NAUKA 1/2005 • 53-66

ANDRZEJ PASZEWSKI

Co zdeterminowane, a co przypadkowe w systemach biologicznych – gdzie zaczyna się wolność?

Poruszana tu problematyka nie jest nowa. Powraca ona w kolejnych pokoleniach, bo dotyczy kwestii ważnych, a jednocześnie nie do końca rozwiązywalnych. Stawiane są podobne pytania, na które już dawano odpowiedzi, często jednak niezadowalające. Jednak z upływem czasu i ze wzrostem wiedzy o świecie pytania te mogą być inaczej formułowane, pojawiać się ich nowe wersje, a odpowiedzi na nie być lepiej uzasadniane i przekonywające.

Przez wieki uważano, że Wszechświat, w tym przyroda żywa, podlega niezmiennym prawom, niezależnie od tego, czy miałyby one być immanentną właściwością samej przyrody, czy wyrazem woli bogów. Codzienna obserwacja przyrody, powtarzające się w niej cykle, utwierdzały przekonanie o jej zasadniczej niezmienności i deterministycznym charakterze rządzących nią praw. O tej niezmienności, prawie do końca swego życia, był też przekonany osiemnastowieczny przyrodnik Karol Linneusz, twórca systematyki roślin i zwierząt, gdy odkrył, że nowe gatunki mogą powstać w drodze krzyżowania.

Oczywiście, odkrycie ewolucji, zarówno prebiotycznej, jak i biotycznej, zmusiło do rewizji wielu poglądów, co, jak wiemy, nie zawsze przychodziło z łatwością. Świadczy o tym historia nauki. Przede wszystkim okazało się, że świat organizmów żywych nie tylko się zmieniał, ale nie istniał zawsze. Stąd pojawiło się pytanie – „jak powstało życie?" – pytanie do dziś aktualne, które najprawdopodobniej nie doczeka się pewnej odpowiedzi.

Wchodząc w tę problematykę, nie sposób nie sięgnąć do znanej książki Jacquesa Monoda *Przypadek i konieczność* [1]. Badacz ten stawia, a może lepiej powiedzieć przypomina, na wstępie swych rozważań podstawowy postulat metodologiczny, szczególnie silnie podtrzymywany przez pozytywistów, który nazywa postulatem obiektywności.

Prof. dr hab. Andrzej Paszewski, Instytut Biochemii i Biofizyki PAN; Podstawą niniejszego artykułu jest wystąpienie autora na konferencji *Determinizm, przypadek, wolność*, która odbyła się w Poznaniu 30 listopada 2004 roku.

„Kamieniem węgielnym metody naukowej – pisze Monod – jest obiektywność Natury. Oznacza to systematyczne odrzucanie – jako nie mogącej prowadzić do „prawdziwego" poznania – wszelkiej interpretacji podanej w kategoriach celowości, czyli realizacji jakichś programów". W tych stwierdzeniach można upatrywać reminiscencje ciągnących się od XIX wieku sporów między światopoglądem „religijnym" i światopoglądem „naukowym", w których uwidaczniał się brak jasnego zdawania sobie sprawy z różnic kompetencyjnych i metodologicznych tych dwóch sposobów oglądu rzeczywistości. Sam Monod przyznaje, że brak celowości i programu w przyrodzie nigdy nie zostanie udowodniony, ponieważ nie jest możliwe wyobrażenie sobie doświadczenia, które mogłoby dowieść, że to, co powstało, nie zostało zaprogramowane. Natomiast słuszny jest podnoszony przez Monoda postulat niewprowadzania do wyjaśnień naukowych czynników niesprawdzalnych takich, jak: „dusza", „siła ewolucyjna", „energia rozwoju" czy „siła życia", obecnych w różnych formach witalizmu, a przede wszystkim unikania tłumaczenia zjawisk przyrodzonych, które badamy, przyczynami nadprzyrodzonymi, z zasady deterministycznymi. Nie jest to jednak postulat nowy, skoro wysuwany był już w XIII wieku przez dominikanina Alberta z Lauingen, zwanego Wielkim. Adam Paszewski, który prowadził obszerne studia pism przyrodniczych tego uczonego, tak charakteryzuje jego podstawowe założenia metodyczne:"Po pierwsze; w naukach przyrodniczych nie należy niczego podawać, co nie zostało potwierdzone eksperymentalnie (*experimente probatum),* z tym że eksperyment oznacza w tym przypadku autopsję. Po drugie: nie wolno zjawisk zachodzących w przyrodzie tłumaczyć czynnikami nadprzyrodzonymi, a wyjaśniać je należy zgodnie z prawami rządzącej się przyczynowością przyrody (*Scientiae naturalis non est simpliciter narrata accipere, sed in rebus naturalibus inquirere causas* – w naukach przyrodniczych nie można przyjmować po prostu tego, co jest opowiadane, lecz w rzeczach naturalnych dociekać przyczyn)"[2].

Stojąc na gruncie tych właśnie założeń metodologicznych, możemy powiedzieć na podstawie tego, co dziś wiemy, że najbardziej prawdopodobną hipotezą, tłumaczącą powstanie życia, opartą na najsłabszych założeniach, jest przyjęcie, że pierwsze etapy organizacji materii, prowadzące do pojawienia się istot żywych, przebiegały w sposób zgodny z prawami fizyki oraz chemii i dawały się całkowicie tymi prawami wyjaśnić.

