ROCZNIKI FILOZOFICZNE
Tom XXXVII-XXXVIII, zeszyt 3 – 1989-1990

JÓZEF TUREK

ZAŁOŻENIA PROBLEMATYKI NIESKOŃCZONOŚCI WSZECHŚWIATA W KOSMOLOGII ROBERTSONA-WALKERA

1. WPROWADZENIE

Zagadnienie nieskończoności Wszechświata posiada swoją wielowiekową historię i należy do tych zagadnień, które na przestrzeni wieków jawią się jako ciągle aktualne i wciąż interesujące człowieka[1]. Jest to bowiem zagadnienie nie tylko samo w sobie bardzo ciekawe, ale również w przekonaniu wielu filozofów posiadające pewien wydźwięk światopoglądowy[2]. Człowiek w swych dążeniach poznawczych pragnie zrozumieć i wyjaśnić otaczający go świat, pragnie określić swoje miejsce w tym świecie i dlatego wcześniej czy później staje przed pytaniem o czasowe i przestrzenne rozmiary Wszechświata[3].

Odpowiedzi na to pytanie starała się w przeszłości udzielać głównie filozofia, ale jak wiadomo bez większych w tym względzie osiągnięć[4]. Stąd też powstanie kosmologii relatywistycznej, wykorzystującej einsteinowską teorię grawitacji do opisu wielkoskalowych struktur Wszechświata, obudziło nadzieje, jeśli nie na całkowite rozwiązanie problemu, to przynajmniej na jego nowe naświetlenie[5]. Kosmologia stała się tym samym główną areną dyskusji nad problematyką nieskończoności Wszechświata, wysuwając w tym względzie swoje własne propozycje sięgające nawet możliwości empirycznego rozstrzygania omawianej kwestii. Pociągnęło to za sobą znaczny wzrost zainteresowań wysuwanymi rozwiązaniami i to zarówno od strony przedmiotowej, jak i metaprzedmiotowej. Zaczęto nie tylko uściślać i rozwijać poczynione wcześniej rozważania, ale również coraz głębiej analizować ich podstawy logiczno-metodologiczne[6]. Zaczęto pytać o założenia tkwiące u podstaw proponowanych rozwiązań, zwłaszcza o te, które w bardziej bezpośredni sposób zdają się wpływać na takie a nie inne rozwiązania.

Do tych właśnie metaprzedmiotowych analiz problematyki nieskończoności Wszechświata pragnie nawiązać niniejszy artykuł, stawiając sobie za cel nie tyle prezentację samej koncepcji nieskończoności Wszechświata wysuwanej w ramach tzw. kosmologii Robertsona-Walkera, co raczej przeanalizowanie założeń tkwiących u podstaw tej koncepcji. Ograniczenie rozważań do kosmologii Robertsona-Walkera, a więc do tych relatywistycznych modeli Wszechświata, których czasoprzestrzeń jest opisywana metryką Robertsona-Walkera[7], wydaje się być uzasadnione kilkoma racjami. Przede wszystkim kosmologia ta jest w stanie zaproponować w miarę całościowe, a przy tym nie zrywające radykalnie z dotychczasowym[8], podejście do problematyki nieskończoności Wszechświata, wskazując ponadto na możliwości empirycznego testowania w tym względzie. Z drugiej zaś strony, mimo tak wielkich uproszczeń, zanotowała ona znaczne osiągnięcia w opisie realnego Wszechświata, pozostając w zastanawiająco dobrej zgodności z istniejącymi obserwacjami. Z racji zaś swojej prostoty stanowi najbardziej rozpowszechnione kompendium wiedzy o Wszechświecie, a jej propozycje z zakresu problematyki nieskończoności wydają się nie mieć wyraźnej alternatywy w ramach innych teorii kosmologicznych.

Podjęte analizy dotyczyć będą głównie tych założeń problematyki nieskończoności Wszechświata wysuwanej w ramach kosmologii Robertsona-Walkera, które stanowią jej nieodłączną całość. Nie dają się więc swobodnie oddzielić od samej problematyki, a ich obecność warunkuje zarówno możliwości proponowania rozwiązań, jak i prowadzenia samych rozważań. Pominięte natomiast zostaną wszystkie założenia o charakterze bardziej ogólnym, a więc nie pozostające w bezpośrednim związku z poruszaną problematyką i w jakiś sposób poza nią wykraczające, o których można by powiedzieć, że stanowią tzw. bazę zewnętrzną nauk przyrodniczych[9].

Analizy te wydają się być interesujące i uzasadnione z tej racji, że jak się okazuje, strona założeniowa nadaje proponowanym rozwiązaniom głębsze ich zrozumienie, pozwalające równocześnie lepiej ocenić ich wartość poznawczą. Z drugiej strony tego rodzaju rozważania prowadzą do lepszego zrozumienia samej struktury kosmologii, która bardziej niż inne dyscypliny przyrodnicze zmuszona jest do przyjmowania różnego rodzaju założeń.

Realizacja podjętego zadania, to jest możliwie całościowe przedstawienie wspomnianych założeń, wymaga uprzednio chociażby skrótowego zarysowania wysuwanej w ramach kosmologii Robertsona-Walkera problematyki nieskończoności Wszechświata. Tylko wtedy możliwe będzie dostrzeżenie istniejących założeń oraz uświadomienie sobie ich roli, jaką w całości problematyki odgrywają.

2. KONCEPCJA NIESKOŃCZONOŚCI WSZECHŚWIATA W KOSMOLOGII ROBERTSONA-WALKERA

Pojęcie "nieskończoność Wszechświata" nie posiada jednoznacznie określonej treści. Dzieje się tak dlatego, że z jednej strony sam termin "nieskończoność" jest wieloznaczny i może być rozumiany na wiele sposobów w zależności od płaszczyzny poznawczej, w jakiej jest stosowany[10], a z drugiej - istnieją różne koncepcje pojęcia "Wszechświat "[11], któremu z kolei przypisuje się różne aspekty. Do każdego zaś z tych aspektów można odnieść cechę nieskończoności[12].

Na przestrzeni wieków pojmowanie nieskończoności przyjmowało różne oblicza[13]. Przez długie lata dominowało wywodzące się od Arystotelesa a oparte na intuicji określenie nieskończoności jako braku granicy. Nieskończonym jest taki zbiór, do którego można ciągle dobierać z zewnątrz jakiś nowy element, a więc można go ciągle powiększać i nigdy w tym procesie nie dochodzi się do jakiejkolwiek granicy czy kresu[14]. Rozwój jednak, między innymi matematyki, odsłonił braki takiego określenia. Powstanie bowiem rachunku nieskończonościowego, geometrii nieeuklidesowych oraz teorii mnogości wskazało na istnienie nie tylko nowych typów nieskończoności, ale również przestrzeni nieograniczonych, a przy tym skończonych. Zrodziła się więc konieczność uściślenia i uzupełnienia dotychczasowego stanowiska nowym, szerszym podejściem[15].

Ważną rolę zaczęła w związku z tym odgrywać teoria mnogości. Zajmując się zbiorami nieskończonymi szczegółowo analizuje różne ich własności, dając przy tym ścisłe ich określenia. Powszechnie przyjmuje się następującą definicję. Zbiór X nazywa się skończonym, jeżeli jest równoliczny ze zbiorem liczb naturalnych /1, 2, ..., n/ dla pewnego naturalnego n. W przeciwnym wypadku mówimy, że zbiór X jest nieskończony[16]. Innymi słowy zbiór nieskończony to taki zbiór, który posiada nieskończoną liczbę elementów, tzn. jest równoliczny ze zbiorem wszystkich liczb naturalnych. Nazywa się go nieskończonym zbiorem przeliczalnym i przyporządkowuje się mu liczbę kardynalną zwaną alef-zero[17]. Jest to najmniejsza liczba kardynalna nieskończona oznaczająca moc nieskończonego zbioru przeliczalnego[18]. Ponieważ zbiór wszystkich liczb rzeczywistych nie jest zbiorem przeliczalnym[19], liczba kardynalna więc odpowiadająca takiemu zbiorowi jest większa od alef-zero i nosi nazwę mocy kontinuum[20]. Jest to nieskończoność wyższego rzędu, nieskończenie bogatsza od zbioru wszystkich liczb naturalnych, a geometrycznie odpowiada jej moc zbioru wszystkich punktów odcinka, kwadratu, koła, sześcianu, kuli itd.[21] Wykorzystując zaś pojęcie booleanu oraz znane twierdzenie Cantora orzekające, że żaden zbiór nie jest równoliczny ze swym booleanem, można konstruować coraz większe liczby kardynalne nieskończone. W efekcie otrzymuje się nieskończenie wiele nieskończonych liczb kardynalnych[22]. Nie istnieje zatem zbiór o największej mocy, tak jak nie istnieje największa liczba. Można więc powiedzieć, że szereg wielkości nieskończonych jest nieskończony[23].

Widać więc, że teoria mnogości posługuje się bardzo precyzyjnym aparatem pojęciowym w zakresie zbiorów nieskończonych, co pozwala nie tylko na uporządkowanie naszej wiedzy w tym względzie, ale również na znaczne jej rozszerzenie. Należy jednak pamiętać, że jest to wiedza zbyt ogólna, bardzo abstrakcyjna i tym samym niewystarczająca przy bezpośredniej charakterystyce układów kosmicznych. Trudno bowiem wyobrazić sobie, w jaki sposób te ogólne pojęcia teoriomnogościowe mogłyby okazać się przydatne przy określaniu nieskończoności realnego Wszechświata, zwłaszcza że chciałoby się znaleźć empiryczne rozstrzygnięcie problemu. Wszelkie zatem tego rodzaju próby mogą same w sobie być ciekawe[24], ale z pewnością nie wyczerpują zagadnienia i nie są w stanie doprowadzić do zasadniczych rozstrzygnięć[25].

