

Michał Heller

Kosmologiczne znaczenie ewolucji biologicznej

Studia Philosophiae Christianae 32/1, 91-99

1996

Artykuł został zdigitalizowany i opracowany do udostępnienia w internecie przez Muzeum Historii Polski w ramach prac podejmowanych na rzecz zapewnienia otwartego, powszechnego i trwałego dostępu do polskiego dorobku naukowego i kulturalnego. Artykuł jest umieszczony w kolekcji cyfrowej bazhum.muzhp.pl, gromadzącej zawartość polskich czasopism humanistycznych i społecznych.

Tekst jest udostępniony do wykorzystania w ramach dozwolonego użytku.

MICHAŁ HELLER

KOSMOLOGICZNE ZNACZENIE EWOLUCJI BIOLOGICZNEJ

1. Postawienie problemu: lokalne czy globalne własności życia. 2. Ewolucja jako układ dynamiczny. 3. Wszechświat jako układ dynamiczny. 4. Przestrzeń fazowa kosmicznej dynamiki. 5. Nieliniowość dynamiki Wszechświata. 6. Kilka uwag zamiast zakończenia.

1. POSTAWIENIE PROBLEMU: LOKALNE CZY GLOBALNE WŁASNOŚCI ŻYCIA?

Jedną z największych zagadek, z jakimi ma do czynienia nauka i filozofia, jest zagadka indywidualności. Problem idywidualizacji pojawia się już na poziomie cząstek elementarnych. Istnieje wiele racji świadczących o tym, że na najbardziej fundamentalnym poziomie fizycznej rzeczywistości (i w najbardziej pierwotnych etapach kosmicznej ewolucji) pojęcie indywiduum nie ma sensu; nie można nawet mówić o indywidualnych punktach czasoprzestrzeni. Ale już pojęciowy aparat kwantowej teorii pola pozwala przypisywać cząstkom elementarnym jakiś stopień zindywidualizowania, chociaż własności związane z prawem superpozycji stanów kwantowych sprawiają, że to zindywidualizowanie bardziej przypomina nakładanie się na siebie wiązki fal niż zdecydowane „oddzielenie” jednych indywiduów od drugich, z jakim mamy do czynienia w skali makroskopowej. Wraz z pojawieniem się życia natężenie procesu indywidualizacji staje się jeszcze bardziej widoczne, by w ludzkiej samoświadomości osiągnąć niespotykany dotychczas stopień wyrafinowania.

Pojęcie indywiduum – nawet na niższym poziomie od tego, z jakim spotykamy się w człowieku – łączy się z ideą *oddzielenia* od wszystkiego, co nie jest właśnie *tym* indywiduum, czyli pojęciem zlokalizowania w przestrzeni i czasie. Nic więc dziwnego, że mamy tendencję patrzeć na życie jako na zjawisko lokalne. Nawet jeżeli rozpatrujemy je w skali planetarnej, to o naszej planecie myślimy jako o „małym zakątku Wszechświata”. Oczywiście, zdajemy sobie sprawę z tego, że w jakimś sensie życie na naszej planecie zależy od

„reszty Wszechświata”, ale zależności te wydają się nam dość ogólnikowe i niejasne. Być może ten stan rzeczy jest wynikiem nadmiernej specjalizacji: biologowie i kosmologowie zbyt rzadko mają okazję do wymiany swoich naukowych doświadczeń. Niestety i niniejsze studium nie jest wynikiem interdyscyplinarnego wysiłku badawczego, pochodzącego od różnych specjalności. Pragnę w nim spojrzeć na zjawisko życia z perspektywy kosmologicznej, zapraszając jedynie biologów i filozofów biologii do podjęcia postawionego przeze mnie zagadnienia z perspektywy własnych specjalności. Będę bronić tezy, że zjawisko życia, pomimo silnego ukierunkowania ku wzrostowi indywidualizacji, ma również własności globalne. Ściślej: ażeby we Wszechświecie (choćby tylko na jednej planecie) mógł się zawiązać i postępować proces ewolucji biologicznej, musiały zostać spełnione pewne warunki i warunki te miały charakter globalny.