Ewolucja skorupy ziemskiej i jej atmosfery doprowadziła do powstania możliwości tworzenia prostych związków organicznych takich jak aminokwasy, cukry czy zasady purynowe i pirymidynowe, podstawowe składniki kwasów nukleinowych; później, z wykorzystaniem powierzchni minerałów jako katalizatorów, tworzenia większych cząsteczek, prostych polimerów i różnego rodzaju ich agregatów. W procesach tych wykorzystywana była energia światła ultrafioletowego, wyładowań elektrycznych i wybuchów wulkanów. Niektóre z tych związków organicznych udało się uzyskać w mieszaninie metanu, pary wodnej, amoniaku i wodoru, w warunkach laboratoryjnych, imitujących,

jak się przypuszcza, warunki istniejące w pewnym okresie ewolucji Ziemi, co wsparło te hipotezy. Według znanej teorii Oparina, w zbiornikach wodnych mogły powstawać swoiste „buliony", zawierające te cząsteczki, które w sprzyjających warunkach zaczynały tworzyć pęcherzyki (koacerwaty). Ich zasadniczą właściwością było posiadanie błony o charakterze lipidowym, oddzielającej środowisko wewnętrzne, zawierające różne polimery organiczne, od środowiska zewnętrznego, z którego pobierały „pożywienie" dla replikowania siebie. Gdy jednak zbliżamy się do związków wielkocząsteczkowych – takich jak białka czy kwasy nukleinowe, których właściwości katalityczne stopniowo się powiększały, nie mówiąc już o układach samoreplikujących się, tak złożonych jak żywa komórka, hipotezy ich powstania muszą opierać się na coraz mocniejszych założeniach i są coraz trudniejsze do zweryfikowania. Obejmują one problemy energetyczne, chemiczne, fizyczne, a także rachuby prawdopodobieństwa zajścia określonych zdarzeń. Omawia je szeroko Wł. Kunicki-Goldfinger [3]. Dla obecnych rozważań szczegółowe omawianie tych hipotez nie jest jednak konieczne. Nie mniej chciałbym przytoczyć interesującą uwagę tego autora pochodzącą z innej jego pracy:

„ W każdym razie wydaje się, że jeśli spełnione są warunki umożliwiające powstanie życia, proces ten musi mieć raczej charakter procesu „wszystko albo nic" Oznacza to, że hipotetyczny system cybernetyczny, złożony z kwasów nukleinowych i białek, zdolny do samoodtwarzania, do pobierania ze środowiska materii i energii oraz do wydalania do niego produktów odpadowych, musiał powstać bardzo szybko albo nie powstałby wcale. System taki może się samoodtwarzać wolniej lub szybciej, sprawniej lub mniej sprawnie, dokładniej lub mniej dokładnie ale nie może być systemem odtwarzającym się do połowy"[4]. Trochę tak jak z uruchamianiem samochodu: silnik „zaskoczy" albo nie.

Żywa komórka

Żywa komórka jest najprostszą formą materii, która spełnia kryteria życia, jakimi są samozachowawczość, autoregulacja i reprodukcja. Najprostsze organizmy, które powstały ponad trzy miliardy lat temu, na których ślady natrafiamy, były pojedynczymi komórkami, które musiały być zbudowane z białek, lipidów, kwasów nukleinowych oraz wielocukrów i musiały rozporządzać jakimś wbudowanym w swoją strukturę programem funkcjonowania i samoodtwarzania. J. Monod widzi już w nich dwie podstawowe cechy, które spotykamy u wszystkich żywych organizmów, tj. *inwariancję* (stałość), której nośnikiem jest przede wszystkim DNA, oraz *teleonomię*, czyli celowość w sensie realizowania określonego programu rozwojowego. Ze wszystkich struktur znanych w świecie tylko istoty żywe posiadają takie właściwości.

Powstanie żywej komórki z jej aparatem genetycznym jest trudniejsze do wyjaśnienia niż cały dalszy rozwój świata ożywionego, łącznie z powstaniem człowieka.

Wynika to z faktu, że powstawaniu w ciągu ewolucji organizmów coraz bardziej skomplikowanych NIE towarzyszyło eliminowanie tych prostych. Do dziś istnieją jednokomórkowe bakterie, które, chociaż na pewno różnią się od swoich poprzedniczek w pradziejach, to muszą spełniać te same, co one podstawowe funkcje biologiczne. Możemy też obserwować jednokomórkowce, o bardziej od bakterii złożonej budowie komórki, z wyróżnialnymi strukturami zwanymi organellami, takimi jak jądra czy mitochondria, a także wielokomórkowce – poczynając od bardzo prostych, będących praktycznie agregatami komórek o niewielkim stopniu zróżnicowania, aż do organizmów złożonych z tkanek i organów. W nich wszystkich komórki stanowią podstawową jednostkę funkcjonalną – można powiedzieć, że ich życie toczy się w komórkach.

Dysponujemy więc całym wachlarzem żywych form, które możemy porównywać. Już dosyć dawno odkryto, że wszystkie one posługują się tym samym kodem genetycznym tzn. te same trójki nukleotydów w ich DNA wyznaczają te same aminokwasy w łańcuchach białkowych. Co więcej, dziś można porównywać już całe genomy (czyli sekwencje całego DNA) organizmów, a przez to z dużą dokładnością określać ich związki filogenetyczne. Można też prześledzić ewolucje poszczególnych rodzin genowych, powstających przez tworzenie dodatkowych kopii genów, które stopniowo różnicowały się, czasem w kierunku podejmowania nowych funkcji. Nowe geny, o nowych funkcjach, powstawały też przez łączenie fragmentów różnych genów. Podwajały się też całe genomy – w ten sposób powstawały organizmy diploidalne. Pytanie, które jest stawiane, brzmi: czy w przyrodzie istnieją prawa, które musiały doprowadzić do powstania organizmów żywych? Czy Wszechświat był „brzemienny" życiem?

