

**МІНІСТЕРСТВО ОСВІТИ І НАУКИ УКРАЇНИ
СУМСЬКИЙ ДЕРЖАВНИЙ УНІВЕРСИТЕТ**

А.С.Опанасюк

**“СУЧАСНА ФІЗИЧНА КАРТИНА СВІТУ”
МІКРО-, МАКРО- ТА МЕГАСВІТИ**

ЧАСТИНА 3

СУМИ ВИД-ВО СУМ ДУ 2005

ЧАСТИНА 3 МЕГАСВІТ

Найбільш не пояснене у Всесвіті – це те, що він може бути пояснений.

А.Ейнштейн

Про ці території, майже повністю відрізані від світу і адміністративного впливу, ходили всілякі, часто суперечливі чутки.

А.Стругацький, В.Стругацький

24 ПОНЯТТЯ КОСМОЛОГІЧНОЇ МОДЕЛІ

Вивченням навколишнього світу у мегамасштабах займається наука, яка називається *космологією*. *Космологія* – розділ астрономії, що описує найзагальніші властивості навколишнього Всесвіту у цілому. Спостережувальною основою космології є *позагалактична астрономія*, а теоретичною базою - *сучасні фізичні теорії* – ЗТВ, квантова механіка, фізика високих енергій, релятивістська термодинаміка та ряд інших теорій [87]. Саме тому основи космології розглядаються навіть у курсі загальної фізики.

Сучасна космологія є фундаментальною наукою. Вона більш, ніж будь-яка інша наука, пов'язана з різноманітними філософськими концепціями, які по-різному пояснюють будову світу. Тому космологія є *світоглядною* наукою.

Основним методом наукового дослідження загальних властивостей Всесвіту, а також закономірностей його розвитку у сучасній космології є метод *побудови так званих космологічних моделей* [87].

Побудувати модель Всесвіту - означає визначити, як змінюються з часом t його параметри: густина, температура та відстані між довільно взятими точками. З цією метою вводять поняття масштабного фактору $R(t)$, а відстань між двома точками

Всесвіту записують у вигляді

$$r(t) = r_0 R(t), \quad (53)$$

де r_0 – відстань між вибраними точками на момент спостереження t_0 (який збігається з віком Всесвіту t_e).

Зазвичай вважають, що $R(t_0) = 1$.

Дуже часто, коли говорять про модель Всесвіту, мають на увазі саме залежність масштабного фактору R , яким визначаються особливості розширення Всесвіту, від часу t . Саме цей підхід використано у даному посібнику.

25 КОСМОЛОГІЧНІ ПАРАДОКСИ У РАННІХ МОДЕЛЯХ ВСЕСВІТУ

Можливість опису Всесвіту в цілому у людства виникла лише після відкриття Ньютоном закону всесвітнього тяжіння. Проте ще протягом декількох століть після цього відкриття фізики і астрономи мали дуже поверхове уявлення про будову Всесвіту у великих масштабах. Навіть на початку ХХ ст. більшість вчених вважали, що за межами нашої Галактики інших зоряних систем не існує. Вважалося також, що Всесвіт, який оточує нас, перебуває у незмінному статичному стані.

Для пояснення будови і особливостей розвитку мегасвіту науковці вимушені використовувати фізичні закони, встановлені у земних лабораторіях (у масштабах макросвіту), при деяких «середніх» значеннях фізичних параметрів. Внаслідок екстраполяції законів класичної фізики на весь Всесвіт на ранніх етапах його дослідження виникли фотометричний та гравітаційний космологічні парадокси, а також теорія «теплової смерті» Всесвіту [6, 87].

Про фотометричний парадокс говорив ще Кеплер, але у остаточному вигляді його сформулював у 1744 р. швейцарський астроном Жан Шезо. Суть його полягає в тому, що, якби простір був нескінченний і рівномірно заповнений зорями, то небо на Землі було б яскравим, як повний місяць.

Гравітаційний парадокс детально проаналізував у 1895 р. німецький астроном Хуго Зелігер. Він полягає у тому, що, якщо у просторі густина речовини не є нескінченно малою, а кожні дві частинки притягуються за законом Ньютона, то сила тяжіння, що діє на будь-яке тіло, може бути якою завгодно великою. Відповідно, прискорення, отримані тілами під дією цієї сили, також повинні бути нескінченними. Це приведе до того, що речовина у Всесвіті майже миттєво сколапсує.