Szukać należy więc nowego podejścia zapewniającego większe powodzenie, chociaż nie rezygnującego z ustaleń teoriomnogościowych. Wydaje się, że wymogi te może spełnić geometria, która badając różnego rodzaju relacje przestrzenne, staje również przed problemem nieskończoności. Zadaniem więc dalszych rozważań będzie próba wykorzystania niektórych dobrze zdefiniowanych pojęć geometrycznych do możliwie adekwatnego określenia głównych treści związanych z pojęciem nieskończoności. Problemem pozostaje wybór tych pojęć.

Od czasu pamiętnego wystąpienia Felixa Kleina w 1872 r. formułującego tzw. program z Erlangen okazało się, że podstawowe własności geometryczne można traktować jako teorię niezmienników pewnych grup przekształceń[26]. Zgodnie więc z istniejącymi typami przekształceń wyróżnia się własności topologiczne, konforemne, rzutowe, afiniczne i metryczne przestrzeni. Każdej z otrzymanych w ten sposób przestrzeni można przypisać cechę nieskończoności, co prowadziłoby w konsekwencji do różnych typów nieskończoności[27].

Traktując jednak geometrię jako matematyczny opis realnej przestrzeni, bardziej słusznym wydaje się stanowisko ujmujące różne typy własności geometrycznych jako różne sposoby opisu tej samej rzeczywistej przestrzeni fizycznej, w której dają się wyróżnić poszczególne ze sobą powiązane struktury. Byłaby więc jedna nieskończoność odnosząca się do rzeczywistej przestrzeni, którą można by charakteryzować za pomocą pojęć należących do różnych struktur czy też własności tej przestrzeni. Rodzi się jednak pytanie, które z tych bardzo zróżnicowanych własności nadają się najlepiej do charakteryzowania i uściślenia pojęcia nieskończoności.

Biorąc pod uwagę fakt, że realnie istniejąca przestrzeń posiada pewną strukturę metryczną, która niejako automatycznie wyznacza pewną jej topologię[28] oraz to, że Ogólna Teoria Względności /OTW/ tkwiąca u podstaw relatywistycznych modeli Wszechświata zakłada metryczną strukturę czasoprzestrzeni[29], wydaje się słusznym, by własności metryczne i topologiczne traktować jako podstawowe struktury realnej przestrzeni. Inne natomiast cechy, takie jak konforemność, rzutowość czy afiniczność są raczej czystymi abstraktami niewiele wnoszącymi do opisu realnych przestrzeni fizycznych[30]. Zatem ostatecznie z pojęciami metrycznymi i topologicznymi wiązane będą możliwości głębszej eksplikacji pojęcia nieskończoności Wszechświata[31]. Podkreślić należy przy tym konieczność uwzględniania obu tych płaszczyzn równocześnie, mimo że przestrzeń metryczna zawsze wyznacza jakąś przestrzeń topologiczną. Pomijając fakt, że sytuacja odwrotna jest niemożliwa[32], a także to, iż z reguły jednej metryce odpowiada wiele możliwych topologii[33], należy zdać sobie sprawę, iż w ogólnym przypadku nie ma jednoznacznej odpowiedniości pomiędzy poszczególnymi własnościami metrycznymi i topologicznymi. Znaczy to, że zasadniczo dane własności metryczne nie pociągają za sobą z konieczności określonych własności topologicznych, czego przykładem może być fakt, iż trójwymiarowym przestrzeniom o stałej dodatniej krzywiźnie odpowiada nieskończenie wiele różnych form topologicznych[34].

W przypadku kosmologii relatywistycznej sytuacja jeszcze bardziej się komplikuje. Mamy tu bowiem do czynienia z przestrzeniami pseudometrycznymi[35], a einsteinowskie równania pola grawitacyjnego są lokalne, tzn. zależności między tensorami $g_{\mu\nu}$ i $T_{\mu\nu}$ są ustalane w każdym punkcie. Zatem geometria modeli kosmologicznych jest określana lokalnie, czyli w sąsiedztwie każdego punktu[36]. Stwarza to jeszcze większe możliwości dla zróżnicowania odpowiadających jej globalnych struktur topologicznych[37].

Przechodząc obecnie do omówienia pojęć metrycznych znajdujących zastosowanie przy definiowaniu nieskończoności dostrzegamy, że tradycyjne określenie nieskończoności jako nieograniczoności jest tego wyraźnym przykładem.

Ograniczoność lub nieograniczoność zbioru stanowi jego własność metryczną, to znaczy jest definiowana za pomocą metrycznego pojęcia średnicy zbioru[38]. Zbiór A nazywamy ograniczonym wtedy, gdy jego średnica $\delta /A/ < \infty$[39]. Innymi słowy przestrzeń metryczna jest ograniczona, gdy odległość punktów w niej nie przekracza pewnej skończonej liczby rzeczywistej[40]. W przeciwnym razie przestrzeń ta jest nieograniczona, czyli $\sim [\delta /A/ < \infty]$[41].

Z definicji tej widać wyraźnie, że nieograniczona przestrzeń metryczna winna być również przestrzenią nieskończoną. Jest to nieskończoność w sensie rozciągłości, a więc wskazująca na nieskończone rozmiary danej przestrzeni[42]. Ponieważ przez rozciągłość rozumie się maksymalną odległość między punktami jakiejś przestrzeni[43], nieskończoność więc ta może przysługiwać jedynie przestrzeniom metrycznym. Jest to najbliższe naszym intuicjom pojęcie nieskończoności, najlepiej odpowiadające przestrzeniom euklidesowym, w których metryka utożsamia się z rozciągłością[44]. Swoją prostotą wyróżnia się ona od innych rodzajów nieskończoności odnoszących się bądź do liczby punktów przestrzeni, bądź też do jej uporządkowania, miary lub podzielności[45]. Są one bowiem zbyt abstrakcyjne, pomijają metryczne własności przestrzeni i jako takie nie wydają się być bezpośrednio przydatne w określaniu nieskończoności realnego Wszechświata.

Nie znaczy to jednak, że określenie nieskończoności jako nieograniczoności jest określeniem w pełni zadowalającym[46]. Przede wszystkim pojęcia przestrzeni nieograniczonej nie należy utożsamiać z brakiem ograniczenia zbioru, brakiem kresu czy brzegu. Są to bowiem pojęcia topologiczne nie pozostające, jak wykazuje analiza ich treści, w bezpośrednim związku z zagadnieniem nieskończoności[47]. Ponadto istnieje zasadnicza trudność z teoretycznym rozstrzyganiem czy dana konkretna przestrzeń metryczna jest ograniczona, czy też nie. Występujące bowiem w definicji zbioru ograniczonego pojęcie średnicy tego zbioru jako kresu górnego punktów zakłada uprzednie uporządkowanie zbioru[48]. Pozostaje to, jak się wydaje, w związku ze wspomnianą wcześniej koniecznością uwzględnienia przy określaniu nieskończoności obok cech metrycznych również własności topologicznych. Bez nich bowiem jednoznaczne rozstrzygnięcie o ograniczoności czy też nieograniczoności danej przestrzeni, a więc i jej nieskończoności jest niemożliwe. W dodatku powyższe określenie nieskończoności nie uwzględnia w sposób wyraźny faktu istnienia przestrzeni zakrzywionych, co nie pozostaje bez wpływu na ścisłość tego określenia[49]. Krzywizna charakteryzująca te przestrzenie jawi się jako jedna z podstawowych własności metrycznych i jako taka wskazała na nowe, bardziej ogólne możliwości określenia pojęcia nieskończoności. Powszechnie bowiem przyjmuje się, iż zerowa i ujemna krzywizna wskazuje na nieskończoność przestrzeni, a krzywizna ~~ujemna~~ dodatnia - na jej skończoność[50]. Wynika to stąd, że niemal równocześnie z pojawieniem się geometrii nieeuklidesowych dostrzeżono opierając się na badaniach krzywizny powierzchni, że stała dodatnia krzywizna odpowiada geometrii sferycznej, krzywizna ujemna - geometrii hiperbolicznej, a krzywizna zerowa - geometrii euklidesowej. Krzywizna stała się więc kryterium wyróżniającym te geometrie[51]. Z kolei intuicje związane z powierzchniami płaskimi i hiperbolicznymi wskazały na ich otwartość przy równoczesnej zamkniętości powierzchni sferycznych. Prowadziło to niemal automatycznie do przekonania, że przestrzenie otwarte posiadają objętości nieskończone, a zamknięte, czyli sferyczne - objętości skończone[52]. Ponieważ zaś w rozumieniu potocznym nieskończoność przestrzeni jest utożsamiana z nieskończonością jej objętości[53], związki więc między znakiem krzywizny a nieskończonością stają się zrozumiałe.