Stefan Amsterdamski, który problematyce tej poświęcił obszerne rozważania, przypomina, że:" prawa, niezależnie od tego czy mają charakter jednoznaczny, czy statystyczny, określają możliwość zachodzenia pewnych zdarzeń lub procesów, a możliwość ta realizuje się w zależności od spełnienia pewnych warunków, które – przynajmniej pod względem tych praw – mają charakter akcydentalny. W tym sensie, na przykład, powstanie życia – abiogeneza białek i kwasów nukleinowych – możliwe było na każdej planecie naszej galaktyki, ale możliwe było tylko ze względu na uniwersalność tych praw."…. „ Prawa są pewnego rodzaju zakazami: nie powiadają, co zdarzyć się musi w naszym świecie, lecz określają, co zdarzyć się nie może w żadnym ze światów empirycznych, to znaczy w żadnych warunkach początkowych (zajście zdarzenia zakazanego – to falsyfikacja twierdzenia uznawanego dotąd za prawo)"[5].

Autor ten zauważa jednak, że warunki początkowe mogą być akcydentalne ze względu na jedne prawa, ale nie ze względu na inne, a to oznaczałoby, że ten sam rozkład warunków, choćby i bardzo mało prawdopodobny, jak, powiedzmy, w przypadku powstania życia na Ziemi, musi się gdzieś i kiedyś powtórzyć przy dostatecznie dużej liczbie „prób", albowiem realizacja warunków jest sama rezultatem porządku świata.

Innymi słowy, jeśli rozkłady warunków początkowych są konieczne, ponieważ też wynikają z praw, to znaczy, „że świat nie może być inny niż jest".

Powyższe hipotezy nie mogą być zweryfikowane, ponieważ mamy do czynienia z jednym światem empirycznym, który kazałby nam „optować raczej za przekonaniem, iż nasz świat jest jedynym światem możliwym, niż za poglądem, że możliwe są różne światy empiryczne, o takiej samej strukturze nomologicznej [6].

Przypadki w królestwie konieczności

W miarę coraz większej złożoności kompleksów wielokomórkowych, prowadzącej do coraz większego wzajemnego uzależniania się od siebie poszczególnych części układu, zapewnienia jego odtwarzania i konkurencyjności z innymi układami, rozwijają one wewnętrzny program rozwojowy oparty na czynniku inwariancyjnym, czyli genach, których liczba rośnie. Odbywa się to głównie przez podwajanie genów już istniejących, przy czym nowe kopie różnicują się często w kierunku przyjmowania nowych funkcji. Ich rola przestaje się ograniczać jedynie do funkcji wewnątrzkomórkowych, ale przez kodowane przez nie białka, zaczyna wpływać także na skuteczne współdziałanie tworzonych z tych komórek tkanek i organów. Geny zapewniają inwariancję już nie tylko programowi wewnątrzkomórkowemu, ale sprawnemu funkcjonowaniu wielokomórkowego organizmu.

Okazuje się jednak, że w DNA, będącym materialnym podłożem inwariancji, powstają pod wpływem różnych czynników zmiany, zwane mutacjami, stanowiące tej inwariancji zaburzenia. Mutacje poddawane są selekcji przez aparat teleonomiczny, który powoduje, że utrwalane są tylko te z nich, które usprawniają realizację programu rozwojowego, wzbogacają jego możliwości, bądź są z punktu widzenia funkcjonalnego neutralne. Powoduje to, że wiele genów występuje w populacji w postaci fizjologicznie równoważnych wariantów. Zjawisko to nazywamy polimorfizmem i dzięki niemu różnimy się między sobą naszymi cechami, np. kolorem oczu lub włosów. Mutacje zaburzające funkcjonowanie organizmu, a więc szkodliwe, prowadzą do śmierci ich nosicieli lub znacznie zmniejszają ich żywotność.

Dane jakich dostarczają nam dzisiejsze obserwacje i doświadczenia laboratoryjne, wskazują na to, że mutacje, które są zmianami w sekwencji nukleotydów w DNA, powstają przypadkowo. Jest więc oczywiste, że znakomita większość z nich jest szkodliwa – podobnie jak przypadkowe interwencje w jakieś urządzenie raczej je psują niż ulepszają. Dlatego organizmy wykształciły mechanizmy obronne w postaci systemów enzymatycznych, zdolnych do rozpoznawania zaburzeń w strukturze DNA, mogących prowadzić do powstania mutacji i do korygowania ich, zanim zmiana w DNA zostanie utrwalona. Warto sobie uświadomić, że w przybliżeniu tylko jedna na milion takich zmian pozostaje nie naprawiona. Dlatego uznawanie DNA jako czynnika inwariancji jest uzasadnione.

Drugim czynnikiem zmienności, obok mutacji, jest rekombinacja genetyczna, będąca, między innymi, wynikiem sortowania chromosomów (kompleksów DNA i białek) przy powstawaniu gamet u rozmnażających się płciowo organizmów diploidalnych, to jest takich, które mają wszystkie geny w dwóch egzemplarzach. Jest rzeczą przypadku, który gen z każdej pary dostanie się do danej gamety. Dzięki temu losowemu sortowaniu w powstających gametach spotykamy wielką liczbę różnych kombinacji genów. Z połączenia gamet powstaje nowy organizm, którego genotyp podlega teleonomicznej kontroli, która, jak w przypadku mutacji, odrzuca kombinacje szkodliwe, akceptuje te korzystniejsze lub neutralne, ale sama nie wysuwa żadnych propozycji.

W tym, co dotychczas mówiliśmy, wielką rolę w zapewnieniu funkcjonowania organizmów żywych, zwłaszcza tych złożonych, przypisuje się genom – one właściwie decydują o wszystkim. Dziś wielu badaczy krytykuje taki pogląd, nazywając go genocentryzmem. Krytycy genocentryzmu lubią przytaczać wypowiedź noblisty Jamesa Watsona, że program odczytania genomu ludzkiego stanowi poszukiwanie „ostatecznych odpowiedzi dotyczących chemicznych podwalin ludzkiego istnienia"[7], czy innego znanego biologa molekularnego Waltera Gilberta, który twierdził, że „znając kompletny genom ludzki, będziemy wiedzieli, co oznacza być człowiekiem"[7], jako jaskrawe przejawy genocentryzmu.