Для усунення цих парадоксів висловлювалися ряд гіпотез. Згідно з ними або загальна маса всіх тіл у Всесвіті є скінченною, або середня густина речовини у світовому просторі навіть при нескінченно великій масі наближається до нуля, або закон тяжіння Ньютона є неточним. Першу і третю гіпотези після всебічного аналізу відкинули. Другу, розвинули шляхом введення *моделі острівного Всесвіту*. Її у 1761 р. запропонував німецький вчений Йоганн Ламберт. Згідно з цією моделлю речовина розподілена у просторі «ієрархічно»: системи першого порядку об'єднані в системи другого порядку і т. інше, причому відстані між системами істотно перевищують їх характерні розміри. Однак з 20-х років ХХ століття стало очевидним, що і цю гіпотезу треба відкинути, оскільки в середньому розподіл речовини у просторі виявився рівномірним. Відмітимо, що дослідження останніх десятиріч свідчать, що це не зовсім так [87].

Згадані вище парадокси заперечували концепцію нескінченності простору. Теорія ж «теплової смерті» ставила під сумнів ідею вічності Всесвіту. Адже, якщо світ існує вічно, то у ньому вже давно повинно було відбутися вирівнювання температури. Дійсно, згідно з другим началом термодинаміки тепло повинно було б розподілитися між усіма тілами Всесвіту рівномірно і будь-які процеси теплообміну стали б неможливими. Але результати спостережень суперечать цьому висновку.

Сучасна *релятивістська космологія* базується на ЗТВ Альберта Ейнштейна [88]. У ній немає місця ні для фотометричного, ні для гравітаційного парадоксів. Перший з них усувається, якщо прийняти до уваги розширення Всесвіту. Що стосується проблеми вирівнювання температури, то, як з'ясувалося, на ранній стадії розвитку Всесвіту вона вже була однаковою в усіх точках простору, і цей стан досить довго

зберігався при його роздуванні. Однак, згодом почали діяти певні механізми, які привели до формування неоднорідностей густини та виникнення звичних для нас форм речовини. Це забезпечило згодом можливість проходження термоядерних реакцій, урізноманітнення світу хімічних елементів та виникнення відомого нам складного Всесвіту.

26 ОСНОВНІ КОСМОЛОГІЧНІ МОДЕЛІ

26.1 Перші релятивістські моделі Всесвіту

Становлення сучасної космології пов'язують з розробленням А.Ейнштейном ЗТВ (1907-1917 рр.). Ця теорія вперше в історії фізики дозволила описати Всесвіт у цілому [53, 88]. У рамках ЗТВ Ейнштейн зробив спробу побудувати модель статичного (стаціонарного) однорідного Всесвіту (таблиця 8), тобто Всесвіту, для якого тиск (P) і густина матерії (ρ) у всіх точках простору є сталими величинами, що не залежать від часу. Однак виявилось, що при будь-яких значеннях $P > 0$ і $\rho > 0$ рівняння ЗТВ не сумісні з уявленнями про статичний Всесвіт, оскільки гравітаційні сили у такому Всесвіті є некомпенсованими.

Таблиця 8 - Основні етапи розвитку сучасної космології

Теорія	Експерименти, що підтвердили теорію
1	2
1917 р. – Ейнштейн запропонував модель стаціонарного Всесвіту з ненульовою космологічною сталою, Λ - членом	1912 р. - відкриття позагалактичних об'єктів (Слайфер) 1924 р. - відкриття червоного зміщення у спектрах галактик (Слайфер)

