

Polska Akademia Nauk
Papieski Wydział Teologiczny

Ewolucja i stwarzanie



Ośrodek Wydawnictw Naukowych • Poznań 1998

Ewolucja
i
stwarzanie

Polska Akademia Nauk
Oddział w Poznaniu

Papieski Wydział Teologiczny
w Poznaniu

Ewolucja
i
stwarzanie

Ośrodek Wydawnictw Naukowych
Poznań 1998

Polska Akademia Nauk, Oddział w Poznaniu
Papieski Wydział Teologiczny w Poznaniu

Ewolucja i stwarzanie
Dwugłos Nauki i Teologii. Zeszyt II (1997)

Pozycja finansowana przez KOMITET BADAŃ NAUKOWYCH

ISBN 83-85481-04-4

© Copyright by OWN PAN, Poznań 1997
All rights reserved.

Redakcja: Andrzej Wójtowicz

Ośrodek Wydawnictw Naukowych
Polska Akademia Nauk, Oddział w Poznaniu
61-713 Poznań Wieniawskiego 17/19
tel.: (48-61) 8528503 fax: (48-61) 8520671
e-mail: wojtow@man.poznan.pl

Printed in Poland (TOTALDRUK, Poznań)

SPIS TREŚCI

Wprowadzenie	7
Molekularne podstawy dziedziczenia	
A. B. Legocki	9
Elementy filozoficzne – ewolucjonizm	
L. Wciórka	21
Mechanizm ewolucji – jednak darwinowski	
J. Szweykowski	37
Ewolucja poglądów teologicznych na ewolucję	
B. Hałaczek	57

WPROWADZENIE

Ewolucja i stwarzanie – terminy, które dotyczą najbardziej fundamentalnych kwestii przyrodoznawstwa, filozofii i teologii. Zawarte są w nich pytania, które odwiecznie poruszają ludzką wyobraźnię, inspirując poszukiwania biologów, filozofów i teologów: Jakie jest źródło różnorodności życia na ziemi? Czy stwarzanie może być rozumiane jako pewien proces, którego zasadniczym elementem jest czas?

Obydwa terminy na pierwszy rzut oka odnoszą się do odległych, od siebie zwłaszcza metodologicznie, przesłanek myślowych. Choćby dlatego, że zróżnicowane są możliwości odniesień do przesłanek empirycznych. Wyraźnie mówił o tym Ojciec Święty Jan Paweł II w głośnym *Przesłaniu do członków Papieskiej Akademii Nauk* w dniu 22 października 1996 roku, stwierdzając m. in.: „Nowe zdobycze nauki każą nam uznać, że teoria ewolucji jest czymś więcej niż hipotezą. (...) Jaki zasięg ma ta teoria? Kwestia ta należy do dziedziny epistemologii. Teoria jest konstrukcją metanaukową, odrębną od rezultatów obserwacji, ale zgodną z nimi. Dzięki teorii można połączyć w całość pewien zbiór niezależnych od siebie danych i faktów i wyjaśnić je w ramach jednolitej interpretacji. Teoria okazuje się słuszna w takiej mierze, w jakiej pozwala się zweryfikować; jest nieustannie oceniana w świetle faktów. (...) W rzeczywistości należy mówić nie tyle o *teorii*, co raczej o *teoriach* ewolucji. Ich wielość wynika z jednej strony z różnych sposobów wyjaśniania mechanizmu ewolucji, a z drugiej – z różnych filozofii, które stanowią ich punkt odniesienia”. Tym bardziej więc istnieje wielkie zapotrzebowanie na wzajemne udostępnianie swoich przemyśleń w szerokich kręgach, zarówno biologów, jak i filozofów oraz teologów.

Rozumiejąc potrzebę wspólnej dyskusji o tych złożonych kwestiach Oddział Poznański Polskiej Akademii Nauk oraz Papieski Wydział Teologiczny w Poznaniu zorganizowały w dniu 15 kwietnia 1997 r. sesję naukową pt. *Ewolucja i stwarzanie*. Odbyła się ona pod wysokim patronatem Ks. Arcybiskupa Poznańskiego dra Juliusza Paetza. Na sesji, która spotkała się z nieoczekiwanym dużym zainteresowaniem, wygłoszone zostały 4 referaty, które w skrótach autorskich zamieszcza niniejszy tomik. Odbiór tej publikacji określi zapewne, czy na przyszłość podobnym sesjom może towarzyszyć zainteresowanie środowiska intelektualnego.

bp doc. dr hab. Marek Jędraszewski
prof. Jerzy Pawełekiewicz

Poznań, 12 grudnia 1997 roku

MOLEKULARNE PODSTAWY DZIEDZICZENIA

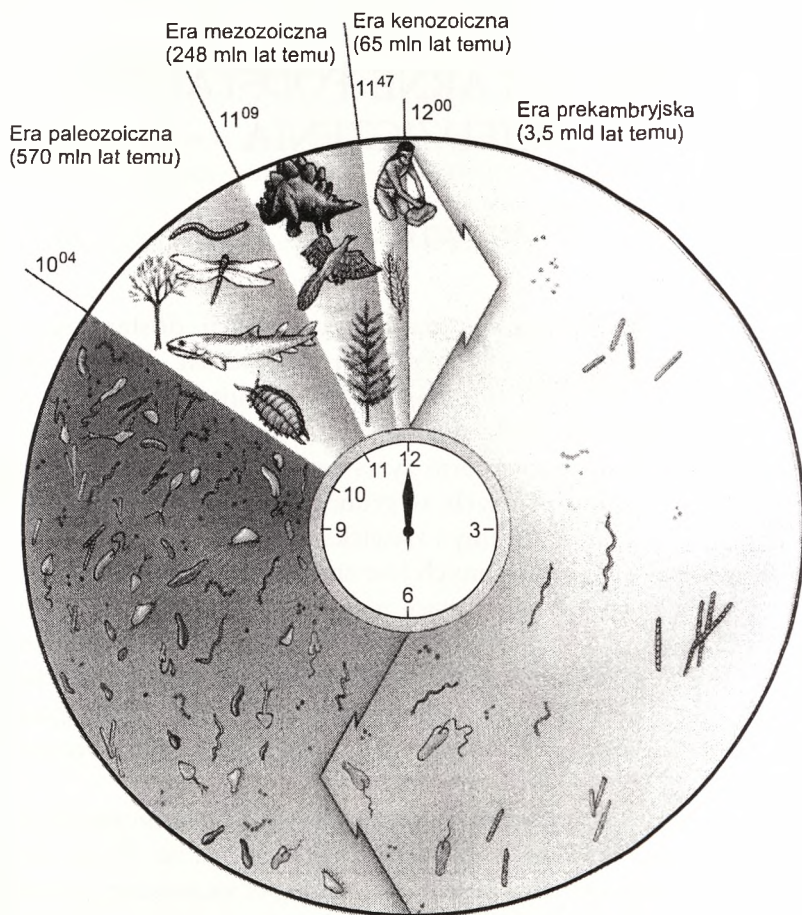
ANDRZEJ B. LEGOCKI

Od wielu lat rozważania na temat ewolucji dostarczają niezmiennie fascynujących uogólnień dla wszystkich działów przyrodoznawstwa. Dotykają one najbardziej frapujących kwestii poznawczych na temat pochodzenia i zróżnicowania organizmów. Niezmierzone wprost bogactwo form życia na Ziemi dostarcza ogromnej bazy empirycznej dla prostych, w gruncie rzeczy, koncepcji wyznaczanych przez dobór naturalny i zjawiska losowe.

Istotą procesów ewolucyjnych jest zmienność i dziedziczność organizmów, a więc zjawiska leżące u podstaw szeroko pojętej genetyki. Rozważań nad ewolucją nie można oddzielić od molekularnej interpretacji zjawisk zmienności i dziedziczenia. Nie da się także omawiać tych procesów w oderwaniu od skali czasowej. Zmienność bowiem w sensie ewolucyjnym jest pochodną czasu tworzenia i przemian.

Dla umiejscowienia w skali czasowej zjawisk ewolucyjnych posłużyć się można umownym zegarem historii życia na Ziemi. Zegar ten obejmuje cały okres trwania życia, które, jak się szacuje, powstało ok. 3,5 miliarda lat temu (na ryc. 1 jest to umownie północ). Era paleozoiczna rozpoczęła się 570 mln lat temu (na zegarze – dziesięć godzin po północy – o godz. 10.00). Mimo iż ślady życia znane są sprzed czasów kambryjskich, za pierwszy okres tej ery, z którym wiąże się eksplozja życia, uważa się okres kambru.

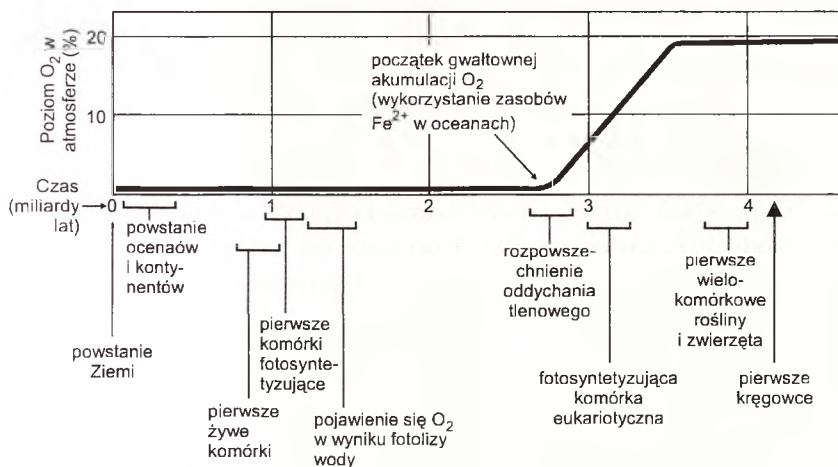
Prof. Andrzej B. Legocki, Instytut Chemii Bioorganicznej PAN, Poznań



Ryc. 1. Zegar historii życia

Era mezozoiczna (trias, jura i kreda), która trwała 183 mln lat, zwana jest czasami „wiekiem gadów” (rozpoczęła się o godz. 11.09). Po niej, 65 mln lat temu (godz. 11.47, tj. 3 minuty przed południem symbolizującym dzień dzisiejszy) nastąpiła era kenozoiczna. Erę ke-

nozoiczną można nazwać wiekiem ptaków, owadów lub wiekiem roślin okrytonasiennych. Ostatnia epoka ery kenozoicznej rozpoczęła się 10 000 lat temu, co odpowiadałoby na zegarze ostatniej 0,1 s (jednej dziesiątej części sekundy) przed południem.



Ryc. 2. Pojawienie się tlenu atmosferycznego a ewolucja życia na Ziemi

Najistotniejszym czynnikiem wyznaczającym kierunek rozwoju organizmów żywych i określającym stopień zmienności przyrody jest środowisko naturalne. Paradoksem jest, iż w odległej przeszłości, to właśnie pojawienie się organizmów żywych wprowadziło zasadnicze zmiany w środowisku. Zmiany te przebiegały jednak bardzo wolno, bo w czasie milionów lat. Były one bez wątpienia związane z pojawieniem się tlenu w atmosferze. Nastąpiło to w wyniku procesu fotosyntezy, która prowadzi do wydzielania tlenu do atmosfery. Tlen jest niezwykle reaktywnym pierwiastkiem, zdolnym do reagowania z większością konstytuentów komórkowych. Był on toksyczny dla wielu wczesnych organizmów, stanowiąc przeważający czynnik środowiska i ukierunkował ewolucję organizmów w stronę prze-

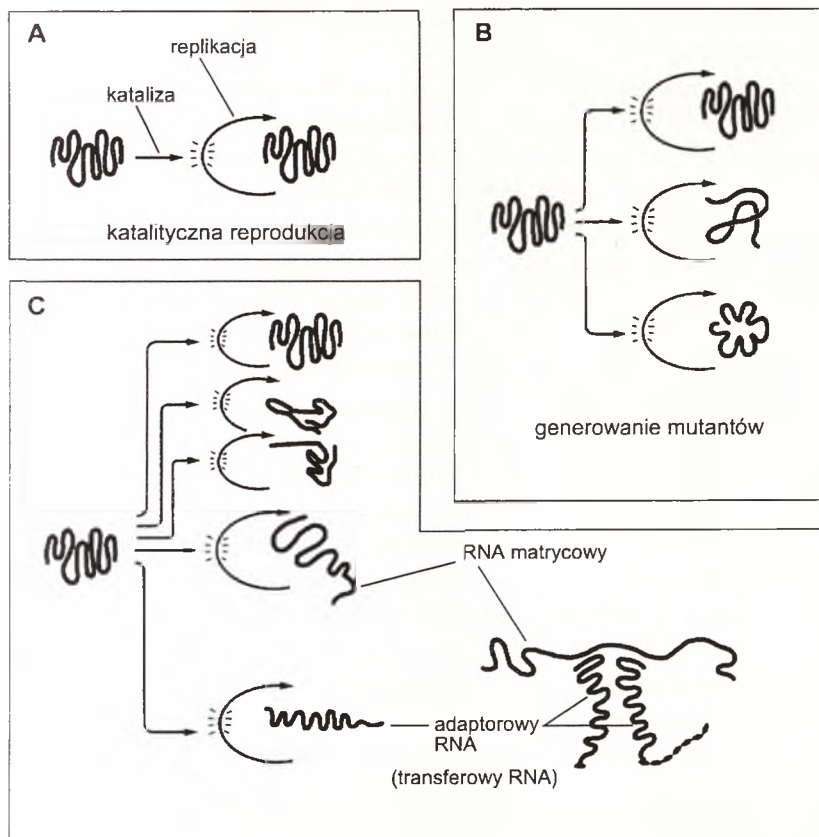
mian tlenowych w głównych szlakach energetycznych. Szacuje się, że mogło upłynąć około 1 miliarda lat pomiędzy pojawieniem się cyanobakterii, które były przypuszczalnie pierwszymi bakteriami uwalniającymi tlen do środowiska i okresem, w którym pierwiastek ten zaczął akumulować się w atmosferze (ryc. 2).

Mogło to nastąpić dopiero po pojawieniu się rozpuszczalnych soli żelaza w oceanach, które reagowały z tlenem, tworząc pokłady tlenku żelaza, stanowiące zasoby obu tych pierwiastków. Ciekawą, choć pośrednią przesłanką na to, iż tlen nie był obecny w pierwotnej atmosferze, było wykazanie, iż żelazo obecne w najstarszych skałach na Ziemi znajduje się w mniej utlenionej postaci.

Przyroda ożywiona charakteryzuje się ogromną złożonością. Nawet najprostsze bakterie jednokomórkowe zawierają kilka tysięcy różnorodnych cząsteczek, które funkcjonują według ściśle określonych reguł i zależności. Organizmy wielokomórkowe posiadają jeszcze bardziej skomplikowaną organizację. Hierarchiczność tej organizacji zapewniła im możliwość autoregulowania szlaków metabolicznych i procesów życiowych. W zależności od stopnia złożoności opisu można wyróżnić tzw. poziom organizmalny, organowy, komórkowy, supramolekularny i wreszcie najniższy – molekularny. Ten ostatni poziom jest domeną biologii molekularnej, która opisuje reakcje i przemiany cząsteczkowe oraz regulację wszystkich procesów zachodzących w żywej komórce. W tych właśnie molekularnych oddziaływaniach zawarta jest istota mechanizmów dziedziczenia.

Przyjmuje się, że przyroda ożywiona, wykształciła dwie doinujące i uniwersalne właściwości wyróżniające ją od układów nieożywionych. Są to cechy, które musi spełniać każdy żywy organizm; a mianowicie, zdolność do prowadzenia samodzielnego metabolizmu z możliwością przetwarzania energii oraz zdolność do samoodtwarzania, a więc do autoreplikacji. Spośród czterech głównych typów makrocząsteczek – białek, kwasów nukleinowych, polisacharydów i lipidów – tylko kwasy nukleinowe wykazują zdolność do autoreplikacji, która jest podstawą dziedziczenia. Stąd też zapis molekularny zawierający informację genetyczną zawarty jest właśnie w budowie

kwasów nukleinowych. Proces odtwarzania informacji genetycznej (tzw. matrycy pierwotnej) odbywa się dwuetapowo: najpierw powstaje nić negatywowa, która stanowi z kolei matrycę do odwzorowania pierwotnej nici kodującej. W obu tych etapach obowiązuje zasada komplementarności zasad nukleotydowych (adenina-uracyl/tymina, cytozyna-guanina).