Fakt ten był wielokrotnie podkreślany przez zwolenników zasady antropicznej. Moje rozważania nie będą jednak szły w tym kierunku. Nie będę zastanawiać się nad tym, jak małe odchylenie od danych początkowych wyprodukowałoby Wszechświat, w którym nie byłoby warunków niezbędnych do powstania życia. Wybieram nieco inną strategię. Istnienie życia (przynajmniej na jednej planecie) jest faktem. Co więcej, o fizycznych podstawach życia wiemy już na tyle dużo, że uzasadnionym staje się pytanie: jakie własności musi mieć układ zwany Wszechświatem, by fakt ten mógł zaistnieć. Okazuje się, że nasza obecna wiedza, zarówno na temat życia, jak i na temat Wszechświata, jest na tyle bogata, że pozwala na tak sformułowane pytanie udzielić nietrywialnej (choć z pewnością tylko częściowej) odpowiedzi. To właśnie jest celem niniejszego studium¹.

2. EWOLUCJA JAKO UKŁAD DYNAMICZNY

Życie w znanej nam postaci powstało na drodze ewolucji. Do istoty ewolucji należy nie tylko to, że musi być ona procesem zmiennym w czasie, lecz także i to, że zmienność ta musi być układem dynamicznym w technicznym (fizycznym) znaczeniu tego określenia. W fizyce (a także w matematycznej teorii układów dynamicznych) przez *układ dynamiczny* rozumie się „sposób opisu upływu czasu w danej przestrzeni S ”². W określeniu tym istotne są trzy następujące

¹ Można więc ewentualnie zakwalifikować moje rozważania jako mieszczące się w nurcie tzw. słabej zasady antropicznej: życie traktuje się jako swoisty test kosmologiczny – modele Wszechświata, w których życie (w znanej nam postaci) nie mogłoby zaistnieć, uważa się za sfalsyfikowane.

² M.W. Hirsch, S. Smale, *Differential Equations, Dynamical Systems, and Linear Algebra*, Academic Press, New York–San Francisco–London 1974, s. 159.

uwagi: Po pierwsze, w fizyce przestrzenią S jest najczęściej przestrzeń fazowa, tzn. przestrzeń, której punktami są stany pewnego układu dynamicznego. Po drugie, określenie upływu czasu polega na wyborze kolejnych stanów, przez które układ przechodzi, czyli na wyborze krzywej γ w przestrzeni fazowej S . Po trzecie, krzywej γ nie wybiera się w sposób dowolny, lecz musi być ona rozwiązaniem pewnego równania różniczkowego (lub układu równań różniczkowych).

Trzecia uwaga jest niezmiernie ważna. To właśnie równanie różniczkowe określa dynamikę układu. Kolejne stany, przez jakie przechodzi układ, są częścią całej historii, za którą „odpowiedzialność ponosi” dane równanie różniczkowe. W fizyce równanie to interpretuje się jako pewne prawo przyrody, które „napędza” rozważaną dynamikę. Nic więc dziwnego, że skrótowo przez układ dynamiczny rozumie się po prostu dane równanie różniczkowe. Matematycy mówią wręcz, że gdy dane jest pewne równanie różniczkowe, można z nim stowarzyszyć obiekt, zwany układem dynamicznym, jeżeli tylko obiekt ten jest określony dla wszystkich wartości zmiennej t , interpretowanej jako czas³.

Oczywiście byłoby naiwnością sądzić, że będziemy w stanie napisać jedno równanie różniczkowe (lub jeden, odpowiednio prosty układ równań różniczkowych), którego rozwiązaniem modelowałoby dynamikę ewolucji biologicznej. Rzecz jednak w tym, że mimo to ewolucja biologiczna ma wszelkie cechy układu dynamicznego. Proces ewolucji przechodzi przez następujące po sobie w czasie stany, a kolejność tych stanów nie jest przypadkowa lecz określona wieloma prawami fizyki i chemii oraz ich oddziaływaniem z otoczeniem. Z matematycznego punktu widzenia proces ewolucji odpowiada więc nieliniowemu, otwartemu układowi dynamicznemu odpowiednio wrażliwemu na fluktuacje pochodzące z otoczenia. Naturalna selekcja może być wkomponowana w kombinację oddziaływania warunków początkowych z wrażliwością na zewnętrzne fluktuacje. Mimo, że istnieje za dużo niewiadomych, by napisać układ równań odpowiedzialnych za tego rodzaju dynamikę, która by z rozsądnym przybliżeniem modelowała proces ewolucji biologicznej, już dziś z powodzeniem modeluje się matematycznie wiele aspektów lub fragmentów tego procesu.