Продовження табл.8

1	2
<p>1917 р. - де Сіттер розробив <i>несингулярну модель нестационарного порожнього Всесвіту</i> з космологічною сталою, який розширюється за експоненціальним законом</p>	
<p>1922 р. - Фрідман запропонував <i>сингулярну модель нестационарного Всесвіту</i> без космологічного члена, який розширюється за степенним законом</p>	<p>1929 р. – на основі аналізу червоного зміщення спектрів галактик встановлено <i>закон, який описує розбігання галактик</i> (Хаббл). 1958 р. Оорт виявив <i>приховану</i> (що не світиться) масу в скупченнях галактик</p>
<p>1931 р. Леметр висловив гіпотезу про народження Всесвіту, що розширюється, в результаті вибуху первинного атома (<i>Великий Вибух</i>)</p>	<p>1963 р. - Шмідт відкрив <i>квазари</i> (квазізоряні об'єкти з світимістю, що перевищує світимість галактик)</p>
<p>1934 р. - встановлено, що основні висновки теорії Фрідмана можуть бути одержані у рамках <i>ньютонівської теорії</i> (Мілнс, Маскрі)</p>	

Продовження табл.8

1	2
<p>1948 р. – розроблена модель “<i>гарячого Всесвіту</i>”, або так звана <i>стандартна модель</i> (Гамов)</p>	<p>1965 р. - відкриття <i>реліктового випромінювання</i> з $T=2,7$ К (Пензіас, Вільсон).</p> <p>1992 р. - Смуті та ін. виміряли <i>анізотропію реліктового випромінювання</i> і одержали розкид температур $\Delta T/T=10^{-5}$.</p> <p>2002 р. - Ковач та ін. виявили <i>поляризацію реліктового випромінювання</i></p>
<p>1965 р. - Глінер запропонував гіпотезу про існування на ранній стадії еволюції Всесвіту <i>вакуумно-подібного середовища</i>, що приводить до космологічної моделі де Сіттера, яка через нестійкість потім переходить у модель Фрідмана</p>	
<p>1967 р. – побудована <i>єдина теорія слабких і електромагнітних взаємодій</i> (Глешоу, Вайнберг, Салам)</p>	<p>1983 р. - відкриття <i>Z-, W- бозонів</i> (Руббія, Мейер)</p>
<p>1967 р. – де Вітт вивів <i>основне рівняння квантової геометродинаміки</i>, яке називається рівнянням Уїлера-де Вітта і розглянув першу квантово-космологічну модель</p>	

Продовження табл.8

1	2
<p>1970 р. Гриб, Мамаєв, Мостепаненко, Зельдович, Старобінський і Паркер розробили <i>теорію народження частинок у фрідманівському Всесвіті</i></p>	
<p>1973 р. - ідея народження Всесвіту в результаті <i>квантової флуктуації вакууму</i> (Фомін, Тріон)</p>	<p>2000 р. - експерименти у ЦЕРНі з <i>моделювання Великого Вибуху</i>. Одержано стан матерії, який відповідає $t=10^{-6}$с від початку виникнення Всесвіту</p>
<p>1979 р. - модель Всесвіту, що розширюється експоненціально, так звана <i>інфляційна модель</i> (Гут, Старобінський)</p>	<p>1996-2001 рр. - відкриття квазарів, які знаходяться на відстані (виміряній у світлових роках), <i>більшій, ніж час існування Всесвіту</i></p>
<p>1982 р. - <i>модель хаотичного роздуття</i> (Альбрехт, Стейнхардт)</p>	<p>1979 р. - Уолш вперше спостерігав <i>гравітаційну лінзу</i> (об'єкт, що викривлює промені світла за рахунок тяжіння) 1998 р. - можливе відкриття <i>космічних струн</i> завдяки ефекту “мікролінзування” (Тернер)</p>

Продовження табл.8

1	2
<p>1982 р. Віленкін на основі рівняння Уїлера - де Вітта запропонував квантово-космологічну модель для деситтерівського Всесвіту і звів розгляд його народження з деситтерівського вакууму як квантової флуктуації до тунельного ефекту, аналогічного до альфа-розпаду радіоактивного атома</p>	
<p>1983 р. - Хартл і Хокінг ввели в розгляд хвильову функцію Всесвіту</p>	
<p>1982-1986 р. – запропоновано декілька моделей численних всесвітів (Лінде, Розенталь)</p>	<p>Експериментально не підтверджена</p>
<p>1987 р. - Фархі і Гут розглянули народження Всесвіту в лабораторії в результаті штучного стиснення речовини до гравітаційного радіуса</p>	
<p>1998 р. - Хокінг і Турок показали можливість народження відкритих і плоских Всесвітів</p>	