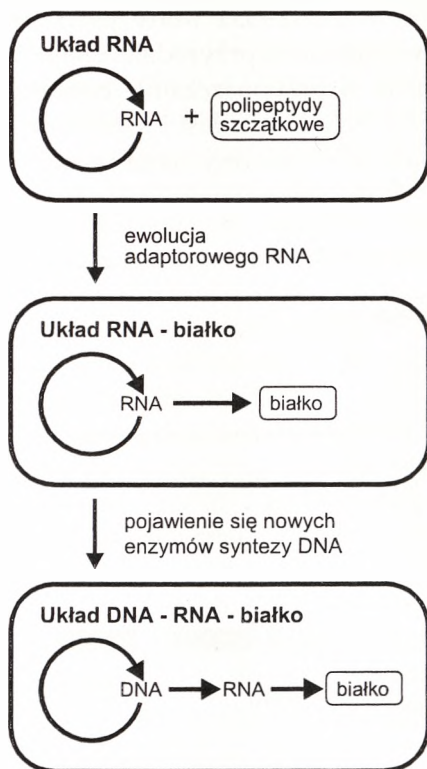
Ryc. 3. Trzy hipotetyczne etapy samoreplikującego układu RNA

Jakie były początki ewoluowania układów samoreplikujących, w których kwasy nukleinowe służyły jako matryce pierwotne dla procesów dziedziczenia? Zapis genetyczny w najstarszych ewolucyjnie układach samoreplikujących zawarty był w łańcuchach kwasów rybonukleinowych (RNA). Prosta reprodukcja matrycy RNA prowadziła do odtworzenia cząsteczki o identycznej budowie i strukturze przestrzennej (ryc. 3). Rychło jednak, pod wpływem zmieniających się warunków środowiska, w kopiowanych łańcuchach zaczęły pojawiać się mutacje, które mogły oznaczać odstępstwa od reguły komplementarności.

Wystąpienie mutacji prowadziło zatem do tworzenia cząsteczek zmodyfikowanych, mających zmienioną budowę, a więc i konformację przestrzenną. Łańcuchy RNA nabyły później zdolności wiązania aminokwasów, które zaczęły wytwarzać między sobą łączące je wiązania peptydowe. W ten sposób zaczęły pojawiać się proste peptydy, których budowę, tzn. kolejność składających się na nie aminokwasów, wyznaczała struktura RNA. Tak więc budowa kwasów nukleinowych została „przetłumaczona” na budowę peptydów, których długie łańcuchy złożyły się później na cząsteczki białek.

Współczesnego potwierdzenia hipotezy, iż w pierwszych etapach ewolucji układów samoreplikujących funkcję matrycy pierwotnej pełniły łańcuchy RNA, dostarczyła budowa wirusów roślinnych, które w większości są wirusami typu RNA. Obecnie wiadomo, że cząsteczki RNA mogą także pełnić funkcje katalityczne (tzw. rybozymy). Właściwość ta do niedawna związana była wyłącznie z białkami. Cząsteczki jednoniciowych RNA są stosunkowo nietrwałe i ich zbiór nie mógł dostatecznie wyczerpująco objąć możliwych kombinacji przestrzennych, których ilość stale powiększała się w związku ze zmieniającymi się warunkami środowiska. Kombinacje te stanowiły swoiste zabezpieczenie ewolucyjne struktur matrycowych decydujące o ich przetrwaniu. Pojawiło się wówczas białko o właściwościach enzymatycznych – odwrotna transkryptaza, która przepisała strukturę RNA na znacznie bardziej stabilne cząsteczki kwasu deoksyrybonukleinowego – DNA, który stał się wkrótce głównym noś-

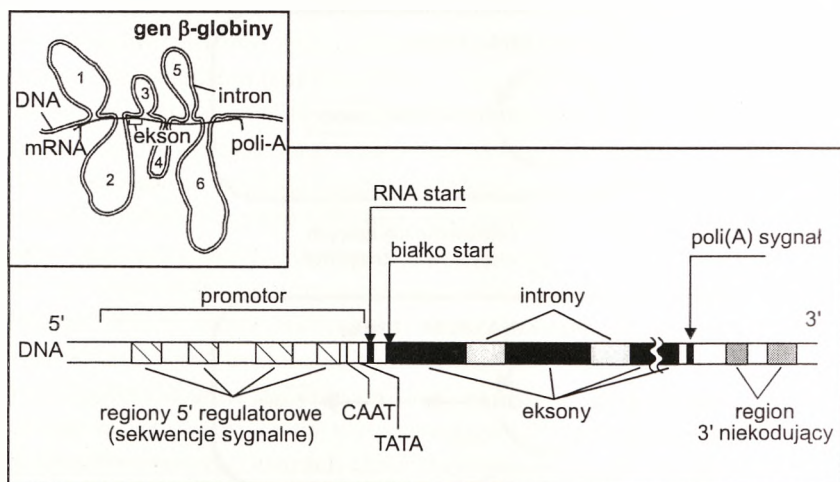
nikiem informacji genetycznej we wszystkich żywych układach biologicznych. Częsteczki RNA przejęły natomiast rolę przekaźników pomiędzy zapisem pierwotnym informacji genetycznej – DNA a produktami końcowymi genów – białkami (ryc. 4).



Ryc. 4. Postulowane fazy ewolucji układu genetycznego

Struktura podwójnej helisy zapewniła cząsteczce DNA niezwykłą stabilność. Zewnętrzne łańcuchy cukrowo-fosforanowe są utrzymywane licznymi wiązaniami wodorowymi, występującymi pomiędzy zasadami purynowymi i pirymidynowymi dwu antyrównoległych

łańcuchów stabilizowanych ponadto oddziaływaniami warstwowymi i wiązaniami van der Waalsa. Podwójna helisa DNA występować może w 3 formach różniących się między sobą szczegółami aranżacji przestrzennej: A, B oraz Z. Funkcjonalną, utrwaloną przez ewolucję, konformacją DNA w roztworze jest prawoskrętna helisa B-DNA. Strukturą alternatywną, której występowanie wiąże się ze środowiskiem ubogim w cząsteczki wody jest forma A-DNA. Jeżeli forma ta w ogóle występuje w przyrodzie, co nie jest całkowicie jednoznaczne, to można ją przypuszczalnie odnaleźć w kompleksach hybrydowych RNA-DNA. Natomiast lewoskrętna struktura Z-DNA może być związana z pewnymi regionami komórkowych DNA.



Ryc. 6. Organizacja genów organizmów wyższych

Cząsteczki DNA niosą w swej strukturze informacje zarówno na temat budowy kodowanych przez nie produktów białkowych, jak też miejsca i fazy ontogenezy. Te, jak mówimy, regulatorowe właściwości DNA zawarte są w tzw. regionach niekodujących po obydwu

stronach części kodującej. Ważnym odkryciem było wykazanie, że geny u organizmów wyższych mają budowę współliniową lecz nieciągłą. Oznacza to, że odcinki kodujące (eksyony) są poprzedzielane fragmentami niekodującymi (intronami) (ryc. 5). Na temat funkcji intronów istnieje wiele hipotez.

Niektóre z nich przypisują intronom rolę reliktów ewolucyjnych, inne – rolę regionów „rozcienczących” prawdopodobieństwo wystąpienia mutacji. Wysuwane są także koncepcje „modułowe” składania genów w trakcie ewolucji z regionów kodujących posiadających zachowawcze odcinki o charakterze powtarzających się modułów. Ponieważ introny zostały wykryte u starych ewolucyjnie rodzajów mikroorganizmów *Archebacteria*, można sądzić, iż ewolucja organizmów niższych zmierzała w kierunku eliminacji intronów, przez co mogły one utracić zdolność do autoprotekcji regionów kodujących.

Sekwencja zasad w DNA określa współliniowo kolejność aminokwasów w białkach poprzez utworzony w procesie transkrypcji matrycowy RNA (messenger RNA, mRNA).

Informacja genetyczna przepisana z nici DNA na łańcuch RNA zostaje odczytana według kodu trypletowego, w którym każda trójka (kodon) odpowiada określonemu aminokwasowi w programowanym przez ten RNA białku. Kodony mRNA odczytywane są w procesie syntezy białka (translacji), jeden po drugim wyznaczając kolejność aminokwasów w łańcuchu polipeptydowym. Jakikolwiek przesunięcie w odczytywaniu mRNA, czyli zmiana tzw. ramki odczytu, a także insercje lub delecje zasad nukleotydowych w łańcuchu mRNA, powodują tworzenie zupełnie innego białka.

Przełożenie sekwencji mRNA na białko odbywa się według reguł kodu genetycznego (tab. 1). Jest on swoistą instrukcją przepisującą 4-literowy alfabet zapisany w cząsteczkach matrycowego RNA na 20-aminokwasowy język białkowy. Odczytanie kodu genetycznego, tj. przypisanie poszczególnym kodonom funkcji wyznaczenia aminokwasom określonych pozycji w tworzonego białku było wielkim dziełem biologii molekularnej, w które wniosło wkład wielu wybit-

nych biologów, m. in.: Marshall Nirenberg, Severo Ochoa, Gobind Khorana i Sydney Brenner. Wykazali oni, że kod genetyczny jest trójkowy, nienakładający się i zdegenerowany (jeden aminokwas kodowany jest przez więcej niż jeden kodon). Degeneracja kodu minimalizuje ewentualne szkodliwe skutki mutacji. Właściwością kodu genetycznego, która ma najbardziej doniosłe znaczenie dla rozważań nad ewolucją, jest jego uniwersalność. Oznacza ona, iż kod genetyczny obowiązuje we wszystkich żywych komórkach i organizmach. Pewne odstępstwa wykazuje jedynie kod w mitochondriach wyższych organizmów.

Tabela 1. Kod genetyczny

Pierwsza pozycja kodonu (koniec 5')	Pozycja druga				Pozycja trzecia (koniec 3')
	U	C	A	G	
U	Phe	Ser	Tyr	Cys	U
	Phe	Ser	Tyr	Cys	C
	Leu	Ser	Stop	Stop	A
	Leu	Ser	Stop	Trp	G
C	Leu	Pro	His	Arg	U
	Leu	Pro	His	Arg	C
	Leu	Pro	Gin	Arg	A
	Leu	Pro	Gin	Arg	G
A	Ile	Thr	Asn	Ser	U
	Ile	Thr	Asn	Ser	C
	Ile	Thr	Lys	Arg	A
	Met	Thr	Lys	Arg	G
G	Val	Ala	Asp	Gly	U
	Val	Ala	Asp	Gly	C
	Val	Ala	Glu	Gly	A
	Val	Ala	Glu	Gly	G

Uniwersalność kodu świadczy o tym, że stanowi on prądawne dziedzictwo wszystkich żywych organizmów, które ewoluowały od wspólnych przodków. Czy zatem życie na Ziemi powstało w jed-

nym miejscu, czy też mogło powstać w wielu miejscach i dopiero wtłoczone zostało warunkami i presją ewolucyjną w ten sam tor zależności genetycznych? Tej kwestii nie uda nam się zapewne nigdy wywieść empirycznie. Niezależnie jednak od tego, wykazanie uniwersalnego charakteru kodu genetycznego stanowi bodaj najbardziej znaczący wkład biologii molekularnej w filozofię biologii.

Tabela 2. Oszacowana liczba genów w organizmach żywych

Gatunek		Liczba genów	Metoda oznaczeń
<i>Escherichia coli</i>	bakteria	4000	ORF
<i>Saccharomyces cerevisiae</i>	drożdże	7000	ORF
<i>Drosophila melanogaster</i>	owad	1200-16000	ORF, reasocjacja
<i>Caenorhabditis elegans</i>	nicień	17800	ORF
<i>Fugu rubripes</i>	ryba	50000-100000	homologia sekwencji
<i>Arabidopsis thaliana</i>	roślina	3000	homologia sekwencji, ORF
<i>Nicotiana tabacum</i>	roślina	60000	homologia sekwencji, ORF
<i>Homo sapiens</i>	człowiek	80000	DpG isl., reasocjacja
		60000-70000	cDNA EST

Budowa aminokwasowa (I-rzędowa) białek ma zasadnicze znaczenie dla ich funkcji. Wiadomo, że są rejony białka, gdzie substy-

tucja jednego aminokwasu może prowadzić do drastycznej utraty jego funkcji. Takim klasycznym przykładem jest występowanie hemoglobiny S, której pojawienie się związane jest z dziedzicznym schorzeniem, zwanym anemią sierpowatą, występującym u amerykańskich potomków murzynów afrykańskich. Erytrocyty takich chorych mają zmieniony kształt (ostrze sierpa) i zawierają cząsteczki nieprawidłowej hemoglobiny, u których w pozycji 6 łańcucha β , licząc od N-końca, zamiast kwasu glutaminowego występuje walina. Zmieniona rozpuszczalność hemoglobiny S jest przyczyną letalnej niedokrwistości u osób chorych.

Oprócz budowy I-rzędowej, kapitalne znaczenie dla funkcji ma także budowa przestrzenna białek. Są dowody empiryczne, iż u ewolucyjnie odległych organizmów, białka o różnej budowie aminokwasowej uczestniczące w reakcjach tego samego typu, zachowały w ewolucji bardzo zbliżoną budowę przestrzenną. Struktury białkowe wyższego rzędu (tzn. konformacja czynnych polipeptydów) stanowią więc swoistą determinantę ewolucyjną.

Genomy żywych komórek, szczególnie zaś organizmów wyższych, zawierają znaczny nadmiar DNA. Nie ma poza tym prostej korelacji pomiędzy zawartością DNA, a stopniem rozwoju czy złożonością organizmu (tab. 2). Komórki człowieka zawierają ok. 700 razy więcej DNA niż bakterie, zaś komórki niektórych płazów i roślin zawierają nawet 30 razy więcej DNA niż komórki ludzkie. Szacuje się, że tylko kilka procent DNA komórek organizmów wyższych posiada funkcję kodującą.

ELEMENTY FILOZOFICZNE – EWOLUCJONIZM

LUDWIK WCIÓRKA

1. PŁASZCZYZNY ANALIZ

Ewolucjonizm jest doktryną w wieloraki sposób powiązaną z określonymi koncepcjami filozoficznymi. Analizy tych koncepcji ujawniają wszakże, iż nabierają one dość zróżnicowanego sensu, w zależności od aspektu, z jakiego samą ewolucję poddaje się filozoficznej refleksji. Wymienić tu można przynajmniej trzy aspekty, albo trzy płaszczyzny poznawcze, z których problematyka ewolucji może być poddawana filozoficznym dociekaniom.

Pierwszą z tych płaszczyzn stanowi ewolucja rozumiana jako całość kształt doktryn i poglądów, zarówno przyrodniczych jak i filozoficznych, dotyczących powstania i rozwoju świata materialnego, życia organicznego, psychicznego, kultury, cywilizacji, języka. Filozoficzna refleksja tak rozumianego ewolucjonizmu sprowadza się do wypracowania samej teorii zmian względnie procesu stawania się i określenia sposobu jej realizacji. Tak rozumianą filozoficzną doktrynę ewolucjonizmu rozwijali jeszcze w XIX w. Georg Wilhelm Friedrich Hegel (1770-1831), Herbert Spencer (1820-1903), Thomas Henry Huxley (1825-1895), Karol Marks (1818-1883), Fryderyk Engels (1820-1895), Ernest Haeckel (1834-1919), a w wieku dwudziestym – Henri Bergson (1859-1941) i Pierre Teilhard de Chardin (1881-1955). Z poznawczego punktu widzenia autorzy ci reprezentują zarówno odmienny od przyrodniczego punkt wyjścia w refleksji nad ewolucją rzeczywistości, jak również zróżnicowany spo-

sób interpretacji samej ewolucji. Widać to choćby w odwoływaniu się z jednej strony do danych obserwacyjnych (Spencer, Huxley), względnie do ogólnej teorii rzeczywistości, której konsekwencją miałby być sam ewolucyjny proces jej formowania się (Hegel, Marks, Engels, Bergson oraz – w pewnym sensie – Teilhard de Chardin).

Drugi krąg zagadnień filozoficznych związany jest z przyrodniczą teorią ewolucji. Jako teoria naukowa składa się ona z dwu zasadniczych elementów: z faktów, a ściślej – ze zdań o faktach oraz z ich interpretacji. Zdania o faktach dotyczą danych obserwacyjnych z różnych dziedzin wiedzy o przyrodzie: z danych z zakresu biochemii, genetyki, geologii, paleontologii, anatomii porównawczej. Interpretacja tych danych dokonuje się zawsze w ramach teorii opierającej się na przyjętych na zasadzie pewnego domysłu hipotezach, pozwalających powiązać te dane w logicznie spójny układ twierdzeń wyjaśniający z jednej strony stałość, a z drugiej – wielość i zróżnicowanie pojawiających się w czasie form roślinnych względnie zwierzęcych.

2. ONTOLOGICZNE ELEMENTY TEORII EWOLUCJI

Pozytywistyczna koncepcja nauki zakłada, że jako przyrodnicza teoria ewolucji nie może odwoływać się do twierdzeń, które są wytworem spekulacji wykraczającej poza dane dostępne w zmysłowej recepcji. Takie bowiem twierdzenia należą do metafizyki, czyli – jak pisze Carnap – do twierdzeń pretendujących do wiedzy o czymś, co leży „ponad, czy poza wszelkim doświadczeniem” [1].