Krytycy ci wskazują – moim zdaniem słusznie – że ciągłość życia zapewniona jest nie przez sam DNA, lecz przez całe zawierające go żywe komórki. *Omnium vivo ex vivo*. W końcu nawet największe organizmy rozwijają się z pojedynczej, powstającej z połączenia gamet komórek – zygoty. Jest ona złożoną, dynamiczną strukturą, z nierównomiernym rozkładem różnych składników, w której od samego początku istnieje nieprzerwany „dialog" miedzy genami, zlokalizowanymi w jądrze, a całą cytoplazmatyczną maszynerią metaboliczną komórki, w której poszczególne organelle odgrywają specyficzne role (pomijam dla uproszczenia niewielki genom występujący w mitochondriach). Z cytoplazmy idą do jądra sygnały, które uruchamiają jedne geny, co pociąga za sobą syntezę kodowanych przez nie białek, a wygaszają lub modyfikują ekspresję innych. Na tym polega m.in. różnicowanie się tkanek, mimo że ich komórki posiadają jednakowy zestaw genów. Ta współzależność różnych składników komórki w jej funkcjonowaniu i rozmnażaniu dobitnie wyraża fakt, że replikacja DNA, a także reperacja powstających w nim zaburzeń, o czym mówiliśmy wyżej, przeprowadzana zostaje przez enzymy kodowane przez ten DNA. Jednakże prawidłowość funkcjonowania tych enzymów, jak i wszystkich innych składników tworzących właściwą strukturę i wnętrze komórki, czyli milieu, w którym znajduje się DNA, również od tego DNA zależy. Dotyczy to też zygoty, której składniki, niezbędne do rozpoczęcia realizacji nowego programu rozwojowego, zostały wytworzone o jedno pokolenie wcześniej w czasie tworzenia gamet przez białka zakodowane w tymże DNA. To replikowane i, jak mówiliśmy wcześniej, (prawie) nie-

zmienione DNA jest przekazywane z pokolenia na pokolenie i stanowi o ciągłości genetycznej gatunku. U zwierząt odbywa się to przez tzw. linię zarodkową – grupę komórek wyodrębnianą we wczesnych stadiach rozwojowych, z których później powstają gamety. Wydaje się więc, że przeciwnicy genocentryzmu idą jednak zbyt daleko w pomniejszaniu roli genów jako głównych, wewnętrznych determinantów cech komórki i organizmu.

Genotyp – środowisko – fenotyp

Geny nie są jednak jedynymi czynnikami, od których zależą cechy organizmu. Obok omawianego wyżej, zależnego od genów wewnętrznego aparatu teleonomicznego, utrzymującego integralność organizmu i realizację programu rozwojowego, istnieje drugi czynnik – środowisko, w którym rozwija się ten organizm, czynnik również wpływający na realizację tego programu. Ostatecznie wykształcone cechy organizmu, które zbiorczo nazywamy *fenotypem*, są wynikiem współdziałania genotypu i środowiska. Zwracają na to uwagę dzisiejsi krytycy genocentrytzmu, jednakże nie ma w tym nic odkrywczego. Oczywiście wiedzą o tym wszystkim dobrze Watson, Gilbert i inni badacze wypowiadający, w sposób nieco metaforyczny, poglądy przytaczane jako przykłady genocentryzmu. Nie trzeba łapać ich za słowa. Pamiętam wykłady Wacława Gajewskiego sprzed 50 lat, który pokazywał plansze, wykazujące różnice fenotypowe tej samej rośliny, zależnie od tego, czy wyrosła w górach, czy na nizinach. Znane są bardziej spektakularne przykłady wpływu środowiska na fenotyp, jak np. wpływ temperatury na płeć gadów: wysoka temperatura powoduje wykształcanie się samców u jaszczurek i krokodyli, a samic u żółwi. U myszy ilość kręgów może zależeć od środowiska macicznego – zapłodnione jaja szczepu mającego pięć kręgów lędźwiowych rozwijają się w embriony z sześcioma kręgami, jeśli umieścić je w macicach myszy szczepu wykształcającego tę właśnie ich liczbę [8]. Wiadomo przecież, że dziedziczy się predyspozycje do określonych chorób, np. cukrzycy lub raka, które mogą się rozwinąć w sprzyjających do tego okolicznościach i których można uniknąć właśnie przez unikanie takich okoliczności.

Podczas gdy organizmy wyższe wytworzyły pewne mechanizmy, pozwalające w jakimś sensie na „amortyzowanie" wpływu środowiska, u mikroorganizmów wpływ ten zaznacza się bardzo silnie w dużych modyfikacjach metabolizmu. Tak na przykład liczne bakterie, mając w podłożu glukozę, która jest preferowanym źródłem węgla, „wyłączają" ekspresję genów kodujących enzymy potrzebne do wykorzystywania źródeł gorszych, jak np. laktoza. Podobnie ma się sprawa z syntezą aminokwasów, z których budowane są białka. Bakterie potrafią syntetyzować je z prostego źródła węgla i związków nieorganicznych, zaniechają jednak wytwarzania potrzebnych do tego celu białek, jeśli aminokwasy dostępne są w otoczeniu. Środowisko może wpływać na cechy morfologiczne. Znane powszechnie drożdże, rosnące w postaci pojedynczych, z grubsza kulis-

tych komórek, można zmusić do tworzenia filamentów, przypominających grzyby nitkowate.