Możemy bezpiecznie zgodzić się z tym, że ewolucja biologiczna jest układem dynamicznym, przynajmniej w tym sensie, że: po pierwsze, jest procesem dokonującym się w czasie; po drugie, upływu czasu odpowiada następstwo stanów procesu biologicznego; po trzecie, to

³ Tamże, s. 160.

następstwo stanów jest wynikiem działania wielu praw przyrody, ich konkurencją oraz oddziaływaniem z otoczeniem.

Mamy teraz prawo zapytać, jakie warunki musi spełniać model kosmologiczny, by być odpowiednim środowiskiem dla tak rozumianego dynamicznego procesu ewolucji.

3. WSZECHŚWIAT JAKO UKŁAD DYNAMICZNY

Czy rzeczywiście trzeba aż pytać o warunki w skali kosmicznej? Czy nie wystarczy ograniczyć się na przykład do naszej Galaktyki? Odpowiedź jest dosyć oczywista. Aby jej udzielić, wystarczy skoncentrować uwagę na jednym „detalu”. Życie bazuje na chemii węgla. Zakłada więc istnienie tego pierwiastka. A do syntezy węgla potrzebna jest ewolucja gwiazd, która z kolei zakłada długą kosmiczną historię. Należy więc układ dynamiczny, jakim jest ewolucja biologiczna, wkomponować w układ dynamiczny, jakim jest ewolucja Kosmosu.

To ostatnie wyrażenie również należy rozumieć w sensie technicznym. Jesteśmy tu nawet w łatwiejszej sytuacji niż w przypadku ewolucji biologicznej. Tak się bowiem szczęśliwie składa, że – dokonując odpowiedniej idealizacji – możemy dynamikę Wszechświata modelować przy pomocy jednego układu równań różniczkowych, czy nawet – przy nieco mocniejszych założeniach – przy pomocy jednego równania różniczkowego.

I tu właśnie natrafiamy na problem warunków, jakie Wszechświat musi spełniać, aby być układem dynamicznym, a tym samym, aby dopuścić do zawiązania się procesu dynamicznego, jakim jest ewolucja biologiczna. Problem polega na tym, że – zgodnie z powszechnie dziś przyjmowanym paradygmatem kosmologicznym – teorią fizyczną, przy pomocy której modeluje się Wszechświat w jego największej skali, jest ogólna teoria względności, a w teorii tej sceną, na jakiej rozgrywa się kosmiczny dramat nie jest oddzielnie czas i oddzielnie przestrzeń, lecz łącznie czasoprzestrzeń, a czasoprzestrzeń nie jest dobrą sceną dla dynamiki. Jest ona dana cała na raz i, ściśle rzecz biorąc, nie ma w niej upływu czasu, lecz jedynie „statyczna” geometria; nie jest więc spełniony pierwszy warunek istnienia dynamiki, czyli warunek domagający się istnienia procesu rozwijającego się w czasie.

Oczywiście warunek ten można wymusić na czasoprzestrzeni, to znaczy można nałożyć na czasoprzestrzeń warunki równoważne rozwijaniu się w czasie pewnego procesu. Używając języka technicznego, zagadnienie sprowadza się do przedstawienia ogólnej teorii względności w postaci układu hamiltonowskiego. Przedstawienie

takie zakłada możliwość rozłożenia czterowymiarowej czasoprzestrzeni oddzielnie na czas i przestrzeń czyli sprowadzenie czterowymiarowej geometrii do postaci tzw. $(3+1)$ -geometrii. Zagadnienie to zostało rozwiązane przez Arnowitta, Desera i Misnera⁴ i dlatego często nazywa się je ujęciem ADM.

Przekształcenie 4-geometrii (czasoprzestrzeni) do postaci $(3+1)$ -geometrii dokonuje się przez wybranie w czasoprzestrzeni rodziny 3-wymiarowych przestrzeni S_t sparametryzowanych zmienną t , która odgrywa rolę czasu (przestrzenie S_t nazywa się również cięciami czasowymi czasoprzestrzeni). Arnowitt, Deser i Misner pokazali, w jaki sposób należy zapisać równania Einsteina w $(3+1)$ -geometrycznym ujęciu. Równania te stają się wówczas równaniami dynamicznymi. Nieruchoma geometria zmienia się w proces dziejący się w czasie. Rodziny 3-wymiarowych przestrzeni nie należy wyobrażać sobie jako zbioru różnych od siebie tworów geometrycznych S_1, S_2, S_3, \dots lecz jako kolejne, dynamicznie związane ze sobą stany Wszechświata. „Obraz dynamiki, jaki się wyłania, to zależna od czasu geometria ('mod poprzeczny') oddziałująca ze zmienną skalą przestrzenną ('mod podłużny')”⁵. A więc tym, co podlega ewolucji jest 3-geometria. To ona ulega zmianom wymuszonym przez dynamikę modelu. Czasu nie można już rozumieć jako zadanej z góry, „biernej” zmiennej niezależnej, lecz jako parametr określany przez samą dynamikę. Dla tego obrazu ewolucji Wheeler wymyślił trafną nazwę *geometrodynamiczności*.