Takie antymetafizyczne stanowisko reprezentowali w latach trzydziestych i czterdziestych kończącego się stulecia – neopozytywiści. Ich zdaniem nauka powinna wychodzić od niepodważalnych danych zmysłowego doświadczenia, które – nadto – winno być opisane przy pomocy neutralnego, niezależnego od wszelkich danych teorii, wolnego od metafizyki, języka obserwacyjnego. Jego charakter nie jest więc zdeterminowany przez założenia teorii, jest od niej wolny. Teoria zatem nie wpływa i nie powinna wpływać ani na obserwację faktów, ani na sposób jej przeprowadzenia, ani – wreszcie – na ich językową werbalizację.

Zasadnicza pod tym względem zmiana dokonała się w latach sześćdziesiątych. Jej inicjatorami byli teoretycy poznania naukowego tej miary, co Thomas S. Kuhn, Paul K. Feyerabend, N. R. Hanson, Michael Polanyi. Stanęli oni na stanowisku, iż nie istnieją w naszym poznaniu czyste dane, niezinterpretowane jakoś przez sam poznający podmiot. Tak w życiu codziennym, jak i w nauce, spodziewamy się zawsze zobaczyć to, czego oczekujemy, co odpowiada naszym wyobrażeniom i pojęciom, którymi zwykle się posługujemy. Mówiąc dokładniej, kategorie interpretacyjne wprowadzane są przez badacza od początkowego momentu podjętych czynności obserwacyjnych. Pod wpływem uprzednio przyjętej teorii pozostaje nawet język, przy pomocy którego opisujemy dokonywane obserwacje. Te podstawowe założenia, jakie uczony przyjmuje przed przystąpieniem do badań, wyrażają się następnie w sposobie stawiania problemu, w rodzaju budowanej aparatury, w zbiorze parametrów traktowanych jako istotne. Hanson wyraził ten stan rzeczy dobitnie w zdaniu, iż „wszelkie dane są obciążone teorią” [2]. A. Feyerabend stwierdza, że „fakty i teorie są ze sobą wiele ściślej powiązane, niż na to pozwala zasada autonomii. Nie tylko opis każdego poszczególnego faktu zależy od jakiejś teorii (która może być, oczywiście, zupełnie różna od teorii sprawdzanej). Istnieją również fakty, które mogą być odkryte tylko i wyłącznie za pomocą teorii alternatywnych w stosunku do tej, która podlega sprawdzeniu; stają się one niedostępne, jeśli tylko wykluczy się takie alternatywne teorie” [3].

Innym charakterystycznym rysem tego nowego spojrzenia na naukę jest swoiście rozumiana rehabilitacja metafizyki. Spotykamy się z nią u wspomnianych już autorów, jednakże jej rozumienie dalekie jest od tego, co w klasycznej filozofii tym terminem zwykle się oznacza: mianowicie, naukę o bycie jako bycie i o jego przyczynach. W tym nowym ujęciu oznacza ona zespół zdań traktowanych jako wstępnych przesławań dotyczących struktury świata. Kuhn traktował je jako elementy paradygmatu nauki, których znaczenie, jako quasi-systemów ujawniają badania z zakresu historii nauki [4]. A. Feyerabend o tych elementach metafizycznych w teorii nauki pisał wręcz: „Systemy metafizyczne są teoriami naukowymi w ich najbardziej pierwotnym sta-

dium. Jeżeli przeczą dobrze potwierdzonemu pogładowi, wskazuje to na ich użyteczność jako alternatywnego ujęcia w stosunku do tego poglądu. Stąd systemy metafizyczne, które przeczą wynikom obserwacji lub dobrze potwierdzonym teoriom, stanowią najbardziej pożądane punkty wyjścia do krytyki” [5].

3. ELEMENTY METAFIZYCZNE W TEORII EWOLUCJI

Powyższe uwagi dotyczące elementów metafizycznych w nauce odnoszą się przede wszystkim do takich nauk, jak kosmologia przyrodnicza czy fizyka. W obrębie innych nauk przyrodniczych, w tym także w biologii, opracowań tych jest niewiele, przynajmniej w języku polskim. Do tych ostatnich zaliczyć należałoby przyczynkarskie publikacje Bielickiego [6], Hoffmanna [7], Ryszkiewicza [8] i Knochela [9]. Nie pretendując do wyczerpującego opisu metafizycznych elementów obecnych w teorii ewolucji wypada przynajmniej wskazać na kilka z nich. Dwa założenia metafizyczne, wywodzące się jeszcze z tradycji filozoficznej greckiej można odnaleźć również u podstaw współczesnej, ewolucyjnej interpretacji świata. Są to: przekonanie o jedności świata materialnego i przekonanie o względnej przynajmniej stałości form roślinnych i zwierzęcych w świecie występujących. U Greków przekonania te były owocem spekulacji, podczas gdy w nowożytnej myśli ewolucyjnej uznano je za wynik uogólnionej obserwacji dokonanej przez człowieka. Całościowa wizja świata stanowiąca osnowę pierwszego z tych założeń zarówno w interpretacji greckiej, jak i nowożytnej, implikuje ciągłość zmian zachodzących w świecie.

Stalość, o której mówi drugie z omawianych założeń, ma jednak charakter tylko względny. O stałości tej można bowiem mówić tylko mając na uwadze niedostępną bezpośredniej obserwacji powolność tychże zmian. Powolność ta stała się też podstawą sformułowanej już przez Darwina tezy, iż „zasadniczym mechanizmem powstawania gatunków są powolne zmiany genetyczne zachodzące w dużych populacjach oraz to, że w każdej chwili ludzkiej historii rodowej istniał tylko jeden gatunek w linii prowadzącej do człowieka i że linia ta poprzez

postępującą cerebralizację dążyła do celu – człowieka” [10]. Oba omawiane założenia i to, które dotyczy jedności świata materialnego i to, które odnosi się do względnie rozumianej stałości gatunków, mają wyraźnie metafizyczny charakter. W ostatnich czasach to drugie założenie, z którego wywodzi się przekonanie o powolnym i długim czasowo procesie przechodzenia jednych gatunków w inne, zostało poddane modyfikacji. Zgodnie z koncepcją tak zwanej zaburzonej równowagi, sformułowanej przez S. Goulda i N. Eldredge’a gatunki powstają w „allopatrycznej, skokowej specjalizacji”. Istnieją bowiem w stanach równowagi naruszanych tylko sporadycznie (specjacja skokowa), przy czym ich naruszenie prowadzi do powstania nowych gatunków. Ich pojawienie się ma charakter nagły, natychmiastowy, punktowy [11]. Z tego punktu widzenia patrząc na kwestię powstawania nowych gatunków stwierdzić trzeba, że darwinowskie i neodarwinowskie tłumaczenie powstawania gatunków odwołujące się do pojęć adaptacji, doboru naturalnego i powolnych zmian w dużych populacjach tracą sens poznawczy. Podkreślić jednak wypada, że i punktuacjonalizm wydaje się raczej metafizycznym założeniem, a nie zweryfikowaną empirycznie tezą.

4. TEORIA EWOLUCJI A TEORIA BYTU

Elementy swoiście rozumianej metafizyki występują więc już u podstaw teorii ewolucji. W sposób jednak wyraźnie określony i metodycznie uzasadniony występują one w próbach wskazania ontycznych racji samych procesów ewolucyjnych. Choć więc teoria ewolucji, jako teoria naukowa, abstrahuje w zasadzie wyraźnie od pytań o charakterze metafizycznym, to jednak do pytań powraca usiłując wskazać i określić racje tłumaczące i uzasadniające pojawienie się w toku ewolucji układów materialnych pod względem ontycznym coraz wyższych i doskonalszych. Zmiany bowiem ewolucyjne, przynajmniej w znaczeniu nadawanym im w biologii, są zmianami, których efektem są coraz wyższe w znaczeniu bytowym formy roślinne i zwierzęce. Z przyrodniczego punktu widzenia takie ich ujmowanie nie budzi żadnych

zastrzeżeń ani epistemologicznych, ani też metodologicznych. W perspektywie ontologicznej jednak musimy je traktować jako przejaw bytowego przyrostu doskonałości bytowej w skutku, przy czym przyrost ten spowodowany jest działaniem przyczyny, która tej doskonałości nie posiada. Skutek więc przewyższa przyczynę. Taka jednak interpretacja zmian ewolucyjnych zdaje się naruszać samą zasadę przyczynowości. Zakłada ona bowiem, że skutek nie może pod względem doskonałości bytowej przewyższać przyczyny, która jego pojawienie się spowodowała.

5. MONISTYCZNA INTERPRETACJA EWOLUCJI

Trudności tej nie rozwiązuje stanowisko filozoficzne określane mianem monizmu materialistycznego. Głosi ono, iż cała rzeczywistość ilościowo i jakościowo w sobie zróżnicowana, redukuje się jednak do jednego, jednorodnego czynnika, mianowicie, do materii. Teoria ewolucji więc, dotycząc świata materialnego jako tego, który jest jedynie realny, musi w nim, a ściślej w materii, szukać zasady tłumaczącej bytowy charakter procesów ewolucji. Materia w takim ujęciu staje się więc immanentną zasadą bytu.

Stanowisko takie zajmował jeden z głośnych swego czasu propagatorów ewolucjonizmu, mianowicie Ernest Haeckel. Do reprezentantów tej koncepcji należeli również twórcy materializmu dialektycznego Karol Marks i Fryderyk Engels.

Pozornie prosta monistyczna interpretacja teorii ewolucji napotyka wszakże na trudności. Pierwsza z nich dotyczy podstaw zmienności bytów. Zmienność bowiem jest niezrozumiała, jeśli w rzeczywistości podlegającej zmianie nie wyróżni się dwu odmiennych, niesprowadzalnych do siebie stanów: potencjalnego stanowiącego rację zmienności bytu oraz aktualnego (przynajmniej w sensie względnym) stanowiącego rację stałości tego bytu. Odróżnienie to wskazuje na wewnętrzną złożoność bytu, a ta złożoność z kolei zdaje się podważać fundamentalną dla monizmu tezę o wewnętrznej jednorodności bytu [12].

Druga trudność, stanowiąca wszakże zmienioną nieco wersję pierwszej, wiąże się z tezą, iż byt materialny w swej strukturze ontycznej

jest albo prosty i niezłożony, albo też złożony z jednorodnych tylko elementów. W jednym i drugim wypadku musiałby być zarazem podłożem zmian ewolucyjnych oraz ich przyczyną. Ale wówczas powstawałaby sprzeczność.

Trzecie wreszcie zastrzeżenie, jakie w stosunku do monistycznej interpretacji procesu ewolucji można podnieść, to wspomniany już wyżej problem adekwatności przyczyn zmian ewolucyjnych w porównaniu ze skutkami, do których one prowadzą. Wśród wytworów zmian ewolucyjnych są przecież takie, które prezentują się jako ontycznie wyższe od przyczyn, które ich pojawienie spowodowały. Należą do nich choćby pojawienie się życia, czy też pojawienie się człowieka. Krytyczne i merytorycznie uzasadnione wyjaśnienie tej kwestii opiera się na zasadzie racji dostatecznej, nazywanej niekiedy również zasadą bytu. Tomasz z Akwinu wyrażał ją w zdaniu „Wszystko, co przysługuje jakiemuś bytowi nie na mocy tego, czym on sam jest, przysługuje mu w wyniku działania jakiejś przyczyny: albowiem to, co nie ma przyczyny jest całkowicie pierwsze” [13]. Leibniz zaś zasadę tę ujmował nieco inaczej, w formule głoszącej, iż „żaden fakt nie może okazać się rzeczywisty czyli istniejący, żadna wypowiedź prawdziwa, jeżeli nie ma racji dostatecznej, dla której to jest takie a nie inne: chociaż racje te najczęściej nie mogą nam być znane” [14].

Zasada ta głosi, iż byt tłumaczy się przez byt i jest zrozumiały tylko przez byt. Albo więc byt ma w sobie rację czyniącą zrozumiały jego bytowy charakter, albo racja ta znajduje się w jakimś innym, od niego różnym bycie. Skutek prezentujący w procesie ewolucji wyższy od przyczyn stan bytu nie może mieć racji swego wyższego ontycznie stanu w sobie, lecz w jakimś różnym od siebie bycie, który jest przyczyną tego stanu. Przyczyna ta musi być w stosunku do niego transcendentna. Monistyczne rozwiązanie z tego punktu widzenia jest rozwiązaniem trudnym do zaakceptowania.

6. EWOLUCJA W ŚWIECIE PLURALISTYCZNEJ KONCEPCJI RZECZYWISTOŚCI

Inaczej wszakże zagadnienie to przedstawia się w ujęciach akceptujących niemonistyczną koncepcję rzeczywistości. Zakładają one, że każ-

dy byt realizujący w swoim trwaniu wyższe doskonałości od tych, którymi charakteryzowały się przyczyny zaistnienia takiego bytu, zgodnie ze wspomnianą już zasadą racji bytu, korzenie swego istnienia muszą mieć w zewnętrznym wobec nich bycie. Właściwego im poziomu doskonałości bytowej nie posiadają na mocy tego czym są, lecz na mocy działania przyczyny od nich różnej a sprawiającej, iż są tym, czym są.

Wśród interpretacji filozoficznych ewolucjonizmu na takich przesłankach opartych, wymienić można trzy najbardziej znane. Należą do nich ujęcia A. D. Sertillanges'a (1863-1948), Karla Rahnera (1904-1984) i Pierre Teilharda de Chardin (1881-1955).

W ujęciu Sertillanges'a problem ontycznej interpretacji procesów ewolucyjnych przybiera postać pytania o związek zachodzący między doktryną stworzenia a teorią ewolucji. Podejmując ten problem i szukając jego rozwiązania nawiązywał do koncepcji filozoficznych św. Tomasza z Akwinu. Stał przy tym na stanowisku, iż metafizyka Akwinaty daje się łatwo pogodzić z ewolucyjną wizją świata, czego nie można jednak powiedzieć o tomaszowej filozofii przyrody. Swoje koncepcje dotyczące stworzenia i ewolucji wyłożył w trzech swoich pracach: *Dieu ou rien?*, *L'univers et l'âme*, a przede wszystkim w studium *L'idée de l'évolution et ses retentissements en philosophie* [15]. Naczelnym pytaniem, wokół którego obracały się jego dociekania filozoficzne była kwestia, jak możliwy jest ewolucyjny rozwój przy założeniu, iż pojawienie się każdej nowej, wyższej formy bytu wymaga – zgodnie z zasadą racji bytu – interwencji Pierwszej Przyczyny. Wprawdzie ciągłość procesów ewolucji, przynajmniej w porządku zjawiskowym, zdaje się świadczyć, iż zasadne jest rozwiązanie monistyczne. Trudno bowiem przyjąć, iż owa interwencja Pierwszej Przyczyny w procesy zmian ewolucyjnych miałyby ograniczać się tylko do kilku aktów takich, jak pojawienie się życia czy też pochodzenie człowieka. Takie jest bowiem ujęcie dynamizmu Pierwszej Przyczyny. Interwencja w pewne tylko fazy ewolucyjnego rozwoju równałaby się – zdaniem Sertillanges'a – stwarzaniu nowego za każdym razem świata [16]. Stanowisko samego Sertillanges'a jest w tej kwestii odmienne. Nie mówi o interwencjach Pierwszej Przyczyny zmieniających bieg procesów w obrębie samej

przyrody, lecz o nowych odniesieniach samej przyrody do Pierwszej Przyczyny, nie zawierających się w formach już wcześniej istniejących. Ze zjawiskowego punktu widzenia ujmując sprawę można więc powiedzieć, że ewolucyjne pojawienie się nowych form w przyrodzie jest wytworem spontaniczności samej materii czy materialnej przyrody. Z ontycznego jednak punktu widzenia ich powstanie traktować należy jako wyraz immanentnej a zarazem transcendentnej działalności Przyczyny Pierwszej. Dynamizm ten nie daje się opisać w kategoriach czasowo przestrzennych, choć jego skutki są zawsze określone czasowo i przestrzennie. Dokonane przez Sertillanges'a rozróżnienia między aspektem fenomenalistycznym teorii ewolucji i jej uwarunkowaniami metafizycznymi wraz z ukazaniem immanentnego a zarazem transcendentnego charakteru działania Pierwszej Przyczyny, stanowią istotny wkład w filozoficzną problematykę ewolucji i wskazuje centralne dla niej zagadnienie.

Kolejną próbę ujęcia ontologicznego problematyki ewolucji podejmuje Karl Rahner. Wykłada ją w pracy *Die Hominisation als theologische Frage* [17]. W swoim ujęciu nawiązuje on do koncepcji klasycznej, wywodzącej się jeszcze z tradycji arystotelesowskiej myśli, rozwijanej przez Tomasza z Akwinu. Jest nią najogólniejsza filozoficzna teoria zmiany, zwana teorią aktu i możliwości. Głosi ona, iż każda zmiana bytu polega na jego przejściu ze stanu możliwościowego do stanu aktualnego. Stan możliwościowy, to stan, w którym określony byt może określić cechy czy właściwości posiadać, ale ich jeszcze nie posiada. Stan aktu natomiast to stan, w którym dany byt nie tylko jakieś cechy względnie właściwości może posiadać, lecz już je posiada. Między stanem możliwościowym i odpowiadającym mu stanem aktu musi zachodzić realna różnica, gdyż w przeciwnym wypadku, to znaczy w sytuacji, w której stan możliwości jakiegoś bytu utożsamiałby się z właściwym mu stanem aktu, zmiana byłaby niemożliwa, a sam ów byt realizowałby wewnętrzną sprzeczność. Podkreślić należy, iż różnica ta stanowi o wewnętrznej możliwości samej zmiany. Aby jednak zmiana faktycznie się dokonała zadziałać musi jakaś zewnętrzna wobec zmieniającego się bytu przyczyna sprawcza.