Samo zaś pojęcie objętości w swym najbardziej ogólnym znaczeniu jest rozpatrywane w ramach tzw. teorii miary[54]. Mówi się wtedy o objętości w sensie na przykład miary Jordana jako o wspólnej wartości miary zewnętrznej i wewnętrznej Jordana dla danego obszaru[55]. Z istoty teorii miary znajdującej wyraz w powyższej definicji objętości wynika, że objętość ta może być określana bez konieczności uciekania się do metryki[56]. Widać to w wypadku przestrzeni afinicznej. Jeżeli został w niej określony układ współrzędnych $/x^1,...,x^n/$, to objętością bryły D nazywa się niezmiennik względny V_D będący n-krotną całką

$$V_D = \int_D dx^1 dx^2 ... dx^n$$

rozciągnięta na obszar D i przekształcającą się do nowego układu według wzoru

$$V'_D = \left| \det A^i_i \right| V_D$$

Tak określana objętość danej bryły nie wyraża się jakąś konkretną liczbą, lecz zmienia się ze zmianą układu współrzędnych. Niemniej charakteryzuje ona przestrzenną rozciągłość ciała niezależnie od jego kształtu i położenia, podobnie jak wyrażająca się liczbowo objętość w zwykłej przestrzeni[57]. Zatem objętość jawi się jako pojęcie, które nakłada na rozmaitość mniejsze ograniczenia niż sama metryka. W konsekwencji znając metrykę można jednoznacznie wyznaczyć objętość w postaci pewnej wartości liczbowej[58]. W przypadku przestrzeni Riemanna wartość ta dana jest wzorem

$$W_D = \int_D \sqrt{|g|}\, dx^1 \ ... \ dx^n \ ^{59}.$$

Własności metryczne okazują się zatem nieodzowne do jednoznacznego wyznaczenia objętości, a tym bardziej do rozstrzygnięcia o jej skończoności czy też nieskończoności. Chodzi tu bowiem o nieskończoność w sensie rozciągłości. Próby więc określenia nieskończoności przestrzeni za pomocą jej krzywizny nie są pozbawione racji, ale nie jest to określenie w pełni adekwatne. Wymaga bowiem, jak było to już wspominane, uzupełnienia odpowiednią charakterystyką topologiczną, w świetle której dopiero podejście metryczne nabiera właściwego znaczenia. Powstaje jednak pytanie, jakie konkretnie mają to być własności topologiczne.

Na pierwszy rzut oka wydawałoby się, że chodzi tu o brak ograniczenia zbioru, brak jego brzegu lub kresu. Bliższa jednak analiza treściowa tych pojęć wskazuje, że tak nie jest.

Ograniczenie zbioru definiuje się jako różnicę domknięcia zbioru A i jego wnętrza lub jako iloczyn domknięcia zbioru A i domknięcia dopełnienia zbioru A, co zaspisuje się w postaci

$$Fr/A/ = \bar{A} - \mathrm{Int}\, A = \bar{A} \cap /\overline{X-A}/ \text{ [60]}.$$

Ograniczenie zbioru jest więc pojęciem topologicznym, a z jego definicji wynika, że ograniczenie całej przestrzeni topologicznej jest puste. Natomiast jeśli zbiór jest domknięty, to zawiera swoje ograniczenie, podczas gdy zbiór otwarty ograniczenia swojego nie zawiera. W wypadku więc zbiorów domkniętych pojęcie ograniczenia zbioru pokrywa się ze spotykanym również w topologii pojęciem brzegu zbioru[61] i stąd pojęcia te są często ze sobą utożsamiane, zwłaszcza w języku potocznym.

Przytoczone określenia wskazują wyraźnie, że topologiczne pojęcia braku ograniczenia czy brzegu danej przestrzeni wcale nie implikują jej nieskończoności. Orzekają one jedynie, mówiąc potocznie, że można się w przestrzeni poruszać "bez końca". Nigdy nie natrafi się na coś, co mogłoby być /intuicyjnie mówiąc/ nazwane "brzegiem" przestrzeni, poza którym już niczego nie ma. Niemożliwe jest natrafienie na takie miejsce, z którego nie ma już dalszej drogi, a jedynie powrót drogą przebytą[62]. Zatem pojęcia te nie są w stanie wnieść nic nowego do charakterystyki nieskończoności i dlatego należy szukać innych możliwości.

Wydaje się, że użytecznym będzie tutaj pojęcie niezwartości przestrzeni, stanowiące razem z jego zaprzeczeniem, tj. zwartością, jedną z podstawowych własności przestrzeni topologicznych[63]. Samo pojęcie zwartości zbioru jest uogólnieniem własności bycia zbiorem domkniętym i ograniczonym w przestrzeni euklidesowej[64], co jak wiadomo stanowi istotę tradycyjnego określenia skończoności. Ponadto w definicji zwartości występuje pojęcie pokrycia skończonego, co sugerowałoby, że słowu "skończony" /w jego intuicyjnym znaczeniu/ należałoby przypisać jako precyzyjny odpowiednik termin "zwarty"[65].

Przestrzeń topologiczną X nazywa się zwartą, gdy z każdego jej pokrycia otwartego można wybrać pokrycie skończone[66].

Natomiast przestrzeń X jest niezwarta, gdy nie jest ona zwarta. Intuicyjnym odpowiednikiem pojęcia zwartości przestrzeni jest jej własność polegająca na tym, że jej punkty są "blisko siebie", są "ściśnięte"[67]. Natomiast cecha niezwartości przestrzeni przejawia się, mówiac obrazowo, w tym że przestrzeń taka zawiera linie otwarte[68]. Innymi słowy układ współrzędnych /przypisujący punktom przestrzeni liczby rzeczywiste jako ich współrzędne/ przebiega wszystkie liczby rzeczywiste, cały ich zbiór, a nie np. jakiś zwarty przedział tego zbioru[69]. W efekcie, w wypadku przestrzeni niezwartej przynajmniej jedna ze współrzędnych, po których dokonuje się całkowania we wzorze na objętość, przebiegać może cały zbiór liczb rzeczywistych, dając tym samym nieskończoną objętość takiej przestrzeni. Cecha niezwartości jest więc warunkiem koniecznym takiego określenia, ale sama tu nie wystarczy. Nieskończoność bowiem co do rozciągłości, o jakiej tu mowa, jest ze swej natury powiązana z metrycznymi własnościami przestrzeni i dlatego własności te muszą w tym określeniu być uwzględnione.

Mając w miarę zadowalające określenie pojęcia nieskończoności należy z kolei zastanowić się nad sposobem jego wykorzystania do charakterystyki nieskończoności Wszechświata opisanego przez kosmologię Robertsona-Walkera. Wymagać to będzie chociażby skrótowego przedstawienia istotnych własności przypisywanych Wszechświatowi przez tę kosmologię.

W potocznym przekonaniu Wszechświat jest rozumiany jako zbiór wszystkich obiektów fizycznych istniejących w czasie i przestrzeni. Można więc mówić o jego nieskończoności przestrzennej, czasowej czy też mnogościowej, biorąc w tym ostatnim wypadku pod uwagę nieskończoną ilość rzeczy, zdarzeń czy zjawisk wchodzących w jego skład.

W kosmologii relatywistycznej bada się przede wszystkim czasoprzestrzenną strukturę Wszechświata, która poprzez równania pola OTW powiązana jest z zawartą w niej materią[70]. Pytanie zatem o nieskończoność Wszechświata stawiane tam jest przed wszystkim pytaniem o jego czasoprzestrzenną nieskończoność. Wprawdzie sama czasoprzestrzeń jest dobrze zdefiniowanym tworem fizycznym, posiadającym na gruncie teorii względności charakter absolutny, to jednak zasadnicze różnice między czasem i przestrzenią nie ulegają w nim zatarciu. Nie mierzy się bezpośrednio wielkości czasoprzestrzennych, ale osobno czas i osobno przestrzeń, i dopiero z nich składa się interwały czasoprzestrzenne[71]. Stąd pytanie o czasoprzestrzenną nieskończoność Wszechświata jest pytaniem zbyt abstrakcyjnym, pozbawionym tych wszystkich intuicji, jakie na przestrzeni wieków wiązano bądź z nieskończonością czasową, bądź też z nieskończonością przestrzenną Wszechświata. Powrót do takiego właśnie traktowania problemu zapewnia kosmologia Robertsona-Walkera, w której na mocy przyjętych założeń następuje niejako automatycznie rozdział czasoprzestrzeni osobno na czas i osobno na przestrzeń. W konsekwencji problematyka nieskończoności Wszechświata podejmowana w ramach tej kosmologii sprowadza się zasadniczo do jej wymiaru czasowego i przestrzennego. Pomija się natomiast inne jej aspekty, np. mnogościowy, które wymykają się właściwie spod metod stosowanych w kosmologii[72].

Dalsza zatem eksplikacja pojęcia nieskończoności Wszechświata funkcjonującego w kosmologii Robertsona-Walkera zmierzać będzie do wyeksponowania osobno treści związanych z jego nieskończonością przestrzenną.

W odniesieniu do czasowej nieskończoności Wszechświata podana wcześniej charakterystyka metryczna i topologiczna przybiera dosyć istotne uproszczenia. Przypisując czasowi cechę bycia zbiorem typu linii, czyli cechę jednowymiarowości, spójności i nierozgałęzioności[73] sprowadza się określenie czasowej nieskończoności do pytania: czy czas jako zbiór momentów jest ograniczony albo nieograniczony oraz czy ma momenty końcowe albo ich nie ma[74]. Jest to zatem podwójna, metryczna i topologiczna, charakterystyka pojęcia nieskończoności czasu dająca w konsekwencji kilka różnych możliwości, tj.: A czas jest ograniczony i posiada jeden lub dwa momenty końcowe, co przejawia się w postaci dwóch modeli: czasu-odcinka jednostronnie domkniętego /jeden moment końcowy/ oraz czasu-odcinka domkniętego /dwa momenty końcowe/; B. czas jest ograniczony i nie posiada momentów końcowych, co jest realizowane przez model czasu-okręgu lub czasu-odcinka otwartego; C. czas jest nieograniczony i posiada jeden moment końcowy /jeśli posiada dwa momenty końcowe, to jest ograniczony/. Jest to model czasu-półprostej z momentem końcowym; D. czas jest nieograniczony i nie posiada momentów końcowych, czego obrazem jest model czasu-prostej. Zwartymi modelami są tylko czas-okrąg i czas-odcinek domknięty. Pozostałe modele są modelami niezwartymi[75].