Ale i tu pojawiają się problemy. Przede wszystkim: 4-geometrię zawsze *lokalnie* można przedstawić w $(3+1)$ -ujęciu, ale – jak widzieliśmy – do tego, by mogła zaistnieć ewolucja biologiczna potrzeba, aby świat był *globalnie* układem dynamicznym. Okazuje się, że nie każde rozwiązanie równań Einsteina można „rozegrać” w $(3+1)$ -ujęciu. Co więcej, należy sądzić, że takich rozwiązań, których nie da się przedstawić globalnie w $(3+1)$ -ujęciu jest „znacznie więcej” od tych, które się da przedstawić w ten sposób (choćby prawdą jest, że lepiej znamy te rozwiązania, które dadzą się przedstawić w ujęciu ADM). Na przykład znane rozwiązanie Gödla z zamkniętymi liniami czasowymi nie da się globalnie przedstawić w $(3+1)$ -ujęciu.

Wszechświat musi być bardzo specjalnym układem, by mógł się w nim dziać wielkoskalowy proces dynamiczny. Nie wystarczy, by

⁴ R. Arnowitt, S. Deser, C.W. Misner, *The Dynamics of General Relativity*, w: *Gravitation: An Introduction to Current Research*, red. L. Witten, Wiley, New York 1962.

⁵ J.W. York Jr., *Role of Conformal Three-Geometry in the Dynamics of Gravitation*, *Phys. Rev. Lett.*, 28 (1972), 1082–1085.

była w nim określona strzałka czasu; trzeba, by czas był prawdziwą wielkością dynamiczną⁶.

4. PRZESTRZEŃ FAZOWA KOSMICZNEJ DYNAMIKI

Warto zwrócić uwagę na fakt, że przestrzeń fazowa (czyli zbiór wszystkich możliwych stanów) kosmologicznego układu dynamicznego ma bardzo interesującą i bogatą strukturę. Punktem tej przestrzeni nie jest punkt w intuicyjnym rozumieniu tego pojęcia, lecz poszczególna 3–geometria (czyli 3–wymiarowa przestrzeń S_t , gdzie t jest konkretną chwilą „dynamicznego czasu”). Zbiór wszystkich 3–geometrii, czyli, właśnie przestrzeń fazowa, zyskała nazwę *superprzestrzeni*. Pojęcie superprzestrzeni wprowadził do fizyki teoretycznej Bruce S. DeWitt z wyraźną intencją przygotowania w ten sposób ogólnej teorii względności w jej hamiltonowskim ujęciu do zabiegu kwantowania⁷. Jak wspominałem, superprzestrzeń odznacza się bogatą strukturą. Arthur E. Fischer w swojej klasycznej już pracy⁸, wykazał, że superprzestrzeń nie jest gładką rozmaitością, lecz składa się z symetrycznie ułożonych warstw, które są rozmaitościami⁹.

Możliwe historie Wszechświata są krzywymi w superprzestrzeni, czyli ciągami 3–geometrii S_t numerowanych ciągłym parametrem t ¹⁰. Krzywe te muszą być rozwiązaniami równań Einsteina. Każde takie rozwiązanie przedstawia możliwą historię Wszechświata. Zgodnie z teorią równań różniczkowych, każdą taką historię jednoznacznie określają warunki początkowe (zadane na odpowiedniej hiperpowierzchni w superprzestrzeni). I tu właśnie można postawić pytania związane z zasadą antropiczną: dlaczego warunki początkowe określające przyszłą historię naszego Wszechświata były tego rodzaju, że w trakcie tej historii mogła zawiązać się ewolucja biologiczna (przynajmniej na jednej planecie)? Filozoficzne emocje, jakie zwykle powoduje zasada antropiczna (w jej mocniejszym sformułowaniu), są

⁶ To ostatnie stwierdzenie nie przypisuje czasowi jakiegś przyczynowości sprawczej; stwierdza ono jedynie, że czas musi spełniać rolę właściwego parametru w układzie dynamicznym.