Jednakże takie określenie zmiany nie wnosi jeszcze – przynajmniej pozornie – nic nowego do filozoficznej interpretacji procesów ewolucji. Wprawdzie procesy te są również procesami zmian, ale tym, co je charakteryzuje to nie tylko „stawanie się innym”, lecz również „stawanie się więcej”. Zasadniczym więc dla Rahnera pytaniem w kwestii zastosowania teorii aktu i możliwości do interpretacji procesów ewolucji jest pytanie, czy „stawanie się innym” jest równoznaczne „stawaniu się więcej” [18]. Rahner odpowiada na nie twierdząco. Zmiana albo stawanie się polega – jego zdaniem – na jakimś bytowym wzroście, na pojawieniu się jakiejś nowej rzeczywistości [19]. Zmiana przecież albo stawanie się, jako przejście ze stanu możliwości do stanu aktu, zawsze utożsamia się z bytowym wzrostem. Stan aktu jest bowiem zawsze stanem ontycznie wyższym od stanu możliwości. Jednakże przyrost bytu, o jaki tutaj chodzi, nie wiąże się tylko ze wzrostem aktu, do którego dochodzi w następstwie zmiany. Można o takim wzroście bytu mówić również w odniesieniu do przyczyny samą zmianę powodującej. Każda przecież przyczyna jest wprawdzie bytem, ale nie każdy byt, na tyle na ile jest bytem, jest zarazem przyczyną. Tym, co konstytuuje byt w charakterze przyczyny, jest wykonywane przez niego działanie sprawcze. Jest ono niczym innym, jak realizacją zawartą w bycie możliwości działania. Polega ona na uzyskaniu przez działający sprawczo byt nowego określenia, nowej determinacji.

Z przejściem więc bytu ze stanu pod względem ontycznym niższego do stanu pod względem ontycznym wyższego spotykamy się nie tylko w bycie poddanym zmianie, lecz także w bycie będącym przyczyną tejże zmiany. W związku z taką sytuacją rodzi się pytanie o ostateczną przyczynę nie tylko i nie tyle zmian polegających na przejściu bytu ze stanu możliwości do stanu aktu, lecz o aktualizację możliwości działania przyczyn zmiany powodujących. Jaki jest czynnik aktualizujący sprawcze działanie wywołujące wyższy stan ontycznej doskonałości zmieniającego się bytu?

Odpowiedź na to pytanie Rahner widzi w działaniu Pierwszej Przyczyny. Jej wpływ przyczynowy na przyrost bytowej doskonałości w bytach poddanych zmianom nie polega jednak na działaniu niejako „du-

blującym” aktywność przyczyn skończonych, na działaniu uzupełniającym tylko dynamizm tychże przyczyn, lecz na współdziałaniu z aktywnością przyczyn skończonych.

Próbując określić, na czym owo współdziałanie polega, Rahner odwołuje się do klasycznej doktryny filozoficznej o stworzeniu i utrzymywaniu stworzonych już bytów we właściwym im istnieniu. „Stwarzanie” to według niego spowodowanie istnienia bytów. Jednakże byty już stworzone, we właściwym im istnieniu są przez Przyczynę Pierwszą podtrzymywane, od Pierwszej Przyczyny zależne. W gruncie rzeczy bowiem stworzenie i utrzymywanie w istnieniu – to dwa terminy wyrażające stan ontycznej zależności bytów od Pierwszej Przyczyny ich istnienia. Oba te określenia oznaczają więc to samo: ciągle stwarzanie bytów. Utrzymywanie w istnieniu to ciągle stwarzanie istniejących bytów.

Nawiązując do tego stwierdzenia Rahner doszukiwał się tutaj odpowiedzi na pytanie, jak działanie Pierwszej Przyczyny, transcendentne wobec działania przyczyn skończonych, może się z tymi ostatnimi łączyć i faktycznie się łączy. W procesach zmian ewolucyjnych wywoływanych przez przyczyny skończone, zmian o charakterze zjawiskowym, ujawnia się pozazjawiskowy dynamizm Pierwszej Przyczyny w świecie.

W rozważaniach Rahnera dotyczących ontycznych uwarunkowań teorii ewolucji pojawia się więc również idea Przyczyny Pierwszej, jako immanentnego i transcendentnego czynnika sprawczego zachodzących w rzeczywistości procesów prowadzących do pojawienia się coraz nowych i wyższych z ontycznego punktu widzenia bytów. Pod tym względem rozwiązanie Rahnera nie różni się od podobnych ujęć Sertillanges’a. Podkreślić jednak wypada, że wprowadzone przez Rahnera pojęcie współdziałania Przyczyny Pierwszej z aktywnością przyczyn skończonych oraz związanie go z klasyczną doktryną stworzenia utożsamianego z utrzymywaniem w istnieniu, stanowi krok naprzód w rozpracowywaniu kwestii filozoficznej interpretacji ewolucjonizmu, w porównaniu z ujęciami Sertillanges’a.

Kolejnym myślicielem, którego ujęcia dotyczące filozoficznych aspektów ewolucjonizmu wywarły inspirujący wpływ na wielu uczo-

nych drugiej połowy XX wieku jest Pierre Teilhard de Chardin (1881-1955). Był on przede wszystkim geologiem i paleontologiem, a z wykształcenia i powołania – również filozofem i teologiem, przede wszystkim jednak duchownym i zakonnikiem – jezuitą. Ten ostatni moment odgrywał zresztą w jego życiu znaczącą rolę.

Jeśli dwaj wcześniej już omawiani myśliciele, Sertillanges i Rahner, mówiąc o ewolucji, koncentrowali się na zagadnieniu ontycznych warunkowań tych procesów, Teilhard de Chardin próbował zbudować całościową wizję świata, przynajmniej świata ludzkiego, opartą o ideę ewolucji.

Ewolucja była dla niego przede wszystkim procesem w przyrodzie zachodzącym, zarazem zaś stanowiła zasadę metodologiczną obowiązującą w wyjaśnianiu i interpretacji wszystkich zjawisk należących do różnych dziedzin rzeczywistości i ludzkiej i pozaludzkiej. Jak pisał w „Fenomenie człowieka” ewolucja jest „... powszechnym warunkiem, do którego odtąd muszą się nagiąć i który muszą spełniać wszystkie teorie, hipotezy i systemy” [20].

Ewolucja jest więc – zdaniem Teilharda de Chardin – procesem realnym, zachodzącym w przyrodzie. Obejmuje on wszystkie zjawiska związane z formowaniem się kosmosu, z ewolucją życia, z pojawieniem się człowieka, krótko – ogarnia wszystkie dziedziny rzeczywistości. Charakteryzuje się więc ogólnością. Drugim jej rysem jest kierunkowość. Ewolucja bowiem jest procesem przebiegającym od układów materialnych prostych, strukturalnie nie złożonych, do układów coraz bardziej złożonych i funkcjonalnie coraz bardziej zróżnicowanych. Trzecim rysem ewolucji jest – zdaniem Teilharda de Chardin – jej zbieżność. Polega ona na tym, że początkowe linie rozwoju coraz bardziej się różnicują między sobą, później jednak, po przekroczeniu punktu krytycznego, poczynają coraz bardziej się jednoczyć, zmierzając ku coraz ściślej się jednności.

Podstawowym „prawem” tak rozumianej ewolucji jest tzw. prawo złożoności – świadomości. Stwierdza ono, iż układy materialne coraz bardziej złożone ukazują coraz wyższy stopień psychizmu i świadomości. Prawo to wyznacza jakby kierunek szeroko rozumianej ewo-

lucji. Uogólniona i kierunkowa ewolucja zmierza poprzez coraz wyższy stopień materialnej złożoności ku coraz bardziej zróżnicowanej jedności i ku coraz wyższemu stopniowi świadomości jednostkowej i kolektywnej. Kresem tak rozumianej ewolucji miałoby być zjednoczenie się wszystkich ludzi w „Punkcie Omega” utożsamianym ostatecznie z Chrystusem. Tej naukowej fenomenologii wszechświata, w której centralne miejsce zajmuje człowiek, odpowiada w myśli Teilharda de Chardin koncepcja określana przezeń mianem metafizyki jedności. Centralne w niej miejsce zajmuje idea stworzenia, rozumiana jednak dość specyficznie. Utożsamia się bowiem z jednoczeniem się elementów nieorganizowanych chaotycznych w coraz bardziej uporządkowane całości. Należałoby jednak – mówiąc o tym jednoczeniu się utożsamianym ze stwarzaniem – odróżnić sens czynny tego terminu od jego znaczenia biernego. W znaczeniu czynnym termin „stwarzać” utożsamia się z sensem terminu „jednoczyć się” i oznacza sam proces jednoczenia się, czyli stwarzania. W znaczeniu biernym natomiast termin ten oznacza to, co zjednoczone, a tym samym – stworzone.

Jednoczenie się w ramach metafizyki jedności utożsamiane ze stwarzaniem stanowić by miało w pierwotnym zamyśle Teilharda de Chardin odpowiednik procesu ewolucji ujmowanemu i opisywanemu w ramach naukowej fenomenologii świata. Ani jednak w jednym, ani w drugim ujęciu Teilhard de Chardin nie podejmuje problematyki klasycznej dla filozoficznej interpretacji procesów ewolucji, mianowicie problematyki Pierwszej Przyczyny i jej sprawczego wpływu na powstawanie coraz wyższych i coraz doskonalszych ontycznie form roślinnych czy zwierzęcych.

Wprawdzie zagadnienie transcendentnej przyczyny zmian ewolucyjnych pojawia się w refleksji Teilharda de Chardin, ale w innym, niż ontologiczny, aspekcie. Teilhard bowiem nie ujmuje zagadnienia zmian ewolucyjnych w aspekcie ich przyczyn sprawczych, lecz w aspekcie ich przyczyny formalnej. Nawiązuje tu wyraźnie do koncepcji przyczynowości Arystotelesa, według którego forma jest „rzeczywistością rzeczy, jej aktem” [21]. Forma jako czynnik konstytutywny bytu decyduje o jego jedności i stanowi rację jego poznawalności. Wprawdzie

Teilhard de Chardin nie jest arystotelikiem, ale jego poglądy dotyczące roli przyczyny formalnej zdają się nie odbiegać od ujęć Arystotelesa. W rozwijanej przez Teilharda koncepcji bytu czynnik jedności jest tym, co konstytuuje bytowość rzeczy. Byt bowiem jest tym, co „zjednoczone z wielu różnych elementów”, przy czym „być bardziej zjednoczonym z wielu różnych elementów” oznacza tyle, co być bardziej bytem” [22]. W takim też kontekście metafizyki jedności umieszcza on problem Boga jako Pierwszej Przyczyny zmian ewolucyjnych. Nie jest On Pierwszą Przyczyną w znaczeniu sprawczym, lecz Pierwszym Czynnikiem – „Premier Moteur en avant” działającym przyciągająco ku coraz większej jedności, ale jedności coraz bardziej zróżnicowanej. Inaczej więc niż Sertillanges czy Rahner określa rolę i miejsce Pierwszej Przyczyny w procesach ewolucji zbieżnej i kierunkowej.

Czas na podsumowanie. Filozoficzną problematykę ewolucji rozpatrywać można z dwu przynajmniej punktów widzenia. Pierwszy z nich dotyczy problematyki poznania naukowego, jego źródeł i zakresu. Tendencje pozytywistyczne zmierzały do wyeliminowania z obrębu poznania naukowego wszelkich twierdzeń albo nie wynikających bezpośrednio z doświadczenia, albo też nie dających się w żaden sposób w doświadczeniu zweryfikować. Na gruncie ewolucjonizmu oznaczało to – zresztą niezbyt rygorystycznie przestrzeganą zasadę, iż wszelkie rozważania dotyczące ontologicznych uwarunkowań ewolucji należy z góry odrzucić jako pozbawione empirycznego sensu. Dopiero badania Kuhna i Feyerabenda nie tylko to pozytywistyczne nastawienie poznawcze obaliły, lecz wykazały również, że nawet w budowaniu i weryfikacji teorii naukowych występują wyraźnie elementy nie do końca uświadamianych założeń ontologicznych. Występują one nawet w obrębie teorii ewolucji. Nie one jednak są przynajmniej współcześnie przedmiotem ożywionej dyskusji. Rodzi się ona zwykle w kontekście pytań o ontyczne uwarunkowania samych procesów ewolucji. Wyraźnie występują w tej kwestii dwa typy rozwiązań: monistyczne i pluralistyczne. Są one konsekwencją nie tyle pozytywnych danych obserwacyjnych, ile raczej przyjmowanej z góry koncepcji rzeczywistości. Które z tych stanowisk jest uzasadnione zależy więc nie od danych pośrednio czy bezpośrednio

faktów, ile od rozwiązania określonych wewnątrzsystemowych kwestii, wobec których one stoją.

PRZYPISY

- [1] Rudolf Carnap: *Filozofia jako analiza logiczna języka nauki*. Tłum. A. Zabłudowski, Warszawa 1969, s. 10.
- [2] cyt. za: Ian G. Barbour: *Mity, modele, paradygmaty*. Tłum. M. Krośniak, Kraków 1984, s. 124.
- [3] Paul K. Feyerabend: *Jak być dobrym empirystą*. Tłum. K. Zamiara, Warszawa 1979, s. 41.
- [4] Thomas H. Kuhn: *Struktura rewolucji naukowych*. Tłum. H. Ostromęcka, Warszawa 1968, s. 57.
- [5] Feyerabend, dz. cyt., s. 52.
- [6] T. Bielicki: *Kilka uwag o przydatności teorii selekcji naturalnej do wyjaśnienia ewolucji*, Kosmos, 4, 1983.
- [7] A. Hoffmann: *Rewolucjonizm w nauce*, Znak, 289-290, 1978; *Opowieść o powstaniu człowieka*, Znak, 289-290, 1978; *Zagubieni w labiryncie*, Znak, 342-343, 1983.
- [8] M. Ryszkiewicz: *Spisek w muzeum historii naturalnej?*, Kosmos, 5, 1981; *Spisku w muzeum historii naturalnej ciąg dalszy*, Kosmos, 1-2, 1982.
- [9] Bonawentura Knochel: *Paradygmat ewolucji*, Przegląd Powszechny, 7-8, 1985, s. 56-68.
- [10] Knochel, art. cyt., s. 63.
- [11] Knochel, art. cyt., s. 68.
- [12] G. Klubertanz: *Introduction to the philosophy of being*, New York 1963, s. 34.
- [13] Por. CG, 2, s. 15.
- [14] Gottfried Wilhelm Leibnitz: *Monadologia*. W: *Wyznanie wiary filozofa*. Tłum. Stanisław Cichowicz, Warszawa 1969, s. 303.
- [15] A. D. Sertillanges OP: *Dieu ou rien?*, Paryż 1965, s. 29.
- [16] A. D. Sertillanges OP: *L'idée de l'évolution et ses retentissements en philosophie*, Paryż 1945.
- [17] Karl Rahner: *Die Hominisation als theologische Frage*. W: P. Overhage, Karl Rahner: *Problem der Hominisation – über den biologischen Ursprung des Menschen, Questiones disputatae*, Freiburg b. r., wyd. II.
- [18] Rahner, dz. cyt., s. 63.
- [19] Rahner, dz. cyt., s. 63.

- [20] Pierre Teilhard de Chardin: *Fenomen człowieka*. W: *Pisma*, t. 4, tłum. Konrad Waloszczyk, Warszawa 1993, s. 176.
- [21] *Metaph*, IX, 8, 1050 b1.
- [22] Pierre Teilhard de Chardin: *La centrologie, Oeuvres*, t. 7, Paryż 1963, s. 120.

MECHANIZM EWOLUCJI - JEDNAK DARWINOWSKI

JERZY SZWEYKOWSKI

Stwierdzenie, że każdy organizm jest zależny od środowiska, w którym żyje, jest truizmem. Jest to jednak najbardziej podstawowa właściwość wszystkich istot żywych i o tym stale należy pamiętać rozważając problemy związane z ewolucją. Zależność, o której mowa, polega przede wszystkim na tym, że każdy organizm musi pobrać z zewnątrz, a więc ze swego środowiska energię i związki chemiczne potrzebne do budowy czy regeneracji ciała i do podtrzymania funkcji życiowych. Aby to zadanie było możliwe do spełnienia, organizmy mają odpowiednią budowę, dysponują odpowiednimi narządami, tkankami itp. Innymi słowy, organizmy są przystosowane - czy może lepiej - dostosowane (dopasowane) do swego środowiska.