Z analizy tej wynika, że istota problemu nieskończoności czasu sprowadza się do udzielenia odpowiedzi na pytanie o model czasu[76]. Odnosząc to pytanie do podjętej w artykule problematyki, będzie chodziło o odpowiedź, który z powyższych modeli czasu jest realizowany przez najbardziej prawdopodobny, tj. pozostający w najlepszej zgodności z danymi obserwacyjnymi, model Wszechświata proponowany przez kosmologię Robertsona-Walkera. Ponieważ wiele wskazuje na to, że aktualny Wszechświat jest najlepiej opisywany przez model ekspandujący od pewnego wyróżnionego w przeszłości momentu zwanego osobliwością początkową[77], tym samym więc realizowany byłby model czasu-półprostej, czyli Wszechświat byłby ograniczony w czasie od strony przeszłości.

Modelu takiego nie chcą jednak przyjąć wszyscy ci, którzy z racji filozoficznych opowiadają się za czasową nieskończonością Wszechświata. Widzą bowiem w nim, jeśli nie zaprzeczenie, to z pewnością poważne trudności pogodzenia tezy o wieczności Wszechświata z obecnością osobliwości początkowej w modelach kosmologicznych[78]. Stąd wielorakie próby usunięcia osobliwości z tych modeli lub ich uzgodnienia z tezą filozoficzną[79].

Wydaje się jednak, że akceptowany dosyć powszechnie przez kosmologów model z osobliwością początkową nie musi przesądzać o wynikach sporu co do filozoficzno-światopoglądowej strony zagadnienia czasowej skończoności czy też nieskończoności Wszechświata. Idąc bowiem za tezą G. Lemaître'a można przyjąć, że proponowany przez kosmologię czasowy początek Wszechświata ma charakter względny i dotyczy początku ekspansji i ewolucji aktualnego Kosmosu. Tym samym pozostaje on poza problematyką filozoficzno-teologiczną, dla której czasowy początek świata ma charakter absolutny w sensie stworzenia z niczego[80].

Przechodząc z kolei do charakterystyki przestrzennej nieskończoności Wszechświata podkreślić należy większą jej złożoność i zróżnicowanie niż miało to miejsce w przypadku czasu.

Przede wszystkim chodzi tu o pewne szczególne przestrzenie, którymi są izotropowe i jednorodne trójwymiarowe hiperpowierzchnie wyznaczone przez cięcia czasu kosmicznego t = const. Są to więc trójwymiarowe przestrzenie riemanowskie o stałej krzywiźnie opisywane metryką:

$$ds^2 = R^2 /t/ \left[d\chi^2 + \sin^2\chi \, d(\sim)^2 + \sin^2(\sim) d\varphi^2 \right].$$

W zależności od znaku krzywizny K = +1, -1, 0 będą to odpowiednio przestrzenie sferyczne, hiperboliczne lub euklidesowe. Zakłada się ponadto dynamiczny charakter tych przestrzeni, tzn. że w zależności od typu modelu przestrzenie te zwiększają lub zmniejszają z czasem swoją objętość[81].

Biorąc zaś pod uwagę możliwości obserwacyjne w takich przestrzeniach, to wskutek występowania w szeregu modeli tzw. horyzontów zdarzeń lub cząstek, są one wyraźnie ograniczone[82]. W tym więc sensie Wszechświat byłby przestrzennie ograniczony i tym samym skończony. Widać więc, że w zakres problematyki przestrzennej nieskończoności Wszechświata wchodzą zarówno czynniki czysto geometryczne, jak i dynamiczne oraz fizyczne. Wydaje się jednak, że najbardziej podstawowymi są tu czynniki geometryczne i dlatego przynajmniej w pierwszym przybliżeniu zagadnienie przestrzennej nieskończoności Wszechświata analizowane będzie w tym właśnie sensie.

Wykorzystując pojęcie krzywizny przestrzeni oraz topologicznej cechy zwartości czy też niezwartości przestrzeni można okazać, że trójwymiarowe przestrzenie proponowanych przez kosmologię Robertsona-Walkera modeli Wszechświata mogą być skończone lub nieskończone. Zakładając bowiem odpowiednio do znaku krzywizny najprostsze z możliwych topologii, tj. dla k = +1 - topologię trójwymiarowej sfery /S^3/, dla k = 0 - topologię trójwymiarowej przestrzeni euklidesowej /R^3/ oraz dla k = -1 - topologię trójwymiarowej pseudosfery /H^3/, otrzymuje się dla modeli o krzywiźnie dodatniej objętości skończone, a dla modeli o krzywiźnie zerowej i ujemnej objętości nieskończone[83].

Kosmologia ta idzie jeszcze dalej, wskazując na możliwości empirycznego rozstrzygnięcia o przestrzennej skończoności czy też nieskończoności realnego Wszechświata. W proponowanych przez nią modelach ustalane są związki pomiędzy znakiem krzywizny przestrzeni i pewnymi wielkościami mierzalnymi, tzw. obserwablami, z których najważniejsze to średnia gęstość materii Wszechświata i tzw. parametr hamowania. Prowadzi to do możliwości empirycznego określenia znaku krzywizny przestrzeni realnego Wszechświata, a w konsekwencji do rozstrzygnięcia o jego przestrzennej skończoności czy też nieskończoności[84].

Pomijając techniczne trudności z dokładnym wyznaczeniem wartości wspomnianych parametrów propozycje te wydają się na pierwszy rzut oka bardzo optymistyczne, dzięki czemu kosmologia Robertsona-Walkera zyskała sobie pewien rozgłos. Sprawa nie przedstawia się jednak tak prosto. Należy bowiem pamiętać, że propozycje te zostały wysunięte przy założeniu, iż poszczególnym krzywiznom odpowiadają najprostsze z możliwych topologii. Powstaje pytanie, czy nie ma innych możliwości. Okazuje się, że są.

Z rozważań tzw. problemu Clifforda-Kleina[85] widać ogromną różnorodność form topologicznych odpowiadających przestrzeniom o stałych krzywiznach. Jak dotąd problem ten został najlepiej przebadany dla trójwymiarowych przestrzeni o stałej krzywiźnie. Podana została całościowa klasyfikacja trójwymiarowych form topologicznych dla przestrzeni euklidesowych i sferycznych[86] oraz niekompletna jeszcze, o ile wiadomo, klasyfikacja dla przestrzeni hiperbolicznych[87]. Okazało się przy tym, że trójwymiarowym przestrzeniom o stałej dodatniej krzywiźnie odpowiada nieskończenie wiele różnych form topologicznych, z których wszystkie są formami zwartymi. Podobnie nieskończona liczba form topologicznych odpowiada trójwymiarowym przestrzeniom o stałej ujemnej krzywiźnie. Charakterystyczne jest jednak to, że są wśród nich zarówno formy zwarte, jak i niezwarte. W wypadku natomiasttrójwymiarowych przestrzeni o zerowej krzywiźnie istnieje tylko 18 różnych form topologicznych, z których jedne posiadają cechę niezwartości, inne zaś jej nie posiadają[88].

Stwierdzenia te nie rokują zbyt optymistycznych perspektyw dla podejmowanych w ramach kosmologii Robertsona-Walkera prób rozstrzygnięcia o przestrzennej skończoności czy też nieskończoności realnego Wszechświata. Wskazują one wyraźnie, że sama znajomość krzywizny przestrzeni jest niewystarczająca do orzekania o tym, czy Wszechświat jest przestrzennie skończony czy też nieskończony. Przestrzenie o zerowej i ujemnej krzywiźnie, o których mówi się powszechnie, że są nieskończone, mogą również posiadać zwarte formy topologiczne i jako takie być skończonymi. Zatem do orzekania o przestrzennej nieskończoności Wszechświata konieczna okazuje się znajomość nie tylko znaku krzywizny przestrzeni, ale również tego, że jest ona topologicznie niezwarta. Jednoznaczne określenie i rozstrzygnięcie, czy przestrzeni realnie istniejącego Wszechświata cecha ta przysługuje i to w sensie globalnym, przekracza możliwości współczesnej kosmologii relatywistycznej. Dlatego też problem niesko czoności aktualnego Wszechświata pozostaje, przynajmniej na obecnym etapie rozwoju kosmologii, problemem dalej otwartym.

3. ZAŁOŻENIOWY CHARAKTER PREZENTOWANEJ PROBLEMATYKI

Mając naszkicowaną przynajmniej w ogólnych zarysach koncepcję nieskończoności Wszechświata rozwijaną w ramach kosmologii Robertsona-Walkera można z kolei pokusić się o przedstawienie chociaż najważniejszych założeń przyjmowanych bardziej lub mniej świadomie u podstaw podejmowanej problematyki.

Na wstępie należy zaznaczyć, że samo zawężenie rozważań nad nieskończonością Wszechświata do kosmologii Robertsona-Walkera jest już pewnym założeniem. Jak wiadomo, kosmologię tę stanowią modele Wszechświata, których czasoprzestrzeń opisywana jest metryką Robertsona-Walkera i spełnia dodatkowo pewne założenia /zapożyczone z OTW/ dotyczące ruchu cząstek i promieni świetlnych[89]. To, co jest najbardziej charakterystyczne w tych modelach, to fakt, że spełniając tzw. Zwykłą Zasadę Kosmologiczną /ZZK/ dopuszczają nie mniej niż 6-parametryczną grupę symetrii. Znaczy to, że ich trójwymiarowe przestrzenie przy t = const. muszą być jednorodne i izotropowe, a więc posiadają stałą krzywiznę[90]. Bardziej symetryczne od nich są jedynie modele z tzw. Idealną Zasadą Kosmologiczną /IZK/ nakładającą na czasoprzestrzeń dodatkowo żądanie stacjonarności, a więc dopuszczające więcej niż 6-parametryczną grupę automorfizmów metrycznych. Istnieje również bogata klasa modeli o mniej niż 6-parametrycznej grupie izometrii, tzw. modeli anizotropowych i jednorodnych rozwijanych z myślą zbliżenia teoretycznych rozważań do obserwowanego w naszym sąsiedztwie niejednorodnego rozkładu materii[91]. W tym więc kontekście kosmologia Robertsona-Walkera jawi się rzeczywiście jako szczególnie wyróżniona klasa modeli spełniających bardzo wyidealizowane warunki dla rozkładu materii we Wszechświecie. Niemniej kosmologia ta z racji właśnie tej prostoty stanowi dogodny punkt wyjścia dla szeregu bardziej już specjalistycznych rozważań.