Tak więc fakt, że fenotyp organizmu nie jest determinowany wyłącznie przez genotyp, znany jest od dawna. Ten ostatni określa jedynie zakres potencjalnie możliwych fenotypów, repertuar dróg rozwojowych, które mogą przyjąć nosiciele określonych genotypów, zależnie od środowiska naturalnego lub sztucznego. Można powiedzieć, że fenotyp kształtowany jest w warunkach konieczności genetycznej i przypadkowości warunków środowiskowych. W tej konieczności jednak zawarty jest, jak określa to Amsterdamski, pewien „luz", w ramach którego może być kształtowany fenotyp. Przekroczenie ram tego luzu może być dla rozwijającego się organizmu destrukcyjne. Oczywiście radykalny determinista będzie twierdził, podobnie jak w kwestii początków życia, że warunki środowiskowe też nie są przypadkowe, nie znamy jedynie wszystkich czynników je determinujących. Przy takim założeniu musielibyśmy jednak uznać, że wypadnięcie z ciężarówki worka cukru do sadzawki, które spowoduje zmiany metabolizmu znajdujących się w niej mikroorganizmów, było wydarzeniem zdeterminowanym. Wspomniany „luz", który pozostawia rozwojowi organizmu jego genotyp, w oczywisty sposób nie dotyczy wszystkich cech. Niektóre z nich, jak na przykład grupy krwi, określane są jednoznacznie przez geny danego osobnika.

W ewolucji organizmów żywych mamy więc do czynienia z dwoma zjawiskami przypadkowymi – mutacjami i rekombinacją, które przez selekcyjne właściwości teleonomiczne są wprowadzane w „królestwo konieczności" jakie stanowi konieczność realizacji planu rozwojowego i samoodtwarzania. W to wszystko włącza się środowisko ze swoją przypadkowością.

W uznaniu przez Monoda teleonomicznego charakteru organizmów żywych można dopatrzyć się sprzeczności epistemologicznej w stosunku do jego postulatu odrzucania celowości w wyjaśnianiu powstania życia i jego ewolucji. Ta sprzeczność znika według Monoda, gdy uwzględni się czynnik selekcji. Stwierdza on, że właśnie wysuwany przezeń postulat obiektywności zmusza nas do uznania teleonomicznego charakteru istot żywych i formułuje jednocześnie bardzo stanowczą tezę, że „jedynie przypadek jest źródłem wszelkiej nowości – jest to pogląd jedyny, który odpowiada faktom znanym z obserwacji i doświadczenia. I nic nie pozwala przypuszczać (lub żywić nadzieję), że w tym punkcie rewizja naszych koncepcji będzie potrzebna lub możliwa" [9].

Wiedza biologiczna, jaką dziś dysponujemy, dostarcza silnego poparcia poglądom przedstawianym przez Monoda, które są zresztą reprezentatywne dla znakomitej większości badaczy. Przemawia za nimi także, wspomniana wyżej, losowość mutacji i rekombinacji genetycznej – głównych źródeł zmienności. Obecnie powstawanie subtelnych zmian genetycznych można obserwować w doświadczeniach laboratoryjnych z mikroorganizmami. Mają one krótki czas generacji, co pozwala śledzić zmiany zacho-

dzące poprzez wiele pokoleń. W połączeniu z olbrzymią liczebnością populacji w każdym pokoleniu stwarza to możliwość wyłapywania spontanicznych mutacji.

Dysponujemy więc danymi paleontologicznymi, obserwacjami dziś żyjących organizmów i mamy niezłe rozeznanie w mechanizmach wnoszących zróżnicowanie w przyrodzie, które jest podstawą ewolucji. Pozwala to na budowanie teorii ewolucji opartej na względnie słabych założeniach. Teoria ta tłumaczy nieźle powstanie i funkcjonowanie wielkiej różnorodności żywych form, w tym też bardzo złożonych, wywodzących się z pierwszych żywych komórek. Jak wspomniałem wyżej, powstanie tych ostatnich stanowi największą zagadkę, ale nie ma powodów zakładać, że powstały one według zupełnie innych zasad, niż te które obowiązywały w dalszej ewolucji. Wciąż jednak utrzymują się tendencje dopatrywania się w ewolucji celowości w sensie realizowania w niej pewnej myśli. Jest to podejście uprawnione ale, jak wspomniałem na wstępie, stanowi inną płaszczyznę oglądu rzeczywistości niż ta, którą reprezentuje przyrodoznawstwo. Różnice te bywają jednak zacierane.

Józef Życiński, na przykład, pisze: „W obszernym zbiorze układów statystycznie możliwych określić można pewien preferowany przez Naturę kierunek ewolucji. Rachunek prawdopodobieństwa kłóci się z codziennym doświadczeniem. Ciągi sytuacji niezmiernie mało prawdopodobnych stają się regułą. Czymś zaskakującym i zmuszającym do filozofowania jest właśnie to, że w organizmach żywych nie występuje całe bogactwo teoretycznie dopuszczalnych sytuacji" [10].

Przed podjęciem jednak filozofowania warto uświadomić sobie, że w ewolucji kolejne sytuacje nie pojawiają się jako zupełnie nowe układy (co ma miejsce na przykład przy losowaniu w grach liczbowych), ponieważ zakres ich różnorodności jest ograniczony przez sytuacje wcześniejsze – nowe układy nie powstają od zera (tylko w tym sensie można mówić o preferowanym kierunku ewolucji). Co znaczy więc, że „rachunek prawdopodobieństwa kłóci się z codziennym doświadczeniem"? Zdarzenia, nawet bardzo mało prawdopodobne, mogą jednak zaistnieć przy odpowiedniej liczbie prób, a ewolucji przecież nikt nie pogania! Także sformułowanie: "w organizmach żywych nie występuje całe bogactwo teoretycznie dopuszczalnych sytuacji" oznacza tylko to, że mogłaby być jeszcze większa różnorodność organizmów niż to ma miejsce, co jest jednak zupełnie zgodne z teorią ewolucji wraz z wmontowanym w nią przypadkiem. Nie można też ustalić, jakie jest „bogactwo teoretycznie dopuszczalnych sytuacji", czyli jaka jest liczba możliwych organizmów.

