresów geologicznych. Chodzi tu o sprawdzenie, czy powstanie organizmów biologicznych może być w zasadzie wyjaśnione na podstawach fizyko-chemicznych. Znaczenie ma przejrzystość modelu, a nie szczegóły hipotetycznych zdażeń.

Kuhn rozpatruje porowaty materiał, którego zagłębienia wypełnione są roztworem wodnym, zawierającym różne rodzaje monomerów bogatych w energię. Warunki (temperatura i skład roztworu) w tym obszarze zmieniają się periodycznie, co powoduje pojawienie się replikacji. Monomery tworzą nici macierzyste i komplementarne. Monomery pochodzą z otoczenia, a utworzone z nich makromolekuły mogą być zatrzymywane w porach. Przypadkowe zmiany sekwencji monomerów w łańcuchu doprowadzają do tego, że niektóre struktury będą łatwiej zatrzymane w korzystnym obszarze (porach). Powstające makromolekuły zdolne są do tworzenia agregatów. Proces ten zabezpiecza cząsteczki przed odwyfundowaniem. W fazie multiplikacji agregaty rozpadają się na pojedyncze cząsteczki, które mogą się mnożyć itd. Układy lepiej przystosowane do środowiska przetrwają.

Zewnętrzne fluktuacje programowały ten rozwój. Na pierwotnej Ziemi porowaty materiał był periodycznie oświetlany przez Słońce, dzięki występowaniu otaczających obiektów (np. kamień) rzucających cień. Programów takich było wiele (różne układy obiektów otaczających). Statystycznie któryś z tych programów prowadził do wymaganej sekwencji reakcyjnej. Tak więc pierwszym decydującym bodźcem ewolucji są szczególne programy periodyczne wśród wielkiej liczby programów dostępnych.

Kuhn zakłada, że roztwór wypełniający pory zawierał mononukleotydy powstałe w redukującej atmosferze lub pochodzące z meteorytów. Jego zdaniem istotne jest to, że proponowany model pozwala ominąć trudności występujące przy badaniach modeli opartych na założeniu, że życie powstało w oceanie. Te ostatnie opisują wprawdzie fluktuacyjne tworzenie się mało prawdopodobnych warunków środowiskowych, nie przewidują jednak ich periodycznego powtarzania się, a dopiero to może stać się bodźcem do replikacji i selekcji.

Przypadkowe błędy w replikacji przyczyniają się do powstania nici ze zróżnicowaniami. Zmiany takie mogą być korzystne, prowadząc do nowych właściwości, uzdalniających układ do mnożenia się i przetrwania w nowym rejonie, sąsiadującym z przepełnionym rejonem macierzystym. Przez dalsze drobne zmiany forma ta dostosowuje się do nowego obszaru. Modyfikacje mogą prowadzić do wzrostu skomplikowania (więcej cząsteczek w agregacie). Tak więc proces ekspansji jest

inicjowany przez pojawienie się formy z niewielkim wzrostem uporządkowania.

W mechanizmie prowadzącym do rozprzestrzeniania się układów o rosnącej komplikacji Kuhn upatruje drugi decydujący bodziec ewolucyjny. Ewolucja jest, zdaniem autora, procesem nieciągłym, na który składają się fazy rozbiegania i zbiegania się. W fazie rozbiegania się wiele form tworzy się przez mutacje w odpowiednim rejonie. W fazie zbiegania się spośród wielu współistniejących przeżywają mutanty lepiej przystosowane do przetrwania i rozwoju w korzystnych obszarach.

Autor wprowadza w swych rozważaniach pojęcie „wiedza K”. K jest miarą „zdolności adaptacyjnej formy do otoczenia” lub miarą „wiedzy” formy o otoczeniu. Większe zmiany przestrzeni życiowej, większe skomplikowanie funkcji potrzebnych do adaptacji wywołują wzrost wartości K. K wzrasta przy przechodzeniu do nowego etapu ewolucyjnego, a nie wzrasta po przystosowaniu się formy do danego rejonu. Podobnie jak entropia układu, K nie maleje, gdy struktura środowiska nie ulega zmianie. W przeciwieństwie do entropii, wiedza K układu jako całości nie może być sumą składowych części układu, lecz jest dana przez „wiedzę” pojedynczych indywiduów i wzrost wiedzy wynikający z ich współpracy. Wzrost wiedzy jest sprzężony ze wzrostem „genetycznie przenoszonej informacji”, który wynika z reorganizacji układu (pokonywanie barier ewolucyjnych).

Jedynie dokładnie replikowane formy mogą, zdaniem Kuhna, budować agregaty. Zapewnia to niewielką szybkość powstawania błędów w produkcji agregatów, mimo częstego ich powstawania w pojedynczych cząsteczkach. W ten sposób wzrasta liczba monomerów przenoszących informację — jednostką „genetyczną” nie jest już pojedyncza cząsteczka, lecz agregat.