⁷ B.S. DeWitt, *Spacetime as a Sheaf of Geodesics in Superspace*, w: *Relativity*, red. M. Carmeli, S.I. Fickler, Li. Witten, Plenum Press, New York–London, 1970, ss. 359–374.

⁸ A.E. Fischer, *The Theory of Superspace*, tamże, s. 303–357.

⁹ Warstwy te są ułożone w ten sposób, że warstwa o wyższej symetrii jest zawarta w brzegu warstw o niższej symetrii.

¹⁰ Poważną trudnością rachunkową w badaniu superprzestrzeni jest to, że nie każde dwie 3–geometrie można traktować jako dwa różne punkty w superprzestrzeni. Jeżeli jedną z dwu geometrii otrzymuje się z drugiej przez zmianę układu współrzędnych, to obie 3–geometrie reprezentują ten sam punkt. Punktami w superprzestrzeni są więc odpowiednie klasy 3–geometrii.

spowodowane faktem, iż nawet bardzo małe zaburzenie warunków początkowych wybiera nową historię, zupełnie inną od danej, wykluczającą możliwość powstania życia na jakimkolwiek jej etapie. Nie będę tu wchodził w labirynt zagadnień związanych z zasadą antropiczną; chciałbym jedynie podkreślić, że właściwym kontekstem pojęciowym do stawiania i rozważania tych zagadnień jest superprzestrzeń. Sprawę komplikuje fakt, że z matematycznego punktu widzenia superprzestrzeń ma bardzo złożoną strukturę. Matematycznie zostały zbadane tylko pewne podobszary superprzestrzeni, związane ze szczególnie prostymi (symetrycznymi) modelami kosmologicznymi; podobszary te nazywa się *minisuperprzestrzeniami*.

W dalszym ciągu pragnę zwrócić uwagę jedynie na kilka ważnych cech, jakimi musi odznaczać się kosmologiczny układ dynamiczny, by mogła w nim pojawić się ewolucja biologiczna.

5. NIELINIOWOŚĆ DYNAMIKI WSZECHŚWIATA

Charakterystyczną cechą równań Einsteina jest ich nieliniowość. Przejawem tej nieliniowości jest często w popularno–naukowych książkach powtarzany frazes, że pole grawitacyjne *zakrzywia* czasoprzestrzeń. Z jednej strony nieliniowość stwarza poważne trudności natury rachunkowej, z drugiej jednak strony ma podstawowe znaczenie dla interesującego nas zagadnienia możliwości biologicznej ewolucji. Wymieńmy kilka cech charakteryzujących nieliniowe układy dynamiczne, ważnych z tego punktu widzenia.

1. Przede wszystkim nieliniowe układy dynamiczne odznaczają się pewnego rodzaju holizmem. W przeciwieństwie do równań liniowych, suma (supepozycja) dwu rozwiązań równania nieliniowego nie jest jego nowym rozwiązaniem. Znaczy to mniej więcej tyle, że nieliniowa struktura nie może być budowana przez zwykłe dodawanie swoich części. Całość posiada pewną nadwyżkę strukturalną w stosunku do sumy swoich części. Nieliniowe oddziaływania pomiędzy częściami tworzą subtelne hierarchie (oddziaływania pomiędzy oddziaływaniami,...), których konkretna postać zależy od konkretnej postaci danego równania. W ogólnej teorii względności na ogół mamy do czynienia z silnymi wersjami nieliniowości.

2. Nieliniowość jest koniecznym, choć niewystarczającym, warunkiem istnienia deterministycznego chaosu w układzie dynamicznym. Problem istnienia chaosu w ogólnej teorii względności jest bardzo trudnym zagadnieniem, nie tylko ze względu na komplikacje rachunkowe, lecz także ze względu na fakt, że standardowe kryteria istnienia chaosu w układach dynamicznych (dodatniość tzw. wykładników Liapunowa) nie są niezmiennicze względem zwykłego przeparamet-

ryzowania czasu (trudno przypuszczać, by istnienie chaosu zależało od tego, jakim zegarem mierzy się czas!). Poważne racje teoretyczne, a także zbadane przypadki chaosu, np. w tzw. kosmologii typu Bianchi IX, pozwalają sądzić, że występowanie chaosu w relatywistycznych układach dynamicznych jest zjawiskiem typowym.