Pytania o cel, o sens istnienia Wszechświata, a w nim życia, są wpisane w naturę naszego gatunku. Gdy kierujemy je do Wszechświata z pozycji nauk przyrodniczych i przy pomocy im dostępnych metod, ten jawi się milczący. Dlatego wplatanie w problematykę metafizyczną argumentacji ze sfery przyrodoznawstwa, jak to przedstawiłem wyżej na przykładzie cytowanego tekstu, nie może być, moim zdaniem, owocne w sensie

doprowadzenia do poprawnych metodologicznie wniosków. Najprawdopodobniej jednak próby tego typu podejścia będą podejmowane nadal, ponieważ jest również cechą gatunkową człowieka dążenie do spójnej logicznie wizji całej rzeczywistości – celu, jak sądzę, nie dającego się osiągnąć, ponieważ tak naprawdę jesteśmy w stanie dokonywać lepszego lub gorszego oglądu tylko poszczególnych jej aspektów.

Stojąc tedy na gruncie nauk przyrodniczych, wraz z założeniami metodologicznymi wspomnianymi na początku, musimy przyjąć za najbardziej prawdopodobną hipotezę, że powstanie życia i jego dalsza ewolucja nie była programowana, nie ma celu, przebiega, dzięki powstającej przypadkowo różnorodności, jedną z wielu możliwych dróg aż do momentu, gdy na arenę....

Wkracza człowiek

Pojawienie się człowieka wprowadza do ewolucji działania celowe, zmierzające do pozyskiwania organizmów o zaprogramowanych, pożądanych cechach – zaczyna się hodowla. Oznacza to, że człowiek zaczyna mieć nad ewolucją pewną kontrolę, również nad swoją własną. Wśród pytań, które się pojawiają jest również to, czy kontroluje on swoje wybory – czy dokonywane są one w „królestwie konieczności", czy już w „królestwie wolności"?

Chcę zaznaczyć, że mówiąc o wolności, będę miał na myśli właściwość człowieka określaną jaka wolna wola, za którą idzie zdolność do dokonywania wolnych wyborów, nie zaś wolność rozumiana jako brak ograniczeń zewnętrznych. W tym pierwszym rozumieniu człowiek jest wolny niezależnie od okoliczności, w których przypada mu żyć.

Spór o wolna wolę jest bardzo stary i – jak zauważa Stefan Amsterdamski, do którego przemyśleń będę się szeroko odwoływał – „nie potrafimy go ani rozstrzygnąć, ani też nie umiemy się go definitywnie pozbyć". Zwraca też on uwagę, że spór ten „jest uszczegółowieniem ogólniejszej kwestii, a mianowicie kontrowersji miedzy deterministyczną i indeterministyczną wersją świata"[11].

Spór ten sprowadza się do pytania, czy poczucie wolności wyboru, jakiego doświadczamy, odpowiada rzeczywistości czy może jest tylko złudzeniem? Skrajni determiniści opowiadają się za tą drugą ewentualnością. Tak na przykład przywoływany przez Amsterdamskiego filozof P. Holbach mówi: "Powiedzcie mi, że jestem wolny. Jest to złudzenie podobne do tego jakie miała mucha z bajki, która siedząc na dyszlu ciężkiego wozu, ubzdurała sobie, że kieruje jego biegiem" Drugi cytowany filozof A. Schopenhauer stwierdza natomiast, że „żaden człowiek, będąc tym, czym jest i znajdując się w okolicznościach, które aktualnie mają miejsce, a które również ze swej strony zachodzą na mocy ścisłej konieczności, nie może uczynić nic innego jak to, co w danej chwili czyni"[12] lub mówiąc inaczej, człowiek chce tego, co chcieć musi. Stanowisko takie podważa zasadność oczekiwania od człowieka odpowiedzialności moralnej czy prawnej.

W końcu bycie wolnym musi przynajmniej oznaczać, że nasze wybory nie są jednoznacznie wyznaczane przez sumę niezależnych od nas czynników, że musimy mieć tu jakiś „luz", bez którego poczucie wolnej woli jest tylko złudzeniem.

Nasze wybory zależą od stanu naszej samowiedzy i naszej świadomości, które są podstawą poczucia wolnej woli. Obie te właściwości są kształtowane przez takie czynniki, jak geny, ale również przez czynniki zewnętrzne, takie jak wiedza, kultura i wychowanie. Jeśli okaże się, że przynajmniej niektóre z tych ostatnich są w jakimś stopniu od nas zależne to zyskamy argumenty za tym, że nasze wybory nie są zdeterminowane, przynajmniej nie w pełni.

Stefan Amsterdamski w swych rozważaniach dochodzi do wniosku, że w sporze o wolną wolę chodzi w pierwszym rzędzie o ustalenie „ w jakiej mierze nasza świadomość i samowiedza, jako czynniki wpływające na nasze czyny, zależą bez reszty od porządku zdarzeń, który uznajemy za dany i niezależny od nas porządek, który nazywamy „naturalnym" i za który nie czujemy się odpowiedzialni, a w jakiej mierze należą do innego porządku, nad którym mamy władzę, który celowo tworzymy i który nazywamy sztucznym"[13].