ZZK nie tylko wydziela z bogatszej klasy modeli kosmologię Robertsona-Walkera, ale również w istotny sposób warunkuje w ramach tej kosmologii samo podejście do zagadnienia nieskończoności Wszechświata. Właśnie w następstwie nakładanych przez tę zasadę na czasoprzestrzeń symetrii można było wprowadzić wspólny dla całego Wszechświata układ odniesienia, zwany globalnym układem współporuszającym się. W układzie tym dokonuje się niemal automatycznie rozdział czasoprzestrzeni osobno na czas i osobno na przestrzeń w taki sposób, że czas mierzony względem tego układu jest czasem globalnym, wspólnym dla całego Wszechświata i stąd zwanym czasem kosmicznym. W konsekwencji można mówić o jednej wspólnej dla całego Wszechświata historii, którą trudno byłoby sobie wyobrazić w wypadku istnienia jedynie czasów własnych. Wiadomo również o jaką przestrzeń tutaj chodzi. Są nią izotropowe i jednorodne trójwymiarowe hiperpowierzchnie wyznaczone przez cięcia t = const. Ten rozdział czasoprzestrzeni powoduje zatem, że problem nieskończoności Wszechświata rozważany jest osobno w odniesieniu do jego istnienia czasowego i osobno w odniesieniu do jego istnienia przestrzennego [92].

Wyjątkowość takiej sytuacji jest aż nadto widoczna. Przede wszystkim w kontekście teorii względności stanowiącej podstawę dla rozważań kosmologicznych pojawienie się jednego wspólnego dla całego Wszechświata czasu kosmicznego i prostopadłych do niego cięć przestrzennych jest czymś rzeczywiście bardzo szczególnym. W teorii tej wielkością niezależną od układu odniesienia, a więc jednoznacznie określoną w całym obszarze jej stosowania, jest interwał czasoprzestrzenny. Czas natomiast i przestrzeń są wielkościami względnymi, ściśle związanymi z konkretnym układem odniesienia i dlatego nie mogą być w sposób jednoznaczny odnoszone do całego Wszechświata. Tylko w wypadku szczególnie symetrycznego rozkładu materii, kiedy możliwe jest wprowadzenie globalnego układu współporuszającego się, czas i przestrzeń nabierają charakteru uniwersalnego. Natomiast w innych układach odniesienia każdy obserwator ma swój własny czas i swoją własną przestrzeń [93]. Zależność ich od układu odniesienia jest tak daleka, że względnymi okazują się także cechy im przypisywane [94]. Zainicjowane w latach pięćdziesiątych badania A. L. Zelmanowa wykazały, że jeśli przyjmie się niejednorodny rozkład materii we Wszechświecie, to można otrzymać dowolną ilość układów odniesienia, w których Wszechświat będzie przestrzennie nieskończony oraz dowolną ilość, w których będzie on skończony [95]. Rozpatrując zaś różne modele kosmologiczne Zelmanow znalazł paradoksalne na pierwszy rzut oka między nimi związki. Tak np. model posiadający nieskończoną przestrzeń okazuje się jedynie ograniczonym obszarem innego modelu który na dodatek jest przestrzennie skończony [96].

Oczywistą konsekwencją takiej sytuacji wydaje się być nie tylko relatywizacja samej problematyki nieskończoności, ale w ogóle postawienie pod znakiem zapytania możliwości podejmowania przez kosmologię nierobertsonowską zagadnienia nieskończoności Wszechświata[97]. Wskazuje to jeszcze wyraźniej na bezpośrednią zależność rozważanej przez kosmologię Robertsona-Walkera problematyki nieskończoności Wszechświata od przyjętych u jej podstaw założeń o izotropowym i jednorodnym rozkładzie materii.

Szereg założeń związanych jest z samą charakterystyką czasowej i przestrzennej nieskończoności Wszechświata. Dotyczą one zarówno koncepcji czasu i przestrzeni, jak i sposobów określania ich nieskończoności. Chodzi tu o tzw. relacyjną albo atrybutywną koncepcję czasu i przestrzeni, a także o strukturę ich metryczną i topologiczną.

W pierwszym wypadku bierze się pod uwagę stosunek czasu i przestrzeni do materii, do świata materialnego. Zgodnie z teorią względności czas i przestrzeń nie są wielkościami absolutnymi, istniejącymi niezależnie od materii, tak jak ma to miejsce w wypadku koncepcji newtonowskiej[98], ale ściśle z nią powiązanymi od niej uzależnionymi. Jest to więc relacyjna koncepcja czasu i przestrzeni[99], pozostająca w pewnej łączności z tzw. koncepcją atrybutywną[100]. Własności czasu i przestrzeni są zaprogramowane w samej strukturze materii, do tego stopnia przez nią zdeterminowane, że nie może być pustych zarówno momentów czasowych, jak i punktów przestrzennych. Świat materialny niejako gwarantuje istnienie czasu i przestrzeni[101].

To ścisłe powiązanie własności czasu i przestrzeni z własnościami świata materialnego sprawia, że problem czasowej i przestrzennej nieskończoności Wszechświata nie różni się od problemu nieskończoności czasu i przestrzeni branych same w sobie. Mówiąc inaczej, problemy te się ze sobą pokrywają, tak że odpowiedź na pierwszy z nich jest identyczna z odpowiedzią na drugi i odwrotnie. Upraszcza to w istotny sposób sytuację, gdyż mamy do czynienia tylko z jednym problemem, a nie z dwoma. Wykluczona jest np. sytuacja, w której czas jest nieograniczony i bez punktów końcowych, a Wszechświat jest albo ograniczony w czasie i ma dwa punkty /stany/ końcowe, albo jest w czasie nieograniczony i ma jeden punkt /stan/ końcowy[102]. Ponadto relacyjna koncepcja czasu i przestrzeni zwiększa w pewnym sensie możliwości orzekania o nieskończoności Wszechświata, gdyż wszelkie analizy struktury czasu i przestrzeni w kontekście ich nieskończoności mogą być niejako automatycznie odnoszone do nieskończoności Wszechświata.

Istniejąca zatem u podstaw kosmologii Robertsona-Walkera relacyjna koncepcja czasu i przestrzeni w pewnym zakresie warunkuje oraz wyznacza podejście do problematyki nieskończoności Wszechświata. W przeciwnym razie problematyka ta musiałaby inaczej być rozpatrywana.

Przypisywanie natomiast czasowi i przestrzeni własności metrycznych i topologicznych sprowadza właściwie całą charakterystykę nieskończoności Wszechświata do tych dwóch cech. Ma to istotną zaletę, gdyż pozwala stosować dobrze zdefiniowane pojęcia matematyczne do uściślania ogromnie skomplikowanej problematyki nieskończoności Wszechświata. Płaci się jednak za to cenę pewnego redukcjonizmu. Powstają bowiem wątpliwości, czy jest to wyczerpująca charakterystyka problemu, czy nie pomija się w ten sposób pewnych własności czasu i przestrzeni, których uwzględnienie mogłoby okazać się również ważne przy określaniu ich nieskończoności. W szczególności odnosi się to do czasu, któremu nawet w jego fizykalnym ujęciu trudno przypisać sens zwykłej tylko współrzędnej przestrzennej.

Prowadzić to musi do bardziej realistycznej postawy wobec tej charakterystyki, zwłaszcza gdy weźmie się pod uwagę, że takie własności topologiczne jak jednowymiarowość, spójność, niezwartość czy też nierozgałęzioność są przypisywane czasowi najczęściej na podstawie zwykłych tylko konwencji. Nie ma bowiem, jak wskazują na to przeprowadzone przez Z. Augustynek rozważania nad statusem epistemologicznym tych odniesień, wyraźnych danych empirycznych czy też racji teoretycznych orzekających, że realny czas posiada takie właśnie cechy[103].

Biorąc więc pod uwagę rolę, jaką własności te odegrały w określaniu problematyki czasowej nieskończoności Wszechświata, założeniowy charakter tej problematyki jawi się bardzo wyraźnie i to niejako w dwóch wymiarach. Z jednej strony wspomniane własności w istotny sposób wyznaczają całokształt podejścia do tej problematyki, a z drugiej same są przyjmowane na podstawie zwykłych konwencji lub założeń.

Wydaje się jednak, że najwyraźniej strona założeniowa daje o sobie znać przy próbach rozstrzygania, jakim jest aktualny Wszechświat - skończony czy też nieskończony. Pytanie to wydaje się być podstawowym i najbardziej interesującym w całej problematyce nieskończoności Wszechświata.

W pełni zadowalające rozstrzygnięcie tej kwestii jest możliwe jedynie opierając się na danych obserwacyjnych, jako że chodzi o rzeczywisty Wszechświat. Oznacza to sprowadzenie całego zagadnienia do obserwacyjnej strony kosmologii, która jak wiadomo, nie jest najmocniejszym jej punktem. Dzieje się tak nie tylko z racji czysto technicznych, które z biegiem czasu mogą być usuwane, ale przede wszystkim z racji bardziej fundamentalnych, związanych z naturą samej kosmologii i lokalnym charakterem dokonywanych obserwacji[104].

Kosmologię interesuje wielkoskalowa struktura Wszechświata[105]. Jest to szczególnie istotne w wypadku jego nieskończoności, kiedy to metryczne i topologiczne własności Wszechświata winny być określone w wymiarze globalnym. Obserwacje jednak mogą spełniać to tylko lokalnie i stąd rodzą się najpoważniejsze trudności jak na podstawie takich obserwacji rozstrzygać o globalnych własnościach Wszechświata[106].