Agregaty, rozwijając się dalej, tworzą formy o wzrastającej wielkości. Tymczasem pojawia się nowy rodzaj makromolekuł (zachowujących się jak katalizatory), które mogą zabezpieczać uprzednio powstałe formy przed oddyfundowaniem poprzez zamykanie porów. Każdy układ produkujący szybciej cząsteczki blokujące pory (aparatus katalityczny) jest selekcyjnie korzystniejszy. Według Kuhna cząsteczkom zdolnym do replikacji mogą odpowiadać kwasy nukleinowe, a cząsteczkom blokującym pory polipeptydy o niespecyficznego sekwencji. Te ostatnie mogą organizować się w wolne błony, które w końcu zastąpią całkowicie pory (pierwotna forma błon komórkowych).

Prymitywny kod genetyczny powstaje jako produkt uboczny specjalizowania się mechanizmu katalitycznego. Tworzone są pierwotne enzymy, które zmniejszają szybkość replikacji błędów do wartości pozwalającej gromadzić informację niezbędną dla budowania tych enzymów.

Mogą być tworzone dalsze enzymy kodonowe. Jednostką genetyczną nie są już agregaty, lecz agregaty we wspólnej powłoce. „Ewolucja kodu genetycznego jest naturalną konsekwencją selekcji układów, które funkcjonują z coraz bardziej wyrafinowanym aparatem produkującym błony” (s. 74). W ten sposób układy uwalniają się od rejonów, w których temperatura i skład zmieniają się zgodnie z określonym programem. Na tym etapie ewolucji indywiduum stanowi pewna liczba agregatów zamkniętych błoną.

Następnie ewolucja prowadzi ku aparatowi genetycznemu, w którym mechanizmy replikujący i syntetyzujący enzymy są rozdzielone. Informacja dla konstruowania układów będzie teraz wbudowana w pojedynczy łańcuch, a nie podzielona pomiędzy wszystkie nici dopełniające.

Na dalszym etapie ewolucji, według proponowanego modelu, układy uniezależniają się od dopływu bogatych energetycznie nukleotydów i aminokwasów. Błony przestają przepuszczać te cząsteczki poprzez włączanie w swój skład fosfolipidów i stają się błonami o ściśle określonej półprzepuszczalności.

Wzrasta informacja przenoszona z jednej generacji do drugiej. Prawdopodobieństwo błędu podczas replikacji osiąga stałą wartość. Pojemność informacyjna osiąga wartość  $N_{total} = 10^8$ . Bariera ta może być pokonana poprzez rekombinację materiału genetycznego w procesie rozmnażania płciowego. Rozwój procesów płciowych determinuje więc dalszy kierunek ewolucji.

W początkowej fazie ewolucji wzrost prawdopodobieństwa „przeżycia” jest determinowany tym, że przeżywają te zwinięte struktury, które dostosowują się do środowiska. „Wiedza” K populacji zlokalizowana jest w całej skręconej nici (wyselekcjonowanej podczas ewolucji). „Wiedza” wzrasta w takim stopniu, w jakim sieć funkcjonalna odpowiednich protein staje się bardziej skomplikowana.

W populacji ludzkiej wzrost wiedzy dokonuje się na poziomie rejestrowania myśli (a nie genowym). Informacja jest magazynowana w pamięci oraz twórczości ludzkiej i przenoszona przez generacje. Treści są modyfikowane. Nowe treści zwyciężają we współzawodnictwie. Wzrost wiedzy jest ograniczony do najwyższego poziomu semantycznego. Znaczącej selekcji na poziomie genowym nie obserwuje się już. Wiedza akumuluje się w sposób nieciągły (fazy rozbiegania i zbiegania się). Rozważania te są, zdaniem H. Kuhna, zgodne ze stanowiskiem T. S. Kuhna, który dokonał analizy historycznej ewolucji nauk przyrodniczych. Nauki te rozwijają się w sposób nieciągły, przy czym poszczególne szczeble rozwoju osiągnane były przez wprowadzenie nowego wzoru (paradygmatu).

Kuhn uważa, że „przypadkowość” w zachowaniu się układów wy-

raza raczej naszą niepewną wiedzę o badanych zjawiskach, niż niepewność zasadniczą (s. 78). Zdarzenia początkujące samoorganizację są bardzo nieprawdopodobne jako pojedyncze procesy, lecz przy różnorodnych i periodycznych warunkach środowiskowych oraz przy wzroście liczby indywiduów zdarzenia te występują z prawdopodobieństwem bliskim pewności. Ewolucja układów jawi się jako zjawisko konieczne, o ile występują odpowiednie warunki środowiskowe. W tym modelu ogólny kierunek ewolucji na planecie o warunkach pierwotnej Ziemi jest predeterminowany wynikiem działania znanych praw fizyko-chemicznych. Pokonywanie poszczególnych stopni ewolucyjnych zależy od zdarzeń przypadkowych. Tym niemniej ewolucja układów samorganizujących się, globalnie rzecz biorąc, ma według Kuhna charakter racjonalny. Autor przeciwstawia się poglądom głoszonym przez J. Monoda.