Jak wspomniałem wyżej, jednym z czynników kształtujących naszą samoświadomość jest kultura, a ta należy niewątpliwie do porządku sztucznego, do popperowskiego *Świata 3* tworzonego przez ludzki umysł [14]. Ponieważ termin kultura jest bardzo różnie rozumiany, chcę zaznaczyć, że w tych rozważaniach traktuję kulturę jako pewną rzeczywistość duchową, obejmująca systemy wartości, ideologie, religie, style w sztuce i literaturze itp. Wiele z tych elementów kultury ma wpływ na kształtowanie naszej świadomości moralnej, która odgrywa szczególną rolę w naszych najważniejszych wyborach, gdy wolność może być czasem odbierana nawet jako ciężar. Ponieważ kultura tworzona jest przez człowieka, mamy nad nią jakąś władzę. Oznacza to z kolei, że mamy też jakąś władzę nad czynnikami, które budują naszą świadomość, a w konsekwencji, że wolna wola nie jest czystym złudzeniem. Już sama wiedza, że elementy kultury tworzone są przez ludzi i od ludzi zależne, podpowiada, że możemy dokonywać w nich wyboru – przyjąć lub odrzucić, a także sami możemy do kultury coś wnosić.

Za realnością wolności wyborów świadczy moim zdaniem to, że czasem mamy świadomość dokonania wyboru moralnie złego. W niektórych sytuacjach wyraża się to stanem psychicznym, kiedyś określanym jako wyrzuty sumienia, dziś uważanym raczej za zaburzenie psychiczne, z którego, szczęśliwie, może nas wyprowadzić dobry psychoterapeuta.

Trzeba sobie jednak zdawać sprawę, że sposób internalizacji elementów kultury zależy od naszych właściwości biologicznych takich, jak: inteligencja, stopień reakcji emocjonalnych, poziom wrodzonej empatii czy agresywności, wrażliwość artystyczna oraz innych cech niewątpliwie determinowanych genetycznie. Są to cechy zależne od

wielu genów i ich dziedziczenie nie jest łatwe do zaobserwowania u człowieka, natomiast widać je świetnie u psów, których wyhodowane rasy różnią się znacznie nie tylko wyglądem, ale też inteligencją oraz charakterem, co rzutuje w dużym stopniu na wynik tresury.

W tym współudziale elementów kultury i właściwości biologicznych człowieka w kształtowaniu jego zachowań, w tym dokonywania wyborów, postrzegam pewną analogię z omawianym wcześniej współdziałaniem genotypu i środowiska w kształtowaniu biologicznego fenotypu. Możemy uznać, że elementy kultury, które Dawkins, autor znanej książki *Samolubny gen* [15], nazywa memami, są interioryzowane przez daną osobę, która ze swoimi wszystkimi indywidualnymi cechami biologicznymi tworzy unikalne środowisko, w którym te memy przybierają swoistą formę. Tak na przykład, gdy słuchamy utworu muzycznego czy oglądamy obraz, to u każdego z nas powstanie swoisty, indywidualny image tych dzieł. Dla tego stanu rzeczy zaproponowałem termin *fenotyp kulturowy* [16], przez analogię do fenotypu biologicznego. W ramach tego fenotypu dokonujemy wyborów, które, ze względu na udział w nim składnika kulturowego, uznać możemy za, przynajmniej częściowo, wolne.

Sprawa biologicznych uwarunkowań zachowań człowieka nabrała szczególnego znaczenia wraz z pojawieniem się niedawno możliwości genetycznego programowania ludzi przez wprowadzanie do wczesnych embrionów, tworzonych *in vitro,* odpowiednich genów. Szczególnie często mówi się o polepszaniu inteligencji. Takie genetyczne „wzmacnianie" stanowiłoby eugenikę pozytywną, a inaczej mówiąc wyrafinowaną metodę hodowli człowieka. Chociaż stan zaawansowania odpowiednich technologii nie pozwala jeszcze na ich zastosowanie do człowieka przy przyjęciu stopnia ryzyka, uznawanego za dopuszczalny w procedurach medycznych, użycie ich w przyszłości znajduje zwolenników, jak i przeciwników, co ujawnia się w toczonych od wielu lat debatach biotycznych. Przeciwnicy programowania genetycznego człowieka zwracają uwagę, że narusza ono autonomię człowieka, jeden z podstawowych atrybutów osoby, właśnie ze względu na to, że zachowanie człowieka jako osoby jest uwarunkowane także biologicznie. Bardzo silnie podkreślał to przed kilku laty, wychodząc z pozycji kantowskich znany biolog molekularny A. Kahn [17] w polemice z brytyjskimi bioetykami J. Harrisem [18] i D. Shapiro [19] toczonej na łamach „Nature". Ostatnio jednak szczególnie dużo uwagi temu zagadnieniu poświęcił J. Habermas [20], jeden z czołowych współczesnych filozofów niemieckich. Badacz ten uważa, że programowanie genetyczne człowieka oznacza traktowanie go instrumentalnie, a także pozbawia symetrii relacje między programowanym i programującym. Co najistotniejsze jednak, rzutuje na samoświadomość osoby zaprogramowanej w ten sposób, że nie poczuwa się ona do bycia w pełni panem swoich decyzji, ponieważ są one w jakiejś mierze predeterminowane przez kogoś innego. Habermas zwraca dodatkowo uwagę, że determinacja genetyczna jest nie-

odwracalna i człowiek jest wobec niej bezradny, w przeciwieństwie do determinacji powodowanej np. wychowaniem, lub mówiąc ogólniej, czynnikami kulturowymi, wobec której może się zbuntować.

Skrajnym przypadkiem determinacji genetycznej jest klonowanie reprodukcyjne, ponieważ nowy osobnik otrzymuje z góry określony cały genom. Jak dotąd klonowanie takie, nawet w warstwie teoretycznej, nie znajduje wielu zwolenników i jest zabronione w wielu krajach, a także zakazane przez konwencje międzynarodowe.