W przypadku czasowej nieskończoności Wszechświata trudności te nie uwidaczniają się na pierwszy rzut oka zbyt drastycznie, gdyż jak było to już wspominane, problem sprowadza się właściwie do wyboru modelu Wszechświata z osobliwością czy też bez niej. Jednak wybór taki nie jest możliwy bez wiedzy o globalnych własnościach Wszechświata, co wyraźnie odsłania istnienie wspomnianych trudności.

Natomiast odnośnie do przestrzennej nieskończoności Wszechświata trudności związane z przejściem od lokalnych obserwacji do orzeczeń o charakterze globalnym tkwią u samych podstaw niejako tego zagadnienia. Widać to zarówno w odniesieniu do krzywizny przestrzeni, jak i topologicznej cechy niezwartości.

Pomijając znaczne jeszcze niedokładności w wyznaczaniu krzywizny przestrzeni związane z aktualnymi możliwościami technicznymi obserwacji, a także wszystkie stojące za tymi obserwacjami teoretyczne uwarunkowania[107], należy wyraźnie zdać sobie sprawę, że może ona być określona jedynie dla obszaru lokalnego. Zatem sama z siebie nie może służyć jako podstawa do rozstrzygania o przestrzennej skończoności czy też nieskończoności Wszechświata. Koniecznym jest określenie jej dla całego Wszechświata, a więc nadanie lokalnym obserwacjom wydźwięku globalnego. Zabieg taki jest możliwy jedynie na podstawie przyjętych uprzednio założeń, że Wszechświat jest w każdym punkcie taki sam. W kosmologii Robertsona-Walkera wymaganie to jest spełnione przez przyjętą u jej podstaw ZZK zakładającą jednorodność i izotropowość Wszechświata. Zatem jeśli Wszechświat jest jednorodny, to krzywizna przestrzeni określona w dowolnym jego punkcie charakteryzuje całą jego przestrzeń i tym samym może wskazywać wespół z odpowiednimi własnościami topologicznymi na jego skończoność czy też nieskończoność.

Założeniowy charakter takiego rozstrzygnięcia jest aż nadto widoczny i nie budzi żadnej wątpliwości. Wydaje się jednak, że charakteru tego nie można rozumieć w sensie czysto postulatywnym, jak zdają się to sugerować niektórzy filozofujący kosmologowie radzieccy[108]. Nigdzie bowiem w kosmologii Robertsona-Walkera nie postuluje się w sposób bezpośredni przestrzennej skończoności czy też nieskończoności Wszechświata. Rozstrzygnięcie o tym, jaki jest realny Wszechświat, skończony czy nieskończony, wyprowadzane jest nie tylko na podstawie samych założeń jednorodności, ale również i na podstawie pewnych danych empirycznych. Z pewnością więc posiada ono inny charakter epistemologiczny niż postulaty w systemach dedukcyjnych. Ponadto założenie jednorodności Wszechświata wydaje się mimo wszystko mieć pewne uzasadnienie, jeśli nie empiryczne, to przynajmniej bardziej ogólne, teoretyczne[109].

Orzekanie o topologicznych własnościach realnego Wszechświata uwydatnia jeszcze bardziej założeniowy charakter omawianej problematyki jego nieskończoności. Dzieje się tak przede wszystkim dlatego, że jak dotąd nie widać wyraźnych możliwości wiązania tych własności z obserwacjami, w szczególności gdy chodzi o cechę zwartości czy też niezwartości przestrzeni[110]. Jak zawsze w takich sytuacjach ma miejsce odwoływanie się do różnego rodzaju założeń, które w konsekwencji nabierają istotnego znaczenia. Przede wszystkim dochodzi do głosu tzw. zasada prostoty stwierdzająca, że Wszechświat realizuje przypadki najprostsze. Zatem odpowiadające mu formy topologiczne winny być formami prostymi, co pozwoliłoby na wyeliminowanie całego szeregu tzw. form patologicznych. Poza postulatem prostoty wskazuje się jeszcze na inne racje przemawiające za eliminacją tychże form patologicznych jako mniej prawdopodobnych z fizycznego punktu widzenia. Uważa się, że "rozsądna" rozmaitość topologiczna przysługująca naszemu Wszechświatowi nie powinna posiadać ograniczenia, gdyż mogłoby to sugerować istnienie jakiegoś brzegu, krawędzi, które w realnym Wszechświecie nie zostały zaobserwowane. Winna w dodatku być to przestrzeń Hausdorffa, to jest taka, w której otoczenia dwóch różnych punktów są rozłączne, gdyż w przeciwnym razie zostałoby naruszone to, co w rzeczywistości rozumie się przez zdarzenia od siebie oddzielone. Powinna też być to rozmaitość spójna, a więc nie składająca się z różnych, w żaden sposób ze sobą nie połączonych części oraz para zwarta, tj. posiadająca dowolnie małe otwarte i lokalnie skończone pokrycia[111]. Ważną własnością tej rozmaitości winna być też jej orientowalność, tzn. nie może być tak, aby po obejściu jej wokół powrócić do punktu wyjścia i założyć prawą rękawiczkę na lewą rękę[112].

Są to więc, jak widać, bardzo ogólne kryteria wyboru "rozsądnej" formy topologicznej dla naszego Wszechświata. Nie rozstrzygają one jednak o tym czy forma ta jest zwarta, czy też nie, chociaż byłoby to bardzo pożądane z punktu widzenia omawianego problemu przestrzennej nieskończoności. Niemniej nie pozostają one całkowicie bez związku z poruszanym problemem, a to w tym sensie, że przypisując realnemu Wszechświatowi prostsze, mniej wyszukane formy topologiczne zdają się tym samym ułatwiać rozstrzygnięcie o tym czy jest on przestrzennie zwarty, czy też nie. Wiadomo bowiem, że w wypadku najprostszych form topologicznych dla trójwymiarowej przestrzeni /E^3, S^3, H^3/ istnieje dosyć jednoznaczna odpowiedniość między znakiem krzywizny a cechą zwartości czy też niezwartości danej przestrzeni. Pozwala to niejako automatycznie orzekać na podstawie wyznaczonej krzywizny o tym, czy Wszechświat jest przestrzennie skończony czy też nieskończony /oczywiście po uwzględnieniu wspomnianych wcześniej założeń/.

Jak dotąd nie widać innego sposobu rozstrzygania o przestrzennej zwartości czy też niezwartości naszego Wszechświata[113], chociaż podkreśla się, że warunek kauzalny głęboko tkwiący w strukturze czasoprzestrzeni przemawia raczej za jej niezwartością. Jest to jednak cecha czasoprzestrzeni jako takiej, związana bardziej z jej częścią czasową niż przestrzenną[114].

Orzekanie więc o topologicznych własnościach Wszechświata jest jeszcze bardziej skomplikowane i trudne niż ma to miejsce w wypadku własności metrycznych, co nie tylko potwierdza założeniowy charakter problematyki nieskończoności Wszechświata, ale przede wszystkim ukazuje, jak wiele jest jeszcze w tej sprawie do zrobienia.

4. ZAKOŃCZENIE

Przeprowadzone rozważania wskazują zarówno na ogromną złożoność problematyki nieskończoności Wszechświata podejmowanej w ramach kosmologii Robertsona-Walkera, jak i na wynikające stąd trudności oraz niejednoznaczne i niepełne rozstrzygnięcia. Przejawia się to zarówno w samych próbach uściślenia problematyki, jak i usiłowaniach rozstrzygnięcia jej w odniesieniu do realnego Wszechświata.

Wykorzystanie ścisłego aparatu matematycznego, zwłaszcza pojęć metrycznych i topologicznych, wprowadziło znaczne uporządkowanie do problematyki, ale z drugiej strony zawęziło ją do tych właśnie aspektów. Wszelkie zaś próby rozstrzygnięcia w tym względzie spotkały się z ogromnymi trudnościami i nie wydaje się by mogły one w krótkim czasie być usunięte.

Rozważania te ujawniły ponadto wyraźnie założeniowy charakter całej problematyki, dzięki czemu jawi się ona w nieco szerszym kontekście, stając się tym samym jeszcze bardziej złożoną. Założenia ujawniają się zarówno w sposobie postawienia problemu, jego prezentacji, jak i w proponowanych rozwiązaniach. W znacznej mierze odnoszą się one nie tylko do samej problematyki nieskończoności Wszechświata, ale również do całej kosmologii Robertsona-Walkera. Niemniej w kontekście tej problematyki nabierają one głębszego wyrazu i okazują swoje daleko idące konsekwencje. Chodzi tu przede wszystkim o ZZK, która nie tylko leży u podstaw samej kosmologii Robertsona-Walkera, ale także w istotny sposób wyznacza podejście i rozwiązanie stawianej w ramach tej kosmologii problematyki nieskończoności Wszechświata. Istotne są również założenia co do natury czasu i przestrzeni ich konkretnych własności typologicznych, a także przekonanie o prostocie Wszechświata.

Odnośnie zaś do statusu epistemologicznego tych założeń wydaje się słusznym zaliczenie ich do założeń o charakterze filozoficznym. Stanowią one dobry przykład związku nauki z filozofią. Są one na tyle istotne, że bez nich nie można byłoby wyraźnie postawić i sformułować oraz zaproponować rozwiązanie problemu. Należy podkreślić, że dzięki nim problematyka nieskończoności Wszechświata mogła nie tylko być podjęta w ramach kosmologii Robertsona-Walkera, ale zyskała wyraźniejsze sformułowanie oraz pewne możliwości rozstrzygnięcia.

Celem rozważań była jedynie prezentacja wspomnianych założeń w kontekście pewnego szkicu problematyki nieskończoności Wszechświata. Pominięta została więc ocena wartości epistemologicznej tych założeń oraz analiza ich związków logicznych z samą problematyką nieskończoności Wszechświata, jako zagadnienie należące raczej do szeroko rozumianej filozofii nauki niż samej filozofii kosmologii.