Związek organizmów ze środowiskiem, czyli istnienie wspomnianych dostosowań jest więc koniecznością i jako oczywiste nie byłoby może warte wzmianki, gdyby nie pewna okoliczność: uświadomić sobie bowiem należy, że nie wszystkie dostosowania istniały w początkowych okresach życia na ziemi. Wiadomo, że powstało ono w wodzie, a więc „wyjściu” organizmów na ląd musiało towarzyszyć powstanie odpowiednich dostosowań. Jeśli się nad tym bliżej zastanowić, dojdziemy do wniosku, że dostosowywanie musi być procesem ciągłym, trwa też i dziś; odbywa się więc także na naszych oczach. Otóż właśnie powstawanie dostosowań będzie przedmiotem mego artykułu.

Pierwszej naukowej odpowiedzi na pytanie, jak powstawały dostosowania, udzielił, jak wiadomo, Karol Darwin już ponad 100 lat temu; główne tezy jego teorii aktualne są także i dziś.

Zanim jednak przejdziemy do omawiania tych zagadnień, trzeba zrobić kilka uwag terminologicznych.

Słowo „ewolucja” używane jest w bardzo różnych kontekstach – z tego co powiedziano dotychczas wynika jasno, że tematem artykułu będzie tylko ewolucja biologiczna. Ale nawet takie ograniczenie nie byłoby wystarczająco precyzyjne. Biologowie polscy używają tego terminu w dwóch zasadniczo odmiennych znaczeniach. Jeśli mówi się np. „ewolucja konia” to ma się wówczas na myśli pewien ciąg zdarzeń, który doprowadził do powstania współczesnego konia. Ale można także użyć wyrażenia „ewolucja darwinowska” i wówczas mamy na myśli ogólny mechanizm, powodujący, że zachodzi filogeneza, określony rozwój rodowy. Różnica między tymi dwoma znaczeniami nie jest bynajmniej trywialna. Mówiąc bowiem o filogenezie, a więc np. o ewolucji konia mamy na myśli pewien jednostkowy proces historyczny rozgrywający się w określonym czasie; jako taki daje się on jedynie mniej lub więcej dokładnie opisać, ale nie można – z oczywistych względów – badać tego procesu metodami doświadczalnymi. Diametralnie różna jest sytuacja w przypadku drugiego znaczenia, a więc gdy mówimy np. ewolucja darwinowska. W tym przypadku mamy do czynienia z pewnym mechanizmem, który działał – jak to się powszechnie przyjmuje – od pierwszych chwil pojawienia się istot żywych na Ziemi i działa do dziś. Jest to więc zjawisko możliwe do badań eksperymentalnych.

Artykuł dotyczy jedynie tego drugiego znaczenia terminu ewolucja. Postaram się przedstawić ten mechanizm na pewnym modelu, który pozwoli pokazać jego istotę bez narosłych w ciągu ponad stu lat przybudówek czy zmian. Model ten obrazuje ramka 1 (Szweykowski 1987, 1997).

Wyobraźmy sobie więc grupę organizmów należących do jednego gatunku i zamieszkujących określony obszar. Osobniki rozmnażać się mogą jedynie płciowo, przy czym potomstwo jest zawsze wynikiem za-

płodnienia krzyżowego; mamy tu więc do czynienia – mówiąc bardziej precyzyjnie – z populacją o wspólnej puli genowej. Załóżmy następnie, że populacja żyje na jednym miejscu długo, i że w tym czasie warunki życia nie ulegały drastycznym zmianom; można więc sądzić, że nasza populacja jest optymalnie do pewnego kompleksu warunków – nazwijmy je α – dostosowana. Ograniczymy początkowo swe rozważania tylko do jednego locus (terminem tym określamy miejsce w chromosomie, gdzie znajduje się gen) – nazwijmy go A – który jest w tej populacji monomorficzny; znaczy to, że w przypadku organizmów diploidalnych (a o takich tylko będzie mowa), w każdej komórce znajdują się dwa jednakowe allele tego genu; jego genotyp możemy zapisać jako AA. W tak określonej populacji jakiejkolwiek zmiany genotypów możliwe są tylko na skutek zajścia mutacji (patrz niżej); homozygoty bowiem krzyżując się między sobą dają, jak wiadomo jednolite potomstwo, genetycznie nieodróżnialne od osobników rodzicielskich. Można też przyjąć, że praktycznie wszystkie osobniki będą miały tę samą wartość przystosowawczą. (Wartość przystosowawcza – oznaczana zwykle symbolem W – to pewien wskaźnik określający zdolność osobnika do wprowadzenia swych genów do puli genowej następnych pokoleń. Istotnymi elementami tego wskaźnika są (1) zdolność przeżycia przynajmniej do momentu osiągnięcia dojrzałości płciowej oraz (2) wyprodukowanie żywotnego i płodnego potomstwa).

Założmy teraz, że w jednym z loci A zachodzi mutacja i powstaje nowy allel naszego genu, który oznaczmy literą a. Niech ten zmutowany gen, ten nowy allel genu A będzie całkowicie recesywny w stosunku do swego genu wyjściowego czyli A (tak właśnie bywa często w rzeczywistości). W wyniku tej mutacji powstaje osobnik heterozygotyczny o genotypie Aa; ma on jednak – ze względu na ową założoną całkowitą recesywność allelu a – dokładnie taką samą wartość przystosowawczą jak dotychczas istniejące w populacji homozygoty

$$AA (W_{AA} = W_{aa}).$$

MODEL MECHANIZMU EWOLUCJI OPARTY NA TEORII SYNTETYCZNEJ

(nazwą **teoria syntetyczna** obejmuje się współczesny kształt teorii darwinowskiej; teoria syntetyczna powstała w połowie XX wieku w wyniku syntezy oryginalnego darwinizmu z osiągnięciami genetyki).

Punktem wyjścia jest monomorficzna populacja diploidalnych organizmów, które rozmnażają się płciowo z wykluczeniem samozapłodnienia.

Populacja żyje na tyle długo w kompleksie warunków α , że jest do tych warunków optymalnie przystosowana.

Rozpatrujemy tylko locus A; ponieważ populacja jest monomorficzna, w locus tym znajdują się dwa jednakowe allele, to wszystkie organizmy tej populacji są homozygotami o genotypie AA. W jednym z genów A zachodzi mutacja, dzięki której powstaje nowy, całkowicie recesywny allel a:

$$A \rightarrow a$$

W populacji pojawia się heterozygota Aa, której wartość przystosowawcza – W – pozostaje – ze względu na całkowitą recesywność nowego allelu a – bez zmian:

$$W_{AA} = W_{Aa}$$

Nowopowstała zygota może się jedynie skrzyżować z homozygotą AA:

$$AA \times Aa$$

↓

Potomstwo: AA i Aa w stosunku 1 : 1.

Wskutek powtarzającego się takiego krzyżowania częstość heterozygot Aa, a tym samym nowego allelu a rośnie i dochodzi po pewnym czasie do spotkania się dwóch heterozygotycznych osobników. W wyniku takiej krzyżówki powstaje nowy genotyp aa:

$$Aa \times Aa$$

↓

Potomstwo: AA(25%) Aa(50%) aa(25%)

Ze względu na założone na początku optymalne przystosowanie populacji do warunków α , można przyjąć, że osobniki niosące nowy genotyp (recesywna homozygota aa) funkcjonują gorzej w tych warunkach; oznacza to, że ich wartość przystosowawcza obniża się:

$$W_{aa} < W_{AA} \text{ i } W_{aa} < W_{Aa}$$

Skutkiem tego będzie eliminacja części (lub nawet wszystkich) osobników o takim genotypie. Pojawia się w populacji **selekcja**.

Jeśli warunki bytowania ulegną zmianie, np. istniejący dotychczas kompleks α przejdzie w jakiś inny kompleks β :

$$\alpha \rightarrow \beta,$$

to w tych nowych warunkach może okazać się, że wartość przystosowawcza osobników niosących genotyp aa wzrosła na tyle, że obecnie jest ona najwyższa w populacji:

$$W_{aa} > W_{AA} \text{ i } W_{aa} > W_{Aa}$$

W tej sytuacji selekcja będzie eliminowała genotypy AA i Aa dotychczas panujące w populacji; selekcja zmienia w ten sposób jej strukturę genetyczną: częstość osobników o genotypie aa będzie wzrastała, natomiast częstości genotypów AA i Aa obniży się. W miarę ubywania osobników o niskiej obecnie wartości przystosowawczej (tj. o genotypach AA i Aa) średnia wartość przystosowawcza populacji będzie rosła. Populacja stanie się do tych nowych warunków (β) dobrze przystosowana.

Ponieważ osobniki naszej populacji mogą się rozmnażać – wedle założenia – jedynie przez zapłodnienie krzyżowe, to jedyną możliwością wyprodukowania potomstwa przez osobnika mającego nowy genotyp jest skrzyżowanie się z istniejącymi w populacji homozygotami – innych możliwości po prostu nie ma. W potomstwie takiej krzyżówki ($Aa \times AA$) oczekiwać możemy jedynie heterozygot (Aa – 50%) i homozygot (AA – pozostałe 50%). Ważnym efektem tego rozmnażania będzie zwiększenie się liczby heterozygot, a tym samym i częstości recesywnego allelu a ; szczególnie trzeba tu podkreślić, że – ze względu na to, iż wartość przystosowawcza heterozygoty jest dokładnie taka sama jak homozygoty – w populacji na pozór nic się nie zmienia: rosnąca częstość zmutowanego genu (a) nie wpływa na to, jak zachowuje się populacja, proces rozpowszechniania się nowego genu odbywa się niejako w ukryciu. Dojść jednak musi wreszcie do tego, iż częstość heterozygot wzrośnie na tyle, że prawdopodobnym stanie się ich skrzyżowanie. Wówczas nastąpi duża zmiana: w potomstwie pojawi się nowy genotyp – recesywna homozygota (aa) i po raz pierwszy ujawnią się właściwości zmutowanego genu; bardzo istotne z naszego punktu widzenia jest to, że pomiędzy momentem zajścia mutacji, a momentem ujawnienia się jej właściwości upływa pewien czas, który pozwala właśnie na znaczny wzrost częstości zmutowanego genu.

Wróćmy jednak do recesywnej homozygoty aa ; jeśli jej wartość przystosowawcza jest odmienna od genotypów istniejących już w populacji (tj. AA i Aa), to można przypuścić, że będzie ona niższa od ich wartości przystosowawczej ($W_{aa} < W_{AA} = W_{Aa}$); niższa, ponieważ założyliśmy na początku, iż populacja nasza jest optymalnie przystosowana do warunków α . Jeśli tak, to częstość zmutowanego genu (a) będzie w następnych pokoleniach maleć; będzie to widoczne zwłaszcza wtedy, gdy obniżona wartość przystosowawcza rzutować będzie na zdolność przeżycia osobników mających genotyp (aa): będzie ich w populacji z pokolenia na pokolenie coraz mniej. W ten sposób pojawia się nowy, niesłychanie istotny czynnik (czy składnik) procesu ewolucyjnego – selekcja. Zwrócić trzeba uwagę na to, że może się ona realizować jedynie w populacji – wybierać można przecież jedynie wtedy, gdy mamy do dys-

pozycji grupę osobników. Podkreślić trzeba jeszcze jedną istotną dla ewolucji okoliczność: mianowicie, nawet gdyby homozygota recesywna (aa) okazała się letalna, czyli niezdolna do życia, i jej wartość przystosowawcza równałaby się zeru, to nie oznaczałoby to wcale eliminacji zmutowanego genu z populacji. Pozostałby on w niej w postaci heterozygot. Ważne jest także i to, że z chwilą pojawienia się selekcji, w populacji przebiegać będą dwa przeciwstawne procesy: rozmnażanie zwiększające częstość heterozygot i – tym samym – częstość genu a, oraz, selekcja eliminująca homozygoty recesywne, a więc obniżające częstość tego samego genu. Takie dwa przeciwstawne procesy doprowadzają do powstania stanu równowagi polegającej na tym, że w populacji ustalą się proporcje poszczególnych genów i genotypów. Taki stan nazywamy polimorfizmem zrównoważonym.

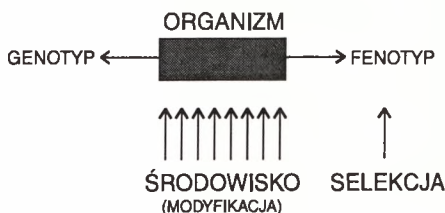
Wyobraźmy sobie teraz, że zachodzi zmiana warunków bytowania naszej populacji, niech np. dotychczasowy kompleks tych warunków nazwany przez nas α zmieni się w jakiś inny kompleks, powiedzmy β . Załóżmy teraz, że w tych nowych warunkach wartość przystosowawcza osobników niosących genotyp aa wzrośnie tak znacznie, że stanie się wyższa od wartości przystosowawczej dotychczas istniejących w populacji genotypów. Kierunek działania selekcji zmieni się w takiej sytuacji: eliminowane będą obecnie genotypy AA i Aa (allel a jest nadal recesywny) i tym samym wzrastać będzie częstość genotypu aa i, oczywiście genu a. Chciałbym zwrócić uwagę na okoliczność, że tuż po zmianie warunków wartość przystosowawcza całej populacji obniży się: będzie tam bowiem dużo genotypów AA i Aa o niskiej obecnie wartości przystosowawczej. W miarę jednak wzrostu częstości genotypu aa wartość przystosowawcza całej populacji będzie rosła, aż wreszcie po zdobyciu panowania przez ten genotyp ustali się na nowym – znów optymalnym – poziomie. Trzeba tu z naciskiem podkreślić, że wzrost wartości przystosowawczej dokonał się poprzez przebudowę struktury genetycznej populacji; populacja dostosowała się (przystosowała się) w ten sposób do nowych warunków. Powstało więc nowe dostosowanie na drodze przebudowy struktury genetycznej populacji. Nasz model można więc traktować jako elementarne zdarzenie ewolucyjne: powstanie dos-

tosowania (przystosowania) na drodze przebudowy struktury genetycznej populacji.

Podsumowując to, co powiedziałem o modelu, trzeba stwierdzić, że: 1. Proces ewolucji przebiega przynajmniej na trzech poziomach organizacji materii żywej: cząsteczkowym (molekularnym), osobniczym i populacyjnym:

- Na poziomie cząsteczkowym powstają mutacje, a więc generowana jest zmienność, konieczny warunek dla istnienia ewolucji.

- Na terenie osobnika przebiega bardzo istotny proces realizacji informacji genetycznej: na podstawie zapisu zawartego w komórkach (tj. na podstawie genotypu) powstaje fenotyp organizmu, który może (ale nie musi) odzwierciedlać procesy zmienności zachodzące na poziomie molekularnym. Realizacja informacji genetycznej to najbardziej nieznan i niezbadany obszar biologii molekularnej. Obecnie możemy jedynie przyrównać osobnika do czarnej skrzynki¹ (ryc. 1): wiemy jedynie, że na wejściu do niej znajduje się informacja genetyczna – genotyp – a na wyjściu fenotyp.



Ryc.1. Schemat obrazujący rolę osobnika w procesach ewolucji. Organizm („czarna skrzynka”) jest miejscem, gdzie informacja genetyczna (genotyp) przekształcana jest w fenotyp. Środowisko modyfikuje proces realizacji informacji genetycznej, decyduje także i o tym, jaka część informacji zawartej w genotypie zostanie zrealizowana w fenotypie. W ostateczności fenotyp jest tym, co podlega selekcji.

¹ Terminu „czarna skrzynka” używam tu zgodnie z jego znaczeniem w cybernetyce: „czarna skrzynka” – układ o nieznanym budowie, o której naszą wiedzę zdobywamy przez analizę związków obserwowalnych reakcji z obserwowalnymi bodźcami” (Maria Kempisty w „Małym słowniku cybernetycznym” str. 66 i 67).

Czarna skrzynka obejmuje więc wszystko to, co zachodzi w czasie powstawania fenotypu. Jest to podstawowe zagadnienie dla nauki o ewolucji; dzięki temu jednak, że jest to obecnie niewątpliwie jeden z najszybciej rozwijających się działów biologii molekularnej, luka ta będzie – miejmy nadzieję – szybko się zmniejszać. Wiemy jednak z pewnością, że zasadniczą rolę w wytwarzaniu fenotypu odgrywa – obok informacji genetycznej – także środowisko w którym odbywa się rozwój organizmu; środowisko w tym wypadku trzeba rozumieć szeroko, jako kompleks wszystkich czynników zewnętrznych biotycznych i abiotycznych, znajdujących się na zewnątrz organizmu. Środowisko to decyduje m.in. o tym, jaka część informacji genetycznej zostanie zrealizowana (ryc. 1).

– Na poziomie populacyjnym odbywa się waloryzowanie fenotypów – każdy z nich otrzymuje niejako określoną w danej chwili i miejscu wartość przystosowawczą – czyli powstają warunki do działania selekcji. Nie ma już dziś wątpliwości co do tego, że ten sam genotyp i nawet taki sam fenotyp mogą mieć różną wartość przystosowawczą zależnie od warunków zewnętrznych, przy czym pod pojęciem warunków zewnętrznych rozumiem nie tylko zespół czynników klimatycznych, glebowych itp., lecz także – i to jest bardzo istotne – obecność innych organizmów żywych, w tym także innych członków populacji.