Продовження табл.8

1	2
2001 р. Стейнхард і Турок – запропонували <i>експіричну модель багатовимірного Всесвіту</i> , що враховує прискорене його розширення	1998-2002 рр. – Шмідт, Перлмуттер та ін. відкрили <i>прискорене розширення Всесвіту</i> . Встановлено, що його динаміка визначається темною енергією (квінтесенцією), яка складає 73% загальної маси матерії
	2001 р. - встановлення того факту, що <i>темною енергією може бути фізичний вакуум</i> (Чернін, Теерикорпі, Барішев)

Під впливом загальноприйнятої фізичної парадигми того часу про незмінність Всесвіту, Ейнштейн був змушений ввести у свої рівняння додатковий доданок Λ , який одержав назву *космологічної сталої*. Цей доданок *фактично враховує наявність у Всесвіті деяких сил відштовхування ($\Lambda > 0$) чи притягання ($\Lambda < 0$)* не гравітаційної природи. Саме ці сили, врівноважуючи гравітаційні, забезпечили незмінність Всесвіту у моделі Ейнштейна. Як показують розрахунки, відповідні сили повинні зростати при збільшенні відстані між точками Всесвіту і не залежати від маси тіл.

26.2 Фрідманівська модель

Найбільш важливим класом моделей, які можуть бути одержані із ЗТВ, є *моделі нестатичного Всесвіту*. Першу з них у 1922-1924 рр. побудував російський вчений - метеоролог А.Фрідман. Він довів, що рівняння ЗТВ припускають існування Всесвіту, у якому відстань між двома довільно вибраними точками простору змінюється з часом (рис.75) [55, 88].

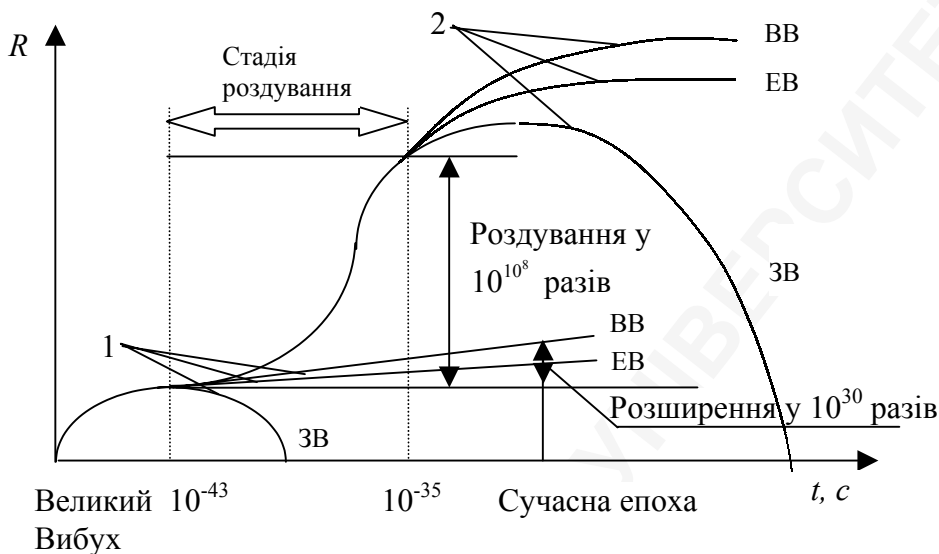


Рисунок 75 - Залежність масштабного фактору R від часу в різних моделях Всесвіту (ВВ - відкритий Всесвіт, ЕВ - евклідовий Всесвіт, ЗВ – замкнений Всесвіт). Наведені результати стандартної (1) та інфляційної (2) моделей

Рівняння Фрідмана мають такий вигляд [88].

$$\frac{R'^2}{R^2} + \frac{2R''}{R} + \frac{8\pi G\rho}{c^2} = -\frac{kc^2}{R^2} + \Lambda c^2, \quad (54)$$

$$\frac{R'^2}{R^2} + \frac{8\pi G\rho}{3} = -\frac{kc^2}{R^2} + \frac{1}{3}\Lambda c^2, \quad (55)$$

де k – параметр, значення якого невідоме; G , Λ – гравітаційна та космологічна сталі; ρ – густина матерії у Всесвіті; c – швидкість світла.