PRZYPISY

1 Por. np. A. K o y r é. From the Closed World to the Infinite Universe. Baltimore 1957; Bieskoniecznost' i Wsielennaja. Pod red. W. W. Kaziutyński, G. I. Naan, M. E. Omielianowski, I. M. Chałatnikow, S. A. Janowskaja. Moskwa 1969; E. S k a r ż y ń s k i. Problem nieskończoności Wszechświata. Kraków 1980; Koniecznoje i bieskoniecznoje. M. A. Parniuk, W. W. Kizima, I. W. Ogorodnik, W. A. Ryżko. Kijew 1982.

2 Por. np. J. F. A s k i n. Bieskoniecznost' Wsielennoj wo wriemieni. W: Bieskoniecznost' i Wsielennaja s. 158-167; Filozofia marksistowska. Podręcznik akademicki do przedmiotu. Red. T. M. Jaroszewski. Warszawa 1975 s. 240-242; E. W h i t t a k e r. Space and Spirit. Theories of Universe and the Arguments for the Existence of God. London 1946 s. 116-124.

3 M. H e l l e r. Wobec Wszechświata. Kraków 1970 s. 13-19.

4 Por. Św. T o m a s z z A k w i n u. Summa Theologica. I. q. 46, a. 2; I. K a n t. Krytyka czystego rozumu. T. 2. Warszawa 1957 s. 164-173.

5 M. H e l l e r, J. Ż y c i ń s k i. Wszechświat i filozofia. Kraków 1980 s. 235.

6 Zob. np. E. M. C z u d i n o w. Aksjomaticzieskij charaktier tiezisa o bieskoniecznosti Wsielennoj w rielatiwistskoj kosmołogii i zakon istkluczіennogo trietjego. W: Fiłosofskije problemy tieorii tjagotienija i rielatiwistskoj kosmołogii. Kijew 1965 s. 318-325; t e n ż e. Łogiczeskije osnowanije problemy bieskoniecznosti w rielatiwistskoj kosmołogii. W: Ejnsztiejnowskij Sbornik. Moskwa 1968 s. 55-91; t e n ż e. Łogiczeskije aspekty problemy bieskoniecznosti Wsielennoj w rielatiwistskoj kosmołogii. W: Bieskoniecznost' i Wsielennaja s. 181-218; t e n ż e. Ejnsztiejn i fiłosofskije problemy fizyki XX wieka. Red. K. Ch. Dielokerow. Moskwa 1979 s. 274-300; J. J. L e d n i k o w. K woprosu o łogiczieskich osnowach analiza ponijatija bieskoniecznosti w kosmołogii. W: Mietodołogiczieskij analiz tieorieticzieskich i ekspierimientalnych osnowanij fiziki grawitacji. Kijew 1973 s. 198-203.

7 Nazwa ta pochodzi od nazwisk dwóch uczonych: R. P. Robertsona i A. G. Walkera, którzy niezależnie od siebie znaleźli najogólniejszą postać metryki opisującej czasoprzestrzeń spełniającą Zwykłą Zasadę Kosmologiczną. Por. M. H e l l e r. Ewolucja kosmosu i kosmologii. Warszawa 1983 s. 109-111.

8 Chodzi tu głównie o podejście filozoficzne oraz roz-

ważania prowadzone w ramach kosmologii newtonowskiej. Charakteryzują się one tym, że zagadnienie nieskończoności Wszechświata jest rozpatrywane osobno w jego aspekcie czasowym, przestrzennym i mnogościowym.

[9] Najczęściej rozumie się przeznią zdania lub twierdzenia implikowane przez treść lub formę teorii, ale do niej bezpośrednio nie należące. Będą to więc głównie założenia o charakterze filozoficznym, takie np. jak to, że świat istnieje realnie, że jest poznawalny, że przedmioty materialne posiadają strukturę gatunkowo-jednostkową itp. Por. H. Mehlberg. O niesprawdzalnych założeniach nauki. W: Logiczna teoria nauki. Red. T. Pawłowski. Warszawa 1966 s. 341-361; S. Mazierski. Prolegomena do filozofii przyrody inspiracji arystotelesowsko-tomistycznej. Lublin 1969 s. 117-123.

[10] Por. np. G. I. Naan. Tipy bieskoniecznosti. W: Ejnsztiejnowskij Sbornik. Moskwa 1967 s. 287-309; tenże. Poniatie bieskoniecznosti w matiematikie i kosmołogii. W: Bieskoniecznost' i Wsielennaja s. 7-77; M. Lubański. Zagadnienie nieskończoności we współczesnej filozofii przyrodoznawstwa. W: Z zagadnień filozofii przyrodoznawstwa i filozofii przyrody. Pod red. K. Kłósaka. T. 1. Warszawa 1976 s. 15-51.

[11] Por. np. H. Bondi. Kosmologia. Warszawa 1965 s. 12-20; M. Heller. Definicja terminu "Wszechświata" w kosmologii relatywistycznej. "Roczniki Filozoficzne" 16:1968 z. 3 s. 45-61; W. W. Kaziutyński. Poniatie "Wsielennaja". W: Bieskoniecznost' i Wsielennaja s. 116-126; B. R o Próba analizy współczesnych koncepcji przedmiotu kosmologii przyrodniczej. W: Z zagadnień filozofii przyrodoznawstwa i filozofii przyrody. Pod red. K. Kłósaka, M. Lubańskiego, Sz. W. Slagi. T. 4. Warszawa 1982 s. 82-123.

[12] Por. np. A. L. Zelmanow. Mnogoobrazje materialnogo mira i probliema bieskoniecznosti Wsielennoj. W: Bieskoniecznost' i Wsielennaja s. 274-324; W. W. Kaziutyński. O bieskoniecznosti materialnogo mira i bieskoniecznosti Wsielennoj. W: Bieskoniecznost' i Wsielennaja s. 221-233.

[13] Por. np. M. Lubański. O pojęciu nieskończoności. "Roczniki Filozoficzne" 10:1962 z. 3 s. 103-110; S. Mazierski. Elementy kosmologii filozoficznej i przyrodniczej. Lublin 1972 s. 107-153; Koniecznoje i bieskoniecznoje. Red. M. A. Parniuk. Kijew 1982.

[14] M. Lubański. Arystotelesowskie i bolzanowskie pojęcie nieskończoności. "Roczniki Filozoficzne" 19:1971 z. 3 s. 77-80.

[15] Naan. Poniatie bieskoniecznosti w matematikie i kosmołogii s. 11-49; Lubański. Zagadnienie nieskończoności we współczesnej filozofii przyrodoznawstwa s. 47-51.

[16] Lubański. Arystotelesowskie i bolzanowskie pojęcie nieskończoności s. 87.

[17] H. Rasiowa. Wstęp do matematyki współczesnej. Warszawa 1975 s. 95.

[18] Lubański. Zagadnienie nieskończoności we współczesnej filozofii przyrodoznawstwa s. 17.

[19] Dowód twierdzenia podaje K. Kuratowski /Wstęp do teorii mnogości i topologii. Warszawa 1977 s. 59-60/.

[20] L u b a ń s k i. Zagadnienie nieskończoności we współczesnej filozofii przyrodoznawstwa s. 17.

[21] N a a n. Poniatie bieskoniecznosti w matematikie i kosmołogii s. 47-48.

[22] L u b a ń s k i. Zagadnienie nieskończoności we współczesnej filozofii przyrodoznawstwa s. 18-20.

[23] N a a n. Poniatie bieskoniecznosti w matematikie i kosmołogii s. 48-49.

[24] Por. np. G. M. I d i s. Bieskoniecznost' Wsielennoj z toczki zrienija tieorii mnożestw. W: Bieskoniecznost' i Wsielennaja s. 163-180.

[25] S k a r ż y ń s k i. Problem nieskończoności Wszechświata s. 25.

[26] F. K l e i n. Wergleinchende Betrachtungen über neure geometriche Forchungen. Erlangen 1872 /przedruk w "Mathematishe Annalen" 43:1893/.

[27] G. I. Naan w swej pracy "Tipy bieskoniecznosti" wyróżnia nieskończoność metryczną, afiniczną, rzutową, konforemną i topologiczną /s. 34-44/.

[28] R. E n g e l k i n g. Topologia ogólna. Warszawa 1975 s. 304.

[29] S. W. H a w k i n g, G. F. R. E l l i s. The Large Scale Structure of Space-Time. Cambridge 1973 s. 56-59.

[30] G. I. R u z a w i n. Problemy bieskoniecznosti w matematikie. W: Bieskoniecznost' i Wsielennaja s. 78-92.

[31] S k a r ż y ń s k i. Problem nieskończoności Wszechświata s. 25.

[32] L u b a ń s k i. Zagadnienie nieskończoności we współczesnej filozofii przyrodoznawstwa s. 44.

[33] R. D u d a. Wprowadzenie do topologii. Część 1: Topologia ogólna. Warszawa 1986 s. 193.

[34] C. G l y m o u r. Topology, Cosmology and Convention. W: Space, Time and Geometry. Ed. P. Suppes. Dordrecht 1973 s. 204.

[35] P. K. R a s z e w s k i. Geometria Riemanna i analiza tensorowa. Warszawa 1958 s. 523.

[36] Ch. M i s n e r, K. S. T h o r n e, J. A. W h e e l e r. Gravitation. San Francisco 1973 s. 916.

[37] E n g e l k i n g. Topologia ogólna s. 305; G l y m o u r. Topology, Cosmology and Convention s. 202-204.

[38] Średnicę zbioru definiuje się jako kres górny wzajemnych odległości /x - y/ punktów x i y przestrzeni metrycznej X i oznacza się symbolem δ /X/. K u r a t o w s k i. Wstęp do teorii mnogości i topologii s. 104.