Jako przykład genotypu mającego różną wartość przystosowawczą zależnie od warunków zewnętrznych może posłużyć chwast *Amaranthus hybridus*. Populacje tej rośliny giną pod wpływem środków chwastobójczych zawierających atrazynę. Znane są mutacje uodporniające tę roślinę na działanie wymienionego herbicydu. Rośliny o takim genotypie, tj. zawierającym mutację uodporniającą mają wysoką wartość przystosowawczą w środowisku skażonym atrazyną, gdzie wartość przystosowawcza formy dzikiej jest zerowa. W środowisku naturalnym natomiast, roślina oporna ustępuje wartością przystosowawczą formie dzikiej, gdyż ma obniżoną efektywność fotosyntezy. Tak więc w środowisku z atrazyną

$$W_{\text{forma dzika}} < W_{\text{forma oporna'}}$$

podczas, gdy w środowisku naturalnym istnieje zależność odwrotna:

$$W_{\text{forma dzika}} > W_{\text{forma oporna}}$$

2. Przedstawiony wyżej proces rozpowszechniania się w populacji zmutowanego, nowego allelu opisałem – dla uproszczenia – tylko w stosunku do jednego locus. Ale oczywiście podobne procesy mogą zachodzić w dowolnej liczbie loci jednocześnie; w rezultacie powstaje na terenie populacji zasobny magazyn zmienności genetycznej, który jest jednym z warunków szybkiego powstawania dostosowań.

Jak z powyższego wynika, nie można zrozumieć ewolucji nie uwzględniając tego, co się dzieje przynajmniej na tych trzech poziomach organizacji. O ile bowiem powstająca zmienność nie ma bezpośredniego związku z dostosowaniem – jest pod tym względem bezkierunkowa, chaotyczna – to selekcja odbywająca się na poziomie populacyjnym nadaje tej zmienności pewien sens, ten mianowicie, że preferuje formy najlepiej dostosowane do aktualnych warunków.

Ważnym czynnikiem zwiększającym zmienność jest rekombinacja, czyli tworzenie nowych genotypów w wyniku rozmnażania płciowego (ramka 2). Aby pokazać znaczenie rekombinacji musimy wprowadzić pewną zmianę do naszego modelu. Trzeba tu bowiem rozpatrywać jednocześnie co najmniej 2 loci, czyli dwa odrębne geny; załóżmy więc, że obok znanego nam już locus A rozpatrywać będziemy także jakiś inny locus, powiedzmy B. Początkowo populacja jest monomorficzna i wszystkie osobniki wchodzące w jej skład niosą genotyp AAbb. Niech teraz w obu loci zajdą mutacje tworzące nowe, znów całkowicie recesywne allele: A → a i B → b. Ponieważ mutacje zachodzą rzadko (ich częstość waha się – przeważnie – w granicach od 10^{-5} do 10^{-9}) jest więc mało prawdopodobne, aby zaszły one jednocześnie w jednym osobniku. Innymi słowy, genotypy powstające pod wpływem mutacji to tylko AaBB i AABb. Gdyby organizmy budujące populację nie rozmnażały się płciowo, genotypy podwójnie heterozygotyczne AaBb mogłyby powstać dopiero wówczas, gdyby u osobnika o genotypie np. AaBB zaszła mutacja w drugim locus (a więc B → b). Jeszcze mniej prawdopodobne – a więc i radsze – byłoby powstanie genotypów takich jak np. aaBb czy aabb. Pamiętając o tym, że częstość heterozygotycznych

genotypów AaBB i AABb rośnie dzięki rozmnażaniu płciowemu (ramka 1) prędzej czy później musi dojść do ich krzyżówki (AaBB × AABb). W jej potomstwie pojawi się od razu podwójna heterozygota AaBb, a po wyprodukowaniu potomstwa przez dwie takie heterozygoty mogą się pojawić – w wyniku rekombinacji – wszystkie inne genotypy, nie wyłączając podwójnie recesywnej homozygoty aabb. Tak więc rekombinacja może znacznie przyspieszyć pojawienie się różnorodnych genotypów w populacji, a tym samym stworzyć pole do działania selekcji i – co za tym idzie – szybszego powstania dostosowań.

Ramka 2

REKOMBINACJA

Grzegorz Mendel krzyżując groch o nasionach barwy żółtej i o gładkiej łupinie nasiennej z grochem produkującym nasiona zielone (oczywiście w stanie dojrzałym) i o pomarszczonej łupinie nasiennej otrzymał w drugim pokoleniu obok obu form rodzicielskich także rośliny o nowych kombinacjach cech: część z nich produkowała nasiona żółte o marszczącej łupinie nasiennej, reszta zaś nasiona zielone o łupinie gładkiej; pokazuje to schemat:

P Ż(ółte)G(ładkie) × Z(ielone)M(arszczone)

F₁ ŻG

F₂ ŻG ŻM ZG ZM

9 : 3 : 3 : 1

Rośliny o nowych kombinacjach cech (a więc ŻM i ZG) nazwano **rekombinantami**, a proces prowadzący do ich powstania **rekombinacją**.

Dziś wiemy, że rekombinacja może zachodzić na dwóch różnych drogach.

1. Swobodna segregacja cech zgodna z drugim prawem Mendla. Dotyczy ona genów mieszczących się w dwóch różnych (tj. niehomologicznych) chromosomach, a więc genów niesprzężonych. Powstawanie nowych kombinacji genów (i cech) powodowane jest w tym przypadku losowym rozchodzeniem się chromosomów do gamet w czasie podziału redukcyjnego (mejozy).

2. Geny leżące w jednym chromosomie mogą rekombinować na skutek wymiany odcinków chromatyd w procesie opisanym przez Thomasa Morgana i nazwanym przez niego **crossing-over**.

Podkreślić należy, że rezultatem obu tych procesów jest powstanie nowych kombinacji genów. Różnice zachodzą jedynie w proporcjach między formami rodzicielskimi a rekombinantami w potomstwie.

Podkreślić jednak mocno trzeba, że rekombinacja jest zjawiskiem wtórnym w stosunku do mutacji: gdyby te ostatnie nie zaszyły, to w naszej populacji znajdowałyby się tylko osobniki o homozygotycznych

genotypach AABB; gdyby nawet w czasie mejozy zaszła fizyczna rekombinacja (czy to na skutek powstania nowych kombinacji chromosomów rodzicielskich, czy to wskutek wymiany odcinków chromosomów (chromatyd) w czasie procesu crossing-over), zjawisko takie nie miałoby skutków genetycznych: w całej populacji obecny byłby jedynie dotychczasowy genotyp AABB.

Ten pięknie wyglądający obraz ewolucji ma jednak pewne rysy. Gdy spojrzymy jeszcze raz na model (ramka 1) zobaczymy, że przebudowa struktury genetycznej populacji, czyli powstanie adaptacji pociąga za sobą konieczność eliminacji (obojętnie czy fizycznej – tj. śmierci osobnika przed osiągnięciem przez niego dojrzałości płciowej, a więc zdolności produkowania potomstwa – czy tylko genetycznej – tj. nieemożności przekazania swych genów następnym pokoleniom) pewnej liczby osobników, wyprodukowanych przecież przez populację. Wyprodukowanie takich osobników obciąża populację: taki osobnik zajmuje przecież miejsce, zużywa energię i zasoby środowiska; można więc obrazowo powiedzieć, że z wyprodukowaniem każdego osobnika łączy się określony koszt, taka produkcja kosztuje. Ewolucja na drodze adaptacji kosztuje więc, i to – jak oszacował to kiedyś angielski genetyk J. B. S Haldane – niemało; koszty te okazały się – wg szacunku tego genetyka – tak wysokie, że populacje nie mogą sobie pozwolić na szybkie zmiany. Oznacza to, że w naturalnych populacjach nie powinno być wielu polimorficznych loci, bo – przypomnę – taki polimorfizm świadczy o trwającej przebudowie struktury genetycznej. Jednak badania doświadczalne, przeprowadzone zwłaszcza za pomocą elektroforezy białek, wykazały na ogół bardzo wysoki stopień polimorfizmu w naturalnych populacjach. Na tym tle powstał spór – w szczególności wchodzić tu nie mogę – który rozstrzygnięty został z dosyć niespodziewanej strony. Mianowicie pod koniec lat sześćdziesiątych japoński genetyk Motoo Kimura zaproponował rzecz genialnie prostą: otóż jeśliby przyjąć, że powstające mutacje nie zmieniają wartości przystosowawczej organizmu, to wszystkie trudności znikną. Jednak przyjęcie założenia o neutralnym charakterze mutacji pociąga za sobą daleko idące konsekwencje.

Spójrzmy znów na model (ramka 1); jeśli przyjmujemy, że mutacja A – a jest neutralna, to oznacza to nic innego, jak przyjęcie, że nowy genotyp (homozygota aa) ma dokładnie taką samą wartość przystosowawczą jak genotypy obecne w populacji dotychczas, czyli $W_{AA} = W_{Aa} = W_{aa}$. Jeśli zaś tak, to genotyp ten (aa) wymykać się będzie spod działania selekcji – selekcja nie może go po prostu zauważyć. Musimy więc w takiej sytuacji postulować istnienie jakiejś innej siły, która określałaby los takich neutralnych alleli. Kimura udowodnił, że taką siłą jest dryf. Pojęcie dryfu znane było oczywiście wcześniej, ale zagadnienie to sprowadzało się właściwie do problemu błędu próby statystycznej. A więc nabierało ono znaczenia jedynie w specjalnych okolicznościach, takich jak radykalne zmniejszenie liczby osobników w populacji, kolonizacji nowych terenów itp. Natomiast dryf postulowany przez Kimurę ma inny charakter. Sprowadza się on do tego, że los pojedynczego allelu w populacji jest nieprzewidywalny, podobnie jak nieprzewidywalne są ruchy pojedynczej cząsteczki gazu. Tak więc taki neutralny allel dryfuje, błąka się niejako w populacji; można jednak wykazać, że zostanie on albo wyeliminowany z populacji, albo – jak mówimy – utrwali się w niej, czyli osiągnie częstość 100%. Teoria profesora Kimury wywołała ożywioną dyskusję, która temperaturą swoją przypominała dziewiętnastowieczne spory o darwinizm. Nie mogąc wchodzić w szczegóły stwierdzę tylko, że nadal nie wiemy, jak wielki jest udział neutralnych mutacji w populacjach, nie wiemy więc, jak dużą rolę odgrywają one w ewolucji. Trzeba tu jednak zdecydowanie podkreślić, że nie istnieje już opozycja teorii darwinowskiej i neutralistycznej; przyjmujemy obecnie, że wyniki procesu ewolucji są w pewnym sensie wypadkową dwóch sił: selekcji powodującej powstanie dostosowań oraz dryfu powodującego zróżnicowanie populacji bez zmiany wartości przystosowawczej organizmu. Można to przedstawić na wykresie (ryc. 2).

Wykazanie, że istnieją geny, a więc prawdopodobnie i cechy nie mające charakteru przystosowawczego ożywiło problem, który zauważył już Darwin. Mianowicie, pobieżna nawet obserwacja świata żywego poucza nas, że jest to świat bardzo silnie zróżnicowany. Znamy obecnie

około dwóch milionów gatunków różnych organizmów, a jest to – najprawdopodobniej – jedynie niewielka część tych organizmów, jakie żyją jeszcze i żyły w przeszłości na naszej planecie. Od czasów Darwina uważano, że zróżnicowanie to jest wyłącznie skutkiem adaptacji, czyli ewolucji przebiegającej według schematu darwinowskiego. Teoria Kimury dowiodła, że zróżnicowanie i adaptacja to dwa w dużej mierze niezależne procesy, które przeważnie przebiegają równolegle (ryc. 2), ale wcale nie muszą.

Wspomniałem o wielkiej liczbie gatunków żyjących obecnie na naszej planecie, a opisanych przez biologów; rzeczywista liczba gatunków jest prawdopodobnie kilkakrotnie wyższa. Wspomniałem także, że to wielkie zróżnicowanie świata żywego jest wynikiem działania mechanizmu ewolucji. Czy istnieją jakieś dane, które potwierdzałyby tę opinię?

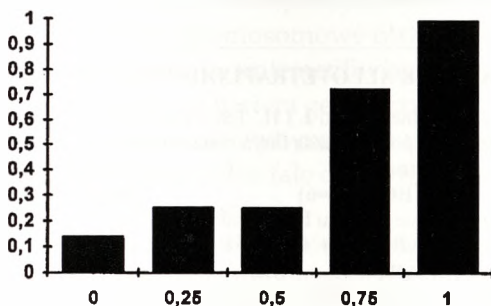


Ryc. 2. Wykres obrazujący wzajemny stosunek zmian (mutacji) neutralnych w DNA (pełne punkty) i mutacji zmieniających wartość przystosowawczą (pełne kwadraty)

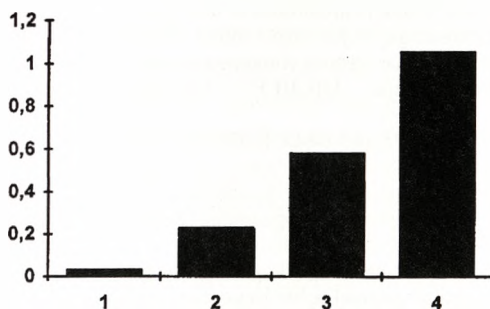
Proces powstawania gatunków – specjacja – jest w większości wypadków powolny. Polega on na stopniowym różnicowaniu się populacji zamieszkującej dwa (lub więcej) obszary różniące się warunkami życia. Póki jednak populacja stanowi jedną pulę genową, wspomniane zróżnicowanie może być w każdej chwili zniesione na skutek przepływu genów. Uniemożliwienie – początkowo jedynie ograniczenie –

przepływu (wymiany) genów jest więc warunkiem *sine qua non* dalszego różnicowania się i – w efekcie – powstania nowego gatunku. Wymiana genów jest stopniowo ograniczana dzięki powstawaniu różnego rodzaju barier uniemożliwiających krzyżowanie. Może to być prosta izolacja przestrzenna – początkowo zwarta populacja zostaje rozdzielona na części, na fragmenty. Przyczyny takiego podziału mogą być różne: dryf kontynentalny, powstanie pasma górskiego, większego zbiornika wodnego itp. Izolacja może mieć także charakter ekologiczny (np. różne czasy kwitnienia); większość zbadanych gatunków wykształca jednak tzw. bariery genetyczne powodujące albo niemożność krzyżowania się (a więc i wyprodukowania potomstwa), albo – gdy skrzyżowanie się jest jeszcze możliwe – wyprodukowane potomstwo ma wyraźnie obniżoną żywotność lub jest bezpłodne. Tak więc z gatunkiem biologicznym mamy do czynienia dopiero wtedy, gdy przeszkody na drodze wymiany genów (bariery) są całkowicie skuteczne. Z powyższego wywodu wynikają dwie ważne okoliczności; przede wszystkim proces powstawania gatunków musi być powolny – budowanie barier izolacyjnych trwa przeważnie długo; oczywiście jest także, że niemożliwe jest praktyczne stwierdzenie, w jakim momencie gatunek powstaje. Nie znaczy to jednak, że nic pewnego na ten temat nie wiemy. Wyniki wielu doświadczeń popierają wyraźnie zaprezentowany punkt widzenia, że gatunki powstają na zasadzie tego samego mechanizmu jaki leży u podstaw powstawania dostosowań i różnicowania się.

Stopień zróżnicowania dwóch populacji można ocenić w bardzo różny sposób; jednym z najczęściej stosowanych sposobów jest obliczenie tzw. odległości taksonomicznej (szczegóły można znaleźć np. w podręczniku *Botanika A. i J. Szweykowskich*, w tomie II, na stronach 25-26). Okazało się, że wartość ta rośnie wraz ze wzrostem utrudnienia w przepływie genów, czyli wraz z doskonaleniem się skuteczności barier. Np. u najlepiej pod tym względem poznanej muszki owocowej wygląda to tak jak na rycinach 3 i 4. Danych tego typu nagromadziło się wiele.



Ryc. 3. Zależność odległości taksonomicznej (oś Y) od skuteczności barier genetycznych (tzw. indeks izolacji – oś X). Wartości na osi X są miarą utrudnień w produkowaniu potomstwa (wykres opracowano na podstawie średnich dla różnych gatunków rodzaju *Drosophila* opublikowanych przez Coyne & Orr, 1989)



Ryc. 4. Zależność odległości genetycznej² (oś Y) od odrębności taksonomicznej (oś X) w grupie gatunków muszki owocowej *Drosophila willistoni*. Cyfry określające odrębność taksonomiczną oznaczają średnią odległość genetyczną między: 1. populacjami lokalnymi (z jednej miejscowości); 2. podgatunkami, 3. gatunkami bliźniaczymi (kryptogatunkami) i 4. ogólnie akceptowanymi („dobrymi”) gatunkami.