3. Efekty nieliniowe leżą u podstaw powstawania i wzrostu samoorganizujących się struktur. Wiadomo już dziś, że tego rodzaju struktury – od gromad galaktyk aż do istot żywych – mogą powstawać i ewoluować w stanach dalekich od równowagi dzięki różnym nieliniowym (grawitacyjnym, chemicznym, termodynamicznym,...) strategiom. Powstanie życia i jego ewolucja nie są więc tylko wynikiem działania przypadku i naturalnej selekcji, lecz również następstwem nieliniowego charakteru układu dynamicznego, jakim jest Wszechświat. Należy wszakże pamiętać, że działanie przypadkowych fluktuacji i naturalnej selekcji nie jest czymś zewnętrznym w stosunku do nieliniowej dynamiki. Nieliniowe układy dynamiczne są ze swej natury układami otwartymi, a więc wrażliwość na warunki zewnętrzne (a do takich należą przypadkowe fluktuacje i selekcja) są częścią ich nieliniowej strategii.

6. KILKA UWAG ZAMIAST ZAKOŃCZENIA

Przed wszystkim czego w niniejszym studium nie osiągnęliśmy i nie zamierzaliśmy osiągnąć? Nieliniowa dynamika Kosmosu nie wyjaśnia zagadki powstania i ewolucji życia. Chociaż coraz lepiej rozumiemy fizyczne podstawy życia, od rozwiązania tej zagadki jesteśmy ciągle jeszcze bardzo daleko. Do jej rozwiązania musimy się zbliżyć przez bardzo szczegółowe badania z zakresu rozmaitych nauk, które mogą rzucić jakieś światło na to trudne zagadnienie. Kosmologia jest tylko jedną z tego rodzaju dyscyplin. Jej zadanie polega jedynie na przygotowaniu sceny, na której mogą się rozegrać procesy badane przez inne nauki.

W niniejszym studium wyszliśmy od niewątpliwego faktu empirycznego, stwierdzającego istnienie życia i jego ewolucji na jednej z planet, i to życia o pewnych znanych już dość dobrze właściwościach. Następnie zapytaliśmy o warunki, jakie musi spełniać Wszechświat, by ten fakt mógł zaistnieć. Nasz wniosek jest dosyć ogólnikowy: Wszechświat musi być nielinowym układem dynamicznym, dopuszczającym istnienie mechanizmów odpowiedzialnych za proces samoorganizacji (w szczególności dopuszczającym pewien stopień chaosu deterministycznego). Okazało się, że nie wszystkie teoretycznie dopuszczalne relatywistyczne modele Wszechświata spełniają te warunki, ale istnieje klasa modeli kosmologicznych, które te warunki spełniają. Model z dobrym przybliżeniem opisujący nasz Wszech-

świat musi należeć do tej klasy. Dowodem na to jest istnienie w nim życia i ewolucji.

Istnienie życia i ewolucji na naszej planecie spełnia więc rolę testu kosmologicznego i kosmologia relatywistyczna test ten przechodzi pomyślnie, dopuszcza bowiem takie modele Wszechświata, w których życie może powstać i ewoluować. Gdyby nasz świat był liniowym układem dynamicznym, na zawsze musiałby pozostać jałowy i martwy – żadna istotnie nowa struktura nie mogłaby w nim powstać.

Kosmologia pozwala zatem sformułować warunki konieczne (choć na pewno nie wystarczające) do powstania i ewolucji życia, ale i odwrotnie – sam fakt istnienia życia i jego ewolucji na naszej planecie pozwala dowiedzieć się czegoś o Wszechświecie w jego największej skali. W tym sensie ewolucja życia jest faktem o wymiarach kosmologicznych.

COSMOLOGICAL SIGNIFICANCE OF BIOLOGICAL EVOLUTION

Summary

The point of departure by the author of this paper is an empirical fact telling on the existence of life and its evolution on one of the planets that is a life of its certain already well known properties. The next question by the author is what conditions have to be created by the Universe for the life to emerge. The conclusion is that the Universe has to be a non-linear and dynamic system to admit the existence of mechanisms responsible for the process of self-organization (and, in particular, to admit a certain degree of a deterministic chaos).

It was found that not all theoretically acceptable relativist models of the Universe satisfy the conditions but there exist a class of cosmological models which satisfy them. A model giving a good approximative description of pur Universe should belong to this class. A proof of that is the existence in it of life and evolution.

The cosmology allows to determine conditions indispensable for the emergence of life and its evolution, as well as the fact itself of the existence of life and the evolution of it, allow to learn something about the Universe in its highest scale.