### III

Teorie wyjaśniające mechanizmy ewolucji tworzone są na bazie nauk fizykalnych i biologii. Zarówno metody wyjaśniania, jak i zasób stosowanych pojęć pochodzą z tych dwóch źródeł. Wyjaśnianie przebiegu ewolucji jako całości ma zwykle charakter teleologiczny, tzn. znając a posteriori obecnie funkcjonujące organizmy żywe, szuka się, niesprzecznnej w świetle współczesnej wiedzy, drogi, u której kresu musiałyby pojawić się właśnie takie formy materii. Poszczególne zaś jej etapy wyjaśnia się często mechanicystycznie stosując opis fizyko-chemiczny zjawisk. W ten sposób postępuje również H. Kuhn budując swój model operacyjny ewolucji.

Ustalając reguły interpretacji swego modelu stosuje on metodę dialektyczną. Konfrontuje proponowany model z opisywanym zjawiskiem, a także teoretyczny opis zjawiska z dostępnymi danymi doświadczalnymi. Prowadzenie tego typu „dialogu” postuluje szkoła F. Gonsetha. Zdaniem jej przedstawicieli dialog ten zapewnia stałą doświadczalną kontrolę tez naukowych i możliwości nowych odkryć.

H. Kuhn dba równocześnie o to, by jego model, zachowując adekwatność w stosunku do opisywanych zjawisk, nie utracił swej prostoty. Prostota modelu stanowi o jego pragmatycznej efektywności wyjaśniania.

Wielu badaczy wiąże również z prostotą wyjaśniania naukowego jego piękno i prawdziwość. Ku takiemu estetyzmowi skłaniali się np. tacy fizycy jak A. Einstein, L. de Broglie, P. Dirac. Podobne tendencje da się zauważyć w próbach wyjaśniania mechanizmów obowiązujących w ewolucji przyrody. Najdobitniejszym przykładem mogą być ostatnie prace Manfreda Eigena i jego współpracowników. Wyniki tych badań przedstawił on poglądowo podczas obchodów 75 rocznicy ufundowania



Nagrody Nobla w grudniu 1975<sup>3</sup>. Inspiracją tych poszukiwań stała się książka Hermana Hesse'a „Gra szklanych paciorków”. Zasady fikcyjnych gier prowadzonych w utopijnej Kastalii stosuje Eigen jako podstawę dla symulowania wszystkich procesów o charakterze stochastycznym, zarówno reakcji chemicznych, układów cząsteczkowych, procesów biologicznych, komórkowych, a także myśli. Swą grę w życie (*Life-game*) rozpoczyna za pomocą jednego kubka na kości i dwu różnych rodzajów szklanych kulek, które odpowiadać mogą cząsteczkom, komórkom, bakteriom lub ideom. Najprostszy wariant gry może być rozszerzony na nieograniczoną ilość kulek i różnorodne zmiany reguł gry. Jakkolwiek będziemy modyfikować reguły gry, w wyniku uzyskamy zawsze: selekcję, równowagę lub obojętność układu na te modyfikacje (indyferencję). We wczesnej fazie gry w życie (na poziomie cząsteczkowym) jedyną możliwą strategią jest bardzo ścisła selekcja. Dopiero na ostatnich etapach rozwoju wzrost stabilności i efektywności układu zapewnić może strategia równowagowa bądź indyferentna. Teoretyczne modele konstruowane przez szkołę Eigena służą jako baza analizy logicznej wszelkich zjawisk stochastycznych, w których mamy do czynienia z oddziaływaniem sił, ilościami i przepływami a które można rozważać za pomocą pojęć wielkości i kierunku.

Przedstawiona praca H. Kuhna wydaje się godną uwagi jako przykład twórczego, całościowego ujęcia procesów ewolucyjnych. Jednolite ujęcie rozwoju struktur pojęciowych („denkschemes”) i samoorganizowania się materii ułatwia zrozumienie istotnych elementów proponowanego modelu ewolucji. Model ten jest zapewne bardzo niedokładnym odzwierciedleniem rzeczywistości, lecz w nauce spotykamy wiele modeli idealizujących procesy czy obiekty realne (np. gaz doskonały, masa punktowa itp.), co nie przeszkadza, by posługując się nimi w sposób wystarczająco adekwatny przewidywać przebieg zjawisk, a nawet projektować urządzenia przemysłowe.

G. J. Miakiszew: *Prawidłowości dynamiczne i statystyczne w fizyce*,  
tłum. z ros. M. Siemiński, Warszawa 1976, 358, PWN.

1. Zagadnienie determinizmu i indeterminizmu a z tym problem przyczynowości, konieczności i przypadku jest ciągle aktualny w naukach przyrodniczych, w filozofii przyrodznawstwa i w naukach filozoficznych. Problematyka pracy G. J. Miakiszewa, „Prawidłowości dynamicz-

---

<sup>3</sup> Por.: *Life-Game, with Glass Beads and Molecules, on the Principles of the Origin of Life*, „Journal of Chemical Education”, 53 (1976) N. 8, 468—470.