² Podobnie jak odległość taksonomiczna jest miarą zróżnicowania fenotypowego, tak odległość genetyczna jest miarą zróżnicowania genetycznego

ogóle możliwe). Wynikający z takiej krzyżówki mieszańiec jest bezpłodny, ponieważ zespoły chromosomowe otrzymane od osobników rodzicielskich są na tyle różne, że uniemożliwiają prawidłowy przebieg mejozy (tu więc dopiero działa bariera genetyczna). W takich przypadkach dochodzi jednak często do wytworzenia niezredukowanych gamet, a więc gamet, które mają pełne (ale oczywiście pojedyncze) zespoły chromosomowe obojga rodziców).

Jeśli dojdzie do połączenia się dwóch takich gamet, to powstały wskutek tego organizm potomny ma w swych komórkach po dwa pełne zespoły chromosomowe gatunków rodzicielskich; np. jeśli zespół chromosomów jednego z gatunków rodzicielskich oznaczymy literami ABC a drugiego EFG, to zespół chromosomowy diploidalnych komórek tych organizmów można zapisać odpowiednio jako AABBC i EEFFGG. Krzyżówka polegałaby na połączeniu się gamet: $ABC \times EFG$ i otrzymane potomstwo miałoby zespół chromosomowy ABCEFG. Ponieważ każdy chromosom tego zespołu występuje pojedynczo, więc – w braku partnerów – koniugacja ich, i co za tym idzie mejoza, nie byłyby możliwe. Jeśli jednak utworzy się gameta niezredukowana (ABCEFG) to z połączenia się dwóch takich gamet powstanie organizm o zespole chromosomowym AABBCCEEFFGG. Teraz każdy chromosom ma swego partnera, mejoza może przebiegać normalnie i potomstwo – jeśli oczywiście nie było dodatkowych barier genetycznych powodujących np. bezpłodność – będzie także zdolne do rozmnażania płciowego. Zauważmy, że organizm taki ma dwa razy więcej chromosomów niż gatunki wyjściowe – jest więc poliploidem łączącym w swych komórkach zespoły chromosomów obu gatunków rodzicielskich; jednocześnie jest on izolowany od swych gatunków wyjściowych, ponieważ jego gamety nie mogą dać z nimi płodnego potomstwa; np. gdyby doszło do skrzyżowania tego świeżo powstałego diploida z gatunkiem pierwszym ($ABCEFG \times ABC$) to w powstałym mieszańcu AABBCCEFG chromosomy E, F i G nie miałyby partnerów, co uniemożliwia prawidłowy przebieg mejozy. W ten sposób organizm allopoloidalny osiąga jednocześnie dwie ważne właściwości: uzyskuje zdolność produkowania normalnych gamet (a więc także potomstwa)

oraz barierę odgraniczającą jego pulę genową od gatunków wyjściowych. Staje się więc normalnym, niejako „pełnoprawnym” gatunkiem biologicznym. Przynajmniej w świecie roślin jest to zjawisko – jak się wydaje – dosyć rozpowszechnione.

Wracając do zasadniczego tematu stwierdzić należy, że mechanizm procesu ewolucji – tak jak to dziś widzimy – polega na współdziałaniu dwóch sił działających na zmienność genetyczną znajdującą się w populacjach; siłami tymi są darwinowska selekcja oraz dryf. Cała różnorodność świata żywego powstała wskutek działania tego mechanizmu.

Na koniec chciałem zaznaczyć, że naszkicowany model mechanizmu ewolucji jest silnie podbudowany wynikami badań; nie ma więc np. dziś wątpliwości, że naturalne populacje są zbiornikami, rezerwuarami zmienności genetycznej, są dowody na powstanie dostosowań w przyrodzie na tej, opisanej przeze mnie drodze, są dowody na istnienie selekcji itd. Chciałbym jednak zaznaczyć jeszcze, że istnieją doświadczalne badania potwierdzające skuteczność opisywanego mechanizmu. Tak zwane badania nad ewolucją *in vitro* rozpoczęte przez Sola Spigelmana w latach sześćdziesiątych, kontynuowane następnie w pracowni Manfreda Eigena a obecnie także w innych laboratoriach dowodzą niedwuznacznie skuteczności opisanego mechanizmu. Polegają one – w wielkim skrócie – na przygotowaniu dużych populacji (rzędu 10^{13}) cząsteczek przeważnie jakiegoś kwasu nukleinowego, poddanie ich mutagenezie, stworzenie warunków do replikacji, a następnie pasażowanie tylko takich cząsteczek, które spełniają określone przez eksperymentatora warunki; w ten sposób otrzymuje się w krótkim czasie populację cząsteczek o żądanych parametrach. Tak więc mechanizm opisany wyżej jest skuteczny w wytworzeniu dostosowania (tym razem do warunków określonych przez badacza); nie uprawnia to oczywiście do wniosku, że w naturze działa taki sam proces; jest to jednak bardzo silny argument za tym, że tak właśnie jest (nieco więcej na ten temat por. Szweykowski 1997).

STRESZCZENIE

1. Proces ewolucji przebiega przynajmniej na trzech różnych poziomach organizacji materii żywej: cząsteczkowym (molekularnym), osobniczym i populacyjnym.

- a. Na poziomie cząsteczkowym generowana jest zmienność (mutacje).
- b. Na poziomie osobniczym odbywa się realizacja informacji genetycznej; powstaje fenotyp będący obiektem selekcji.
- c. Populacja – tu odbywa się waloryzacja fenotypów połączona z selekcją.

2. Okres, jaki upływa między momentem zajścia mutacji, a ujawnieniem się właściwości zmutowanego genu umożliwia powstanie „zapasu” zmienności w populacjach organizmów diploidalnych. Wynikiem jest zróżnicowanie genetyczne populacji.

WAŻNIEJSZA I CYTOWANA LITERATURA

Ayala F.J., *Genetic Differentiation During the Speciation Process*, Evolutionary Biol. 8, 1975, 1-78.

Beaudry A.A., Joyce G. F., *Directed Evolution of an RNA Enzyme*, Science 257, 1992, 635-641.

Biebricher Ch.K., *Darwinian Selection of Self-Replicating RNA Molecules*, Evolutionary Biol. 16, 1983, 1-52.

Coyne J.A., Orr H.A., *Two Rules of Speciation*, w: Otte D. & Endler J.A. (wyd.): *Speciation and Its Consequences*, Sinauer Ass., Sunderland Mass., 1989, 150-207.

Dobzhansky Th., *Genetics of the Evolutionary Process*, Columbia University Press, New York & London, 1970, 505.

Futuyma D.J., *Evolutionary Biology* (II wyd.) Sinauer Ass., Sunderland, Mass. 1986, 600.

Gajewski W., *Genetyka ogólna i molekularna* (wyd. V), PWN Warszawa, 1983, 471.

Haldane J.B.S., *The cost of natural selection*, J. Genetics 55, 1957, 511-524

Joyce G.F., 1993. *Ukierunkowana ewolucja molekularna*, Świat Nauki 1993(2), 28-35.

Kempisty M. (wyd.), *Mały słownik cybernetyczny*, Wiedza Powszechna, Warszawa, 1973, 533.

- Kimura M., *The Neutral Theory of Molecular Evolution*, Cambridge University Press, Cambridge, 1983, 367.
- Krzanowska H., Łomnicki A., Rafiński J., Szarski H., Szymura J.M., *Zarys mechanizmów ewolucji*, Wyd. Nauk. PWN, Warszawa, 1995, 402.
- Maynard Smith J., *Evolutionary Genetics*, Oxford University Press, Oxford, 1989, 325.
- Nei M., *Molecular Evolutionary Genetics*, Columbia University Press, New York, 1987, 512.
- Stebbins G.L., *Zmienność i ewolucja roślin*, PWN Warszawa, 1958, 470.
- Szweykowska A., Szweykowski J., *Botanika*, t. II. Systematyka, PWN Warszawa, 1997, 637.
- Szweykowski J., *Ewolucyjna teoria obojętnych mutacji (neutralistyczna) profesora Motoo Kimury*, Kosmos 36(3), 1987, 375-394.
- Szweykowski J., *Mechanizm ewolucji - spojrzenie biologa*, 1997, w druku

EWOLUCJA POGLĄDÓW TEOLOGICZNYCH NA EWOLUCJĘ

BERNARD HAŁACZEK

1. WPROWADZENIE

Historia myśli ludzkiej uczy skromności. W tematycznie zawężonym zakresie czyni to historia każdej dyscypliny naukowej. Uczy np. tego, że niejedna zdobycz intelektualna przeszłości staje się dopiero po wielu latach zapomnienia udziałem współczesności.

Jedną z takich zdobyczy jest ocena relacji teologii do biologii. Werner Elert, filozof i teolog wrocławski, wiedział już w 1921 r., co w metodologii nauki uchodzi za zdobycz współczesności. Już wtedy wyjaśniał mianowicie, że teoria ewolucji jest taką samą teorią przyrodniczą jak teoria atomu czy też falowa teoria światła, a jako taka nie powinna stanowić przedmiotu osądów teologicznych. Konsekwentnie postulował, by świadomi swych kompetencji teolodzy skoncentrowali swe wysiłki na ukazywaniu specyfiki chrześcijaństwa i niezależności jej posłania od wywodów przyrodniczych, a nie usiłowali dowodzić błędności teorii Darwina argumentami przyrodniczymi [1].

Najwcześniejszym bodaj przykładem takiej właśnie argumentacji jest krytyka Darwina, jaką teolog niemiecki D. O. Zöckler zawarł w swym obszernym dziele z 1879 r. na temat stosunku teologii do nauk przyrodniczych. Zöckler przyznaje w nim, że teza o ewolucyjnym rozwoju świata organicznego nie budzi zastrzeżeń teologicznych i że racje religijne nie zmuszają do tego, by początek wszystkich gatunków roś-

linnych i zwierzęcych sprowadzać do odrębnego aktu stworzenia. Racje przyrodnicze nakazują mu jednak odrzucić teorię ewolucji: nie wyjaśnia ona faktycznie istniejącej różnorodności świata zwierzęcego, nie znajduje ponadto żadnego potwierdzenia w materiale kopalnym [2].

Dlaczego apologetyka chrześcijańska podzielała przez kilka dziesięcioleci sposób myślenia Zöcklera a nie Elerta, to wymownie ujawniają dwie wypowiedzi z przełomu ostatniego stulecia. Autorem pierwszej jest papież Pius IX. W liście z 1877 r. chwali Konstantyna Jamesa za jego krytykę darwinizmu tymi słowami: „Teoria ta kłóci się tak wyraziście z całą historią, z tradycją wszystkich ludów, z naukami ścisłymi, z powszechnym doświadczeniem i zdrowym rozsądkiem ludzkim, że zbędna byłaby jej krytyka, gdyby nie wspierała ateizmu i materializmu” [3]. Drugą jest wypowiedź filozofa i fizyka, Ernesta Macha z 1906 roku: „Większość dzisiejszych przyrodników hołduje filozofii materialistycznej, nie dostrzegając jej oczywistych niedostatków” [4]. Z obydwu wypowiedzi wolno wnioskować, że biologizm teologii z przełomu stulecia był w pokaźnym stopniu uwarunkowany materialistycznym monizmem biologii.

2. MIĘDZY BIOLOGIZMEM TEOLOGÓW A MATERIALIZMEM BIOLOGÓW

Darwin zwlekał przez wiele lat z publikacją wyników swych badań. Zwlekał z tych samych co Kopernik powodów: chciał lepiej swą teorię uzasadnić, a zarazem bał się światopoglądowego spaczenia swych poglądów przyrodniczych. Jego obawy okazały się w pełni zasadne. Już 12 grudnia 1859 r. chwali Engels w liście do Marksa dzieło Darwina, jako wyjątkowo skuteczny cios, zadany zbutwiałej, dotąd jednak doszczętnie jeszcze nie zmiażdżonej teologii [5]. Definitywnym zaś piętnem monizmu materialistycznego opieczętował teorię ewolucji Ernest Haeckel. Zaledwie w 9 lat po publikacji *Powstania gatunków* obwieszczał publicznie: „Teoria ewolucji dostarcza pełnego obrazu fenomenu życia i wyczerpująco wyjaśnia wszystkie „dlaczego” tego fenomenu. A całość jej wyjaśnień ma charakter mechanistyczno-kausalny. Co zatem dawniej tłumaczono ingerencją sił nadprzyrodzonych, to dziś wyjaśnia się działaniem sił czysto naturalnych, fizykalno-chemicznych” [6].

Podjęte w tej atmosferze intelektualnej próby uzgodnienia ewolucjonizmu z chrześcijaństwem nie mogły liczyć na powodzenie. Dlatego też idące w tym kierunku starania filozoficzno-teologiczne takich autorów z końca XIX wieku, jak: S. G. Mivart, M. D. Leroy, J. A. Zahm i G. Bonomelli, nie zyskały aprobaty kościelnej. Warto niemniej pamiętać, że autorzy ci nie zostali nigdy zdezwuowani żadnym oficjalnym werdyktem Magisterium Kościoła [7].

Faktem jest, że główny nurt myśli teologicznej ostatnich dekad XIX i pierwszych XX wieku przesiąknięty był radykalnym antyewolucjonizmem. Klasycznym jego wyrazicielem stał się Józef Pohle ze swym siedmiotomowym *Podręcznikiem dogmatyki* z 1902 r., którego dziesiąte wznowienie wydane zostało jeszcze w 1952 r. Darwinizm uznaje Pohle za pogląd ateistyczny, gdyż sprzeczny jest z dokumentem powstania ludzkości, jakim jest biblijny opis stworzenia pierwszego człowieka. Dokument ten domaga się od wierzącego bezwzględnej afirmacji tych dwu tez:

- 1) że również ciało pierwszego człowieka jest tworem bezpośredniej ingerencji stwórczej Boga,
- 2) że cała ludzkość wywodzi się od jednej pary ludzkiej: od jednostkowego Adama i jednostkowej Ewy. O ile przy tym tezę pierwszą klasyfikuje Pohle jako twierdzenie treściowo pewne (*sententia certa*), to treść tezy drugiej zalicza w poczet prawd wiary (*doctrina catholica* – w jednym wydaniu, *de fide* – w innym) [8].

Dekret Komisji Biblijnej z 30 czerwca 1909 r. zdawał się oficjalnie sankcjonować dosłowne rozumienie biblijnego opisu powstania człowieka, tym samym także antyewolucyjne nastawienie ówczesnych teologów. Do fundamentalnych prawd wiary zaliczył bowiem również trzy twierdzenia wchodzące częściowo w zakres przyrodniczej antropogenezy: 1) Bóg jest bezpośrednim Stwórcą pierwszego człowieka, 2) kobieta powstała z ciała pierwszego mężczyzny, 3) jedność rodzaju ludzkiego jest rezultatem jednostkowego początku ludzkości [9].

Jednym z dwóch sygnatariuszy owego Dekretu był benedyktyn Laurentius Janssens. Jego ocena ewolucjonizmu zasługuje przeto na szczególnie baczna uwagę. Ta mieści się w jego *Dogmatyce* z 1912 r.

i głosi, że dla prawdy biblijnej i wiary chrześcijańskiej jest rzeczą drugorzędną, czy ciało pierwszego człowieka ukształtowane zostało bezpośrednio z mułu ziemi, czy też z jakiejś formy zwierzęcej. Ewolucjonizm nie wykluczający Boga – Stwórcy daje się dobrze uzgodnić z nauką chrześcijańską. Za powstaniem człowieka z ziemi przemawia jednak – zdaniem Janssensa – to, że taka wizja początków ludzkości lepiej harmonizuje z całą nauką Pisma Św. oraz z filozofią Tomasza z Akwinu [10].

Podobny tok rozumowania dominuje u większości teologów katolickich pierwszej połowy XX stulecia. Choć w uzasadnianiu swego negatywnego stosunku do teorii ewolucji odwołują się do Biblii, to przecież wiedzą co najmniej od encykliki *Providentissimus Deus* Leona XIII z 1893 r., że Biblia nie domaga się dosłownego rozumienia wszystkich jej tekstów, gdyż pierwszorzędnym jej celem jest nauka o zbawieniu człowieka. Stąd też ich antyewolucyjna argumentacja ma niejednokrotnie charakter bardziej przyrodniczo-filozoficzny niż teologiczny. Za biblijną wizją powstania pierwszego człowieka opowiadają się w gruncie rzeczy tylko dlatego, że z interpretacją ewolucyjną nie potrafią uzgodnić dwóch prawd o człowieku: o jedności rodzaju ludzkiego i o powszechności grzechu pierworodnego.

3. OD TOLERANCJI DO AFIRMACJI EWOLUCJONIZMU

Sukcesy prac wykopaliskowych lat 20-tych i 30-tych nie zezwalają teologom nadal negować faktu istnienia w przeszłości form ludzkich zasadniczo różnych od współczesnego człowieka. Do akceptacji ewolucyjnej wizji ludzkiej przeszłości dochodzą wszakże nie tylko pod presją dokumentacji paleontologicznej. Bardziej decydującą rolę odegrała w tym względzie refleksja metodologiczna. Ta zezwoliła bowiem ustalić, że problem powstania człowieka rozpatruje biologia w aspekcie pytania o „jak” przebiegu procesu hominizacyjnego, teologia natomiast w aspekcie pytania o „co” i „kto” faktu hominizacji.