[39] E n g e l k i n g. Topologia ogólna s. 307.

[40] Z. A u g u s t y n e k. Własności czasu. Warszawa 1970 s. 54-55.

[41] Tamże s. 92.

[42] L u b a ń s k i. Zagadnienie nieskończoności we współczesnej filozofii przyrodoznawstwa s. 35.

[43] F. L e j a. Rachunek różniczkowy i całkowy. Warszawa 1976 s. 186.

[44] W. K r y s i c k i, L. W ł o d a r s k i. Analiza matematyczna w zadaniach. Część 2. Warszawa 1974 s. 7-8.

[45] L u b a ń s k i. Zagadnienie nieskończoności we współczesnej filozofii przyrodoznawstwa s. 21-43.

[46] A. T u r s u n o w. Fiłosofia i sowriemennaja kosmołogia. Moskwa 1977 s. 97-114.

[47] D u d a. Wprowadzenie do topologii s. 117-118.

[48] R a s i o w a. Wstęp do matematyki współczesnej s. 119-122.

[49] N a a n. Poniatie bieskoniecznosti w matematikie i kosmołogii s. 34-35.

[50] C z u d i n o w. Łogiczeskije aspekty problemy bieskoniecznosti Wsielennoj w rielatiwistskoj kosmołogii s. 200

[51] B. A. R o z e n f e l d. Istoria nieewklidowoj gieometrii. Moskwa 1976 s. 254-291.

[52] B. F. S c h u t z. Geometrical methods of mathematical physics. Cambridge 1980 s. 197-199.

[53] S k a r ż y ń s k i. Problem nieskończoności Wszechświata s. 43.

[54] R. S i k o r s k i. Rachunek różniczkowy i całkowy. Funkcje wielu zmiennych. Warszawa 1972 s. 243-272.

[55] L e j a. Rachunek różniczkowy i całkowy s. 283-284.

[56] S c h u t z. Geometrical methods of mathematical physics s. 113.

[57] R a s z e w s k i. Geometria Riemanna i analiza tensorowa s. 64-66.

[58] S c h u t z. Geometrical methods of mathematical physics s. 113.

[59] R a s z e w s k i. Geometria Riemanna i analiza tensorowa s. 319-321.

[60] E n g e l k i n g. Topologia ogólna s. 38-39.

[61] A u g u s t y n e k. Własności czasu s. 54.

[62] M. L u b a ń s k i. Zagadnienie relacji zachodzących między współczesną teorią przestrzeni a kosmologią filozoficzną. W: Z zagadnień filozofii przyrodoznawstwa i filozofii przyrody. Pod red. K. Kłósaka. T. 2. Warszawa 1979 s. 159

[63] E n g e l k i n g. Topologia ogólna s. 163-301.

[64] A. H. W a l l a c e. Wstęp do topologii różniczkowej. Warszawa 1979 s. 19.

[65] L u b a ń s k i. Zagadnienie relacji zachodzących między współczesną teorią przestrzeni a kosmologią filozoficzną s. 163.

[66] D u d a. Wprowadzenie do topologii s. 171.

[67] A u g u s t y n e k. Własności czasu s. 88.

[68] R. G e r o c h. Topology in General Relativity. "Journal of Mathematical Physics" 8:1967 nr 4 s. 783.

[69] A u g u s t y n e k. Własności czasu s. 91.

70 M. H e l l e r. Początek świata. Kraków 1976 s. 12.

71 M. H e l l e r. Global Time Problem in Relativistic Cosmology. "Annales de la Societe Scientifique de Bruxelles" 87:1975 s. 524.

72 S k a r ż y ń s k i. Problem nieskończoności Wszechświata s. 25.

73 A u g u s t y n e k. Własności czasu s. 63-108.

74 Tamże s. 111; S k a r ż y ń s k i. Problem nieskończoności Wszechświata s. 36-37.

75 A u g u s t y n e k. Własności czasu s. 111-112.

76 S k a r ż y ń s k i. Problem nieskończoności Wszechświata s. 37.

77 H a w k i n g, E l l i s. The Large Scale Structure of Space-Time s. 348-364.

78 L. B a ż e n o w, K. M o r o z o w, M. S ł u c k i. Filozofia nauk przyrodniczych. Warszawa 1968 s. 274-285.

79 S k a r ż y ń s k i. Problem nieskończoności Wszechświata s. 63; S. B u t r y n. Materializm dialektyczny a naukowy obraz Wszechświata. Warszawa 1980 s. 179-192.

80 G. L e m a î t r e. The Primaeval Atom Hypothesis and the problem of the Cluster of Galaxies. W: La Structure et l'Evolution de l'Univers. Institut International de Physique Solvay, XI Conseil de Physique. Bruxelles 1958 s. 5-7; J. T u r e k. Osobliwość początkowa a kreacjonizm w ujęciu Georges Lemaître'a. "Studia Warmińskie" 19:1982 s. 435-448.

81 M i s n e r, T h o r n e, W h e e l e r. Gravitation s. 723-725.

82 W. R i n d l e r. Visual Horisons in the World Models. "Monthly Notices of the Royal Astronomical Society" 116:1956 s. 662-677.

83 M i s n e r, T h o r n e, W h e e l e r. Gravitation s. 723-725.

84 R. S t a b e l l, S. R e f s d a l. Classification of General Relativistic World Models. "Monthly Notices of the Royal Astronomical Society" 132:1966 s. 379-388.

85 J. W o l f. Prostranstwa postojannoj kriwizny. Moskwa 1982 s. 165-166.

86 Tamże s. 11-275.

87 G. F. R. E l l i s. Topology and Cosmology. "General Relativity and Gravitation" 2:1971 nr 1 s. 7-21.

88 O. H e c k m a n n, E. S c h ü c k i n g. Relativistic Cosmology. W: Gravitation: an Introduction to Current Research. Ed. L. Witten. London 1962 s. 441-442.

89 H e l l e r, Ż y c i ń s k i. Wszechświat i filozofia s. 175.

90 S. W e i n g e r g. Grawitacyja i kosmołogia. Moskwa 1975 s. 409.

91 M. H e l l e r. Kosmologia Robertsona-Walkera a kosmologia Friedmanna. "Postępy Astronomii" 20:1972 z. 3 s. 250.

92 M. H e l l e r, M. L u b a ń s k i, Sz. Ś l a g a.

Zagadnienia filozoficzne współczesnej nauki. Wstęp do Filozofii Przyrody. Warszawa 1980 s. 256-258.

[93] H e l l e r. Początek świata s. 79.

[94] C z u d i n o w. Łogiczeskije aspekty problemy bieskoniecznosti Wsielennoj w rielatiwistskoj kosmołogii s. 215.

[95] A. L. Z e l m a n o w. K postanowkie woprosa o bieskoniecznosti prostranstwa w obszczîej tieorii otnositielnosti. "Dokładny AN SSSR" 124:1959 s. 1030.

[96] C z u d i n o w. Łogiczeskije aspekty problemy bieskoniecznosti Wsielennoj w rielatiwistskoj kosmołogii s. 215-216.

[97] E. K o l m a n. O koniecznosti i bieskoniecznosti Wsielennoj. W: Bieskoniecznost' i Wsielennaja s. 147.

[98] S. M a z i e r s k i. Newtonowskie pojęcie przestrzeni i czasu /w druku/.

[99] Problems of Space and Time. Pod red. J. J. C. Smart. London 1976 s. 89-98.

[100] L. B a ż e n o w, K. M o r o z o w, M. S ł u c k i. Filozofia nauk przyrodniczych. Warszawa 1968 s. 188-192; Filozofia marksistowska s. 218-219.

[101] A u g u s t y n e k. Własności czasu s. 25.

[102] Tamże s. 112.

[103] Tamże s. 69-108.

[104] G. F. R. E l l i s. Limits to Verification in Cosmology. "Annals of the New York Academy of Sciences" 336:1980 s. 131.

[105] H a w k i n g, E l l i s. The Large Scale Structure of Space-Time s. 134.

[106] M. H e l l e r. Local-Large Scale-Global. On Certain Methodological Questions of Cosmology. "Acta Cosmologica" 7:1978 s. 83-84.

[107] Por. np. M. S. L o n g a i r, M. J. R e e s. Lecture notes on observational cosmology. W: Cargese Lectures in Physics. Ed. E. Schatzmann. New York 1973 s. 269-400.

[108] Por. np. C z u d i n o w. Łogiczeskije aspekty problemy bieskoniecznosti Wsielennoj w rielatiwistskoj kosmołogii s. 203-203.

[109] G. F. R. E l l i s. Cosmology and Verifiability. "Quartely Journal of the Royal Astronomical Society" 16:1975 s. 245-252.

[110] R. G e r o c h. General Relativity in the Large. "General Relativity and Gravitation" 2:1971 nr 1 s. 67-68.

[111] R. G e r o c h, G. T. H o r o w i t z. Global Structure of Spacetimes. W: General Relativity. An Einstein Centenary Survey. Eds. S. W. Hawking, W. Israel. Cambridge 1979 s. 218.

[112] H e l l e r. Global Time Problem in Relativistic Cosmology s. 524.

[113] G e r o c h, H o r o w i t z. Global Structure of Spacetimes s. 224.

[114] Tamże s. 242-243.

THE ASSUMPTIONS OF THE PROBLEM OF THE INFINITY IN ROBERTSON-WALKER'S COSMOLOGY

Summary

The assumptions of the problem of the infinity in Robertson-Walker's Cosmology are discussed. The very concept of the infinity is defined by means of the topological and metrical terms. With reference to the Universe it is understood as the infinity in time and space.

The main assumptions in the approach to the infinity of the Universe in Robertson-Walker's Cosmology are: homogeneity of space and time, their relational conception as well as their topological and metrical structures.

Because of these assumptions the question remains open - is the actual Universe finite or not?