Kończąc te rozważania, mam świadomość, że omawiane tu zagadnienia pozostaną dalej otwarte i że większość prezentowanych przeze mnie poglądów oraz interpretacji, przeważnie nieoryginalnych, może być podważona, szczególnie tych dotyczących człowieka. Wynika to w znacznej mierze ze swoistości gatunkowej człowieka, który, być może jako jedyny spośród znanych nam organizmów, stawia pytania nie tylko o mechanizmy funkcjonowania świata, ale o sens jego istnienia, o istnienie Boga, o los człowieka po śmierci. Tworzy on też w ramach kultury systemy wartości, w których nie te biologiczne odgrywają najważniejszą rolę. Uwidacznia się w przełamywaniu zasady tzw. maksymalizacji *fitness* (w uproszczeniu – przeżycia i wydania potomstwa). Biologia jednak i inne dziedziny przyrodnicze nie dysponują narzędziami pozwalającymi na te pytania odpowiedzieć. Co najwyżej wyciągamy pewne wnioski z obserwacji człowieka z pozycji jak gdyby obserwatora zewnętrznego, który zauważa tylko w tym jednym z zamieszkujących Ziemię gatunków swoiste cechy, różniące go w sposób zasadniczy od całej żywej przyrody. Niestety, on sam stanowi element układu, który bada, co powoduje, że całe to podejście jest metodologicznie niepoprawne. Z drugiej strony, odpowiedzi dawane przez teologów i filozofów uwarunkowane są zawsze określonymi założeniami i wyborem metody, ponieważ nie można zacząć rozumowania od epistemologicznego zera.

Wydaje mi się, że to co powiedział Stefan Amsterdamski na temat woli, możemy rozszerzyć na całą problematykę determinizmu i indeterminizmu w przyrodzie żywej: nie potrafimy tych problemów ani definitywnie rozstrzygnąć, ani się ich definitywnie pozbyć.

Literatura

[1] J. Monod: *Konieczność i przypadek*. „Biblioteka Głosu", Warszawa 1979, str. 16.
[2] A. Paszewski: *Albert z Lauingen o roślinach i zwierzętach*. „W drodze" Nr12, 1981.
[3] Wł. Kunicki-Goldginger: *Dziedzictwo i przyszłość*. PWN, Warszawa 1974.
[4] Wł. Kunicki-Goldfinger: *Znikąd donikąd.* PIW, Warszawa 1993, str. 140.
[5] S. Amsterdamski: *Nauka a porządek świata*. PWN, Warszawa 1983, str. 80-81.
[6] *Ibidem* str. 82.
[7] cyt. za E. Shuster: *Determinism and Reductionism. A Greater treat because of the Human*

Genom Project? [w:] *Gene Mapping: Using Law and Ethics as Guides* (red. G. J. Annas & S. Elias) Oxford University Press, NY, 1992.
[8] D.C. Deeming, M.W. Ferguson: *Environmental regulation of sex determination in reptiles.* Philos.Trans. R. Soc. Lond B Biol. Sci. 322: 19-39 (1988).
[9] J. Monod: *Konieczność i przypadek*. „Biblioteka Głosu", Warszawa 1979, str. 74.
[10] J. Życiński: *Miedzy przypadkiem i celowoscią* [w:] *Drogi ludzi myślących* (red. M. Heller, J. Życiński) Pol. Tow. Teologiczne, Kraków 1983.
[11] S. Amsterdamski, 1983, str. 171.
[12] *Ibid.* str.176.
[13] *Ibid.* str.199.
[14] K. R. Popper: *Świat otwarty*. „Znak", Kraków 1996.
[15] R. Dawkins: *Samolubny gen.* Prószyński i S-ka, Warszawa 1996.
[16] A. Paszewski: *Człowiek wobec rewolucji biomedycznej*. „Więź" Nr. 6, 1992;
A. Paszewski: *Osoba zabłąkana w debacie bioetycznej* . „Nauka" Nr 1, 2003.
[17] A. Kahn: *Clone mammals...clone man.* „Nature" 386: 119 (1997); 387: 754 (1997).
[18] J. Harris: *Is cloning an attack on human dignity*. „Nature" 387: 754 (1997).
[19] D. Shapiro: *Cloning, dignity and ethical reasoning*. „Nature" 388: 511 (1997).
[20] J. Habermas: *Przyszłość natury ludzkiej* Wyd. Scholar, Warszawa 2003.

What is determined and what random in biological systems – when does freedom begin?

Evolution of the Universe, both abiotic and biotic, is a well established phenomenon which has raised the question, however, whether it is an inherent feature of Nature proceeding by random events or, alternatively, is a process programmed by a non-material Mind. These two approaches to Reality have been considered non-reconciliable (for some they still are) until it became obvious that they address different questions, start with different assumptions and apply different methodology. Consequently, a syncretic theory based on these two approaches seems neither possible nor needed.

In the first approach, represented by natural sciences, a broad consensus has been reached, based on abundant biological evidence, that evolution is driven by random events (mutations and sexual recombination) and natural selection which is largely non-random.... until the emergence of man. He introduced teleological elements into evolution by means of breeding. In addition, man is able to control, to some extent, his own evolution and creates an artefact – culture with a hierarchy of values in which those non-biological values may prevail over biological ones. Elements of culture (R. Dawkins' memes) are internalized by a person through his(her) biological, genetically determined features like intelligence, level of aggressiveness or empathy etc. resulting in the formation of a *cultural phenotype,* unique for each individual. It is within this phenotype that one makes one's choices and within its limits they are free.

Key words: determinism, freedom, biological systems