Koryfeuszami takich ustaleń był na terenie przyrodniczo-filozoficznym Teilhard de Chardin, a na terenie biblijno-teologicznym Hubert

Junker. Niewątpliwą zasługą pierwszego było wczesne, już w publikacjach z lat dwudziestych dokonane rozgraniczenie między antropogenezą przyrodniczą a filozoficzno-teologiczną. Swoistością pierwszej jest według Teilharda czysto zjawiskowe pojmowanie przyczyny. W przyczynowości przyrodniczej nie chodzi o dogłębne, ontologiczne wyjaśnienie określonego zjawiska, lecz tylko o jego zaszeregowanie w łańcuchu zjawisk wcześniejszych i późniejszych. Tak więc przeszłość człowieka rekonstruowana przez biologię nie może w żaden sposób kolidować z ontologiczną rekonstrukcją teologii [11]. Zasługą Junkera było z kolei to, że wcześniejsze dyrektywy kościelne w sprawie możliwości niedosłownego rozumienia Biblii odniósł konsekwentnie do wykładni opisu stworzenia człowieka. W myśl jego interpretacji wyłącznym celem biblijnej opowieści o Adamie jest zobrazowanie prawdy o istocie człowieka i jego relacji do Boga. Nie jest ona nauką o tym, jak człowiek powstał, lecz o tym, kim człowiek jest [12].

Owo niedosłowne rozumienie biblijnej historii powstania człowieka zyskuje oficjalną aprobatę kościelną w latach 40-tych. Jej urzędowym wyrazicielem jest encyklika *Divino afflante Spiritu* Piusa XII z 1943 r. [13] i Pismo Komisji Biblijnej do Kardynała Suharda z 1948 r. [14]. Oba dokumenty stwierdzają jednoznacznie, że opisy biblijne nie są i być nie mogą historią we współczesnym tego słowa znaczeniu. Pod szatą uwarunkowań czasowych przekazują głęboką i ciągle aktualną treść. Do niej, czyli do właściwego sensu biblijnych opisów dociera się drogą mozolnych badań interdyscyplinarnych. W odniesieniu do biblijnego opisu stworzenia oznacza to, że dla jego poprawnej interpretacji pomocne i wręcz konieczne są również dane współczesnej paleontologii.

Splecioną z tym zaleceniem aprobatę ewolucjonizmu wypowiedział głośno Kardynał Lienart w 1947 r. W artykule *Chrześcijanin wobec teorii ewolucji* nie waha się zachęcać do podziwu dla Księgi Rodzaju z tej racji, że już przed trzema tysiącami lat prezentowała obraz stworzenia zgodny z teologią ewolucji: najpierw powstały rośliny, potem kolejno ryby, ptaki, płazy, a uwieńczeniem wszystkich zwierząt stał się człowiek [15].

Encyklika *Humani generis* kończy w 1950 roku ostatecznie przyrodniczo-teologiczny spór wokół ewolucjonizmu oświadczeniem, że Magisterium Kościoła dopuszcza możliwość ewolucyjnej interpretacji antropogenezy. Zawężenie tego zezwolenia do powstania ludzkiego ciała przyjęli przyrodnicy bez sprzeciwu, gdyż w międzyczasie utrwaliło się w ich gronie przekonanie, że problematyka niematerialnej duszy ludzkiej przekracza kompetencje biologii. Zarzewiem nowych kontrowersji stało się natomiast zalecenie encykliki, by z racji nauki o grzechu pierwotnym odrzucić poligenizm i obstawać przy monogenizmie w znaczeniu ścisłym, czyli przy twierdzeniu, że wszyscy ludzie pochodzą od jednostkowego Adama [16].

4. WZROST SAMOISTNOŚCI TEOLOGII W SPORZE O MONOGENIZM

Sięgający lat dwudziestych spór o monogenizm toczył się początkowo niemal wyłącznie na płaszczyźnie przyrodniczego pytania o stan liczebny wyjściowej populacji ludzkiej. Od połowy stulecia powoływali się przy tym zwolennicy monogenizmu na wywody genetyka R. Goldschmidta i paleontologa O. Schindewolf, zgodnie z którymi wielkie mutacje w obrębie kilku pojedynczych osobników są odpowiedzialne za skokowy rozwój gatunków. Niejedni teolodzy dystansowali się jednak już wtedy od argumentacji przyrodniczej, zdając sobie sprawę z tego, że ich właściwym zadaniem jest obrona powszechności grzechu pierwotnego, a nie troska o słuszność monogenizmu. Ten sposób myślenia akceptowała i prawdopodobnie postulowała również encyklika *Humani generis*. Swoją krytykę poligenizmu wyraża w każdym razie w zdaniu o znamiennej fakultatywnej treści: „Zupełnie nie wiadomo, jak tego rodzaju pogląd można by uzgodnić z głoszoną przez Objawienie i Urząd Nauczycielski prawdą o grzechu pierwotnym” [17].

Sformułowanie to zmobilizowało całą jedną generację teologów do poszukiwań teologicznych uzasadnień dla teologicznej prawdy o grzechu pierwotnym. Rolę korygującego drogowskazu odegrały w tych poszukiwaniach analizy przyrodnicze Teilharda de Chardin, doświad-

czenia filozoficzne Karola Rahnera i wnioski egzegetyczne Herberta Haaga.

Teilhardowi zawdzięcza teologia świadomość tego, że spór o monogenizm nie jest rozstrzygalny na płaszczyźnie poznania przyrodniczego. Biologia pyta mianowicie o genetyczną zwartość pierwotnej populacji ludzkiej, a nie o liczebny stan jej indywiduów. Przedmiotem jej zainteresowań jest alternatywa: monofiletyzm lub polifiletyzm, a zupełnie obcą jest jej kwestia monogenizmu i poligenizmu. Hipoteza jednostkowego Adama jest w ramach biologii nieweryfikowalna [18]. Może dlatego podjął się Rahner w połowie lat 50-tych próby skonstruowania metafizycznego dowodu na rzecz monogenizmu. Po kilkuletnich dyskusjach uznał jednak swój filozoficzny tok dowodzenia za mało poprawny i nieprzekonywujący. Wtedy też opowiedział się za możliwością pogodzenia poligenizmu z prawowierną nauką o grzechu pierworodnym [19]. Na jakiej drodze osiągalna jest taka zgoda, to usiłowały ukazać studia biblijne Haaga z tego samego okresu. Ich rezultatem jest stwierdzenie, że Biblia przedstawia grzech pierworodny jako ogólnoludzkie wydarzenie bytowo-zbawcze, a nie jako zjawisko historyczne, że przeto niczego nie mówi ani o zewnętrznych okolicznościach jego zaistnienia, ani też o sposobach jego przekazywania.

Wieloletnią dyskusję nad monogenizmem wieńczą i faktycznie kończą dwa dokumenty papieża Pawła VI: Jego przemówienie na Sympozjum o grzechu pierworodnym w dniu 11 lipca 1966 r. [21] oraz Jego *Sollemnis professio fidei* z 30 czerwca 1968 r. [22]. Jakkolwiek oba dokumenty ostrzegają przed poligenistycznym spaceniem tradycyjnej nauki o grzechu pierworodnym, to zarazem gwarantują pełną wolność odnośnym studiom biblijno-teologicznym, zachęcają ponadto do takiej interpretacji dogmatu o grzechu pierworodnym, by ta nie kolidowała z wynikami badań przyrodniczych i rozumiała była dla współczesnego człowieka. Zachęty te potwierdzały praktycznie już wtedy dokonane odejście teologów od pytania: mono- czy poligenizm i zezwalały im skoncentrować się na wyłącznie teologicznej wykładni biblijnej historii stworzenia człowieka [23].

5. BIOLOGICZNA A TEOLOGICZNA REKONSTRUKCJA POCZĄTKÓW LUDZKOŚCI

Znamiennym przykładem wyzwolonej z biologizmu teologii biblijnej jest Dokument Papieskiej Komisji Biblijnej *Interpretacja Pisma Świętego w Kościele* z 1993 r. [24]. W tym obszernym, prawie stu stronicowym Dokumencie nie znajduje się ani jedna wzmianka na temat ewolucjonizmu czy monogenizmu. Słabym echem tej tak głośnej niegdyś tematyki jest co najwyżej krytyka, jaką Dokument kieruje pod adresem wykładni biblijnej dzisiejszych fundamentalistów: zarzuca jej skażenie ideologią, która nie ma nic wspólnego z Biblią, ponadto zaś bliską samobójstwa myślowego pewność siebie, czerpaną zupełnie fałszywie z tekstów biblijnych [25].

Powyższy Dokument jest „urzędową” kontynuacją powszechnej od prawie 30-tu lat tendencji dystansowania się teologii katolickiej od problematyki przyrodniczej. Zrozumiałe zaskoczenie i stosowny temu potencjał pokaznych zainteresowań wywołało przeto posłanie Jana Pawła II do Papieskiej Akademii Nauk z 28 października 1996 r. [26]. Papież podejmuje w nim bowiem ponownie problem ewolucjonizmu. Podejmuje go jednak w duchu podobnym do tego, w jakim cztery lata wcześniej podejmował sprawę Galileusza. Swoistego rodzaju rehabilitacją Darwina jest przecież stwierdzenie Papieża, że „aktualny stan wiedzy nakazuje w teorii ewolucji widzieć coś więcej niż tylko hipotezę” [27]. Ponadto zaś przypomina Papież o tym, co jest utrwaloną zdobyczą metodologiczną współczesnego przyrodoznawstwa, o czym niemniej zbyt często zapomina się w popularno-naukowych wywodach. Po pierwsze: teorii ewolucji nie należy utożsamiać ani z dyskusyjnym statusem różnych wyjaśnień mechanizmu ewolucji, ani z filozoficznie uwarunkowanym ewolucjonizmem, i to zarówno tym w materialistycznej, jak również w spirytualistycznej interpretacji. A po drugie: decydujący o człowieczeństwie moment przejścia do sfery duchowej wymyka się całkowicie z kompetencji poznawczej nauk doświadczalnych.

Tę drugą uwagę kontynuuje Jan Paweł II w ów specyficznie teologicznym sposobie mówienia o początkach gatunku ludzkiego, który encyklika *Humani generis* sygnalizowała terminem *veros homines*. Po-

jęcie, „prawdziwy człowiek” jest naukom przyrodniczym nieznane. Teologia zaś stale tym wanie pojęciem i tylko nim operuje, również wtedy, gdy mówi o powstaniu pierwszego człowieka. Stąd też rozumiałym i w pełni zasadnym jest wyróżnianie dwóch swoistych, od siebie niezależnych i dlatego treściowo bezkolizyjnych ujęć antropogenezy, z ktrych jedno jest dziełem biologii, drugie natomiast – teologii.

W zrąb antropogenezy biologicznej wchodzą takie kolejne tezy:

- 1) świat istot żywych znamionuje gradacja podobieństw i odmienności. W uchwytnej metodami biologii specyfiki gatunkowej wykazuje współczesny człowiek (*Homo sapiens*) szczególnie duże podobieństwo do współczesnych małp człekokształtnych (*Pongidae*),
- 2) w ramach założenia, że zróżnicowany stopień podobieństw jest rezultatem różnego stopnia pokrewieństwa, jest wspólnota cech biologicznych człowieka i człekokształtnych wyjaśnialna jedynie wspólnotą pochodzenia,
- 3) odrębność rozwojową człowieka lokować trzeba w okres sprzed 5-4 mln. lat, gdyż w okresie tym żyły istoty obdarzone już ludzką dwunożnością, lecz wykazujące w budowie czaszki jeszcze sporo cech małpich,
- 4) w obrębie owych dwunożnych i małogłowych istot pojawiają się przed 2 mln. lat pierwsze osobniki z mózgową czaszką zbliżoną do wielkości ludzkiej, a od 200-100 tysięcy lat istnieją w Afryce i Eurazji istoty nieodróżnialne od współczesnego człowieka.

Antropogenezę teologiczną tworzy natomiast zestaw zasadniczo innych tez:

- 1) od całego świata istot żywych wyróżnia się człowiek swą duchową duszą, wyposażoną darem nieśmiertelności i wolnej woli,
- 2) swą nieśmiertelnością i wolnością upodabnia się człowiek do Boga. Jako taki musi swe zaistnienie zawdzięczać bezpośredniej ingerencji stwórczej Boga,
- 3) spleciona z wolnością możliwość wyboru zła stała się już w zaraniach ludzkości powodem takiej deformacji człowieka, że skłonność do zła obarcza odtąd wszystkich ludzi,

4) wcieleniu Boga w historycznej osobie Jezusa Chrystusa zawdzięcza człowiek możliwość pokonania zła, czyli możliwość zbawienia.

I biolog, i teolog mówi o pierwszym człowieku. Obaj jednak mówią o nim inaczej, obaj coś innego o nim mówią. Człowiek teologa nie jest człowiekiem biologa.

PRZYPISY

- [1] W. Elert: *Der Kampf um das Christentum. Geschichte der Beziehungen zwischen dem evangelischen Christentum in Deutschland und dem allgemeinen Denken seit Schleiermacher und Hegel*. Beck, München 1921, s. 234 nn.
- [2] D. O. Zöckler: *Geschichte der Beziehungen zwischen Theologie und Naturwissenschaft mit besonderer Rücksicht auf Schöpfungsgeschichte. Zweite Abtheilung: von Newton und Leibniz bis zur Gegenwart*. Bertelsmann, Gütersloh 1879, s. 696 nn.
- [3] Cyt. za E. Benz: *Zum theologischen Verständbis der Evolutionslehre*. W: *H. de Terra, Perspektiven Teilhard de Chardins*. Beck, München 1966, s. 30-31.
- [4] E. Mach: *Erkenntnis und Irrtum. Skizzen zur Psychologie der Forschung*. Barth, Leipzig 1906, s. 4.
- [5] Za E. Benz: j. w. s. 26.
- [6] E. Haeckel: *Natürliche Schöpfungsgeschichte*. Reimer, Berlin 1868, wg wyd. 9, s. 95.
- [7] Z. Alszegehy: *Die Entwicklung in den Lehrformulierungen der Kirche über die Evolutionstheorie*. Concilium 6/7, 1967, s. 442.
- [8] J. Pohle: *Lehrbuch der Dogmatik*. Schöningh, Paderborn 1905, wyd. 2, s. 424 nn.
- [9] *Acta Apostolicae Sedis* 1, 1909, s. 568.
- [10] L. Janssens: *Summa Theologica*. T. VII: *De hominibus natura*. Herder, Friburgi 1912, s. 673 oraz 718-723.
- [11] P. Teilhard de Chardin: *Comment se pose aujourd'hui la question du transformisme?* *Etudes* 167, 1921, s. 524-544. – *Le paradoxe transformiste*. *Revue des Questions Scientifiques* 7, 1925, s. 53-80.
- [12] H. Junker: *Die biblische Urgeschichte in ihrer Bedeutung als Grundlage der alttestamentlichen Offenbarung*. Haustein, Bonn 1932, s. 40.
- [13] *Acta Apostolicae Sedis* 35, 1943, s. 297-325.
- [14] j. w.: 40, 1948, s. 47.
- [15] Kardinal Lienart: *Der Christ und die Entwicklungslehre*. *Stimmen der Zeit* 142, 1948, s. 81-90.

- [16] Acta Apostolicae Sedis 42, 1950, s. 561-578.
- [17] j. w.: s. 576.
- [18] Por. Ch. Journet: *Le monogenisme de la Bible est-il a l'encontre ou au-dela de la science?* Nova et Vetera 26, 1951, s. 248.
- [19] K. Rahner: *Theologisches zum Monogenismus*. W: *Schriften zur Theologie I. Benzinger*, Einsiedeln 1954. Tenze: *Erbsünde und Evolution*. Concilium 3, 1967, s. 460 nn.
- [20] H. Haag: *Biblische Schöpfungslehre und kirchliche Erbsündenlehre*. Stuttg. Bibelstud., Stuttgart 1966.
- [21] Acta Apostolicae Sedis 58, 1966, 652-654.
- [22] j. w.: 60, 1968, s. 433-445.
- [23] Por. F. Holböck: *Credimus. Kommentar zum Credo Pauls VI*. Pustet, Salzburg-München 1969, s. 148.
- [24] Commission Biblique Pontificale: *L'interpretation de la Bible dans l'Eglise*. Ed. Vaticana, Citta del Vaticano 1993.
- [25] j. w.: s. 61- 64.
- [26] *L'Eglise devant les recherches sur les origines de la vie et son evolution. Message a l'Academie Pontificale des Sciences*. Documentation Catholique T. XCIII, 1996, No 20, 951- 953.
- [27] j. w.: s. 952.

ISBN 83-85481-04-4