Ця система двох диференціальних рівнянь дозволяє досліджувати зміну радіуса кривини тієї чи іншої моделі Всесвіту від часу, тобто його еволюцію. Космологічні моделі “будують”

шляхом інтегрування даної системи у припущенні, що тиском P можна знехтувати. При цьому формально задають деякі значення густини речовини у Всесвіті ρ на даний момент часу t_0 , а також значення константи Λ . Як правило, у більшості моделей вважається, що $\Lambda=0$. Цей випадок відповідає Всесвіту, де існують тільки гравітаційні сили. Параметр k визначають із співвідношення між заданим значенням ρ і деякою теоретично розрахованою густиною ρ_k (фізичний зміст цієї величини розглянуто нижче).

Хоча перша модель Всесвіту, що розширюється, була побудована на підставі ЗТВ, її основні висновки, як продемонстрували англійські астрофізики Мілн і Маккрі (1934 р.), можуть бути одержані у рамках ньютонівської теорії гравітації [55, 88]. Оскільки розгляд еволюції Всесвіту з використанням теорії відносності є досить складним, обмежимося саме цим наближенням.

При розгляді основних етапів еволюції Всесвіту будемо вважати, що динаміка його розширення визначається винятково гравітаційними силами. Дійсно, якщо відстань між елементарними частинками r перевищує розміри r_a адронів ($r_a \sim 10^{-15}$ м), то короткодійчі взаємодії (сильна і слабка) не можуть відігравати суттєвої ролі. На ранніх стадіях розширення, коли $r < 10^{-15}$ м, короткодійчі сили не впливають на динаміку розлітання матерії, оскільки це сили взаємодії небагатьох частинок, у той час, як гравітаційний вплив на кожну частинку є сумою сил усіх частинок Всесвіту.

Далекодійну електромагнітну взаємодію можна не враховувати у зв'язку з електронейтральністю Всесвіту. Це приводить до компенсації сил, зумовлених негативними і позитивними електричними зарядами. У результаті еволюція Всесвіту у цілому визначається тільки гравітаційною взаємодією.

Постулати однорідності та ізотропності матерії у Всесвіті приблизно відповідають образу сфери, рівномірно заповненої речовиною. Отже, у ньютонівському наближенні задача про розширення Всесвіту зводиться до розгляду динаміки однорідної та ізотропної сфери речовини у власному гравітаційному полі.

Для розв'язання задачі скористаємося відомим висновком класичної механіки про те, що на будь-яке тіло масою m , яке знаходиться всередині однорідної сфери з радіусом R , діє лише речовина, яка розміщена всередині сфери r , де r - відстань тіла до центра сфери (рис. 76). Відповідно сумарна дія частинок, що знаходяться зовні сфери з радіусом r , повністю компенсується.

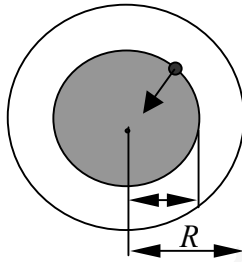


Рисунок 76 - Гравітаційна дія на тіло масою m , яке знаходиться всередині однорідної ізотропної сфери з радіусом R

Запишемо рівняння руху довільної пробної частинки m . Речовина, що міститься всередині сфери з радіусом r ; на тіло діє так, немов би вона зосереджена у центрі цієї сфери. Звідси можна записати:

$$-G \frac{Mm}{r^2} = ma, \quad (56)$$

де M – сумарна маса речовини, яка міститься у сфері з радіусом r ; a – прискорення частинки.

Знак “мінус” у співвідношенні обумовлений тим, що гравітаційні сили - сили притягання. У подальшому будемо вважати, що $r = R_B$, $M = M_B$, де R_B і M_B - радіус і маса Всесвіту.

Тоді рівняння (56) можна переписати у вигляді

$$-G \frac{M_B m}{R_B^2} = m \frac{d^2 R_B}{dt_B^2}. \quad (57)$$

Вважаючи, що маса M_B речовини залишається незмінною у процесі еволюції Всесвіту, легко записати інтеграл руху частинки m :

$$\frac{1}{2} \left(\frac{dR_B}{dt_B} \right)^2 - G \frac{M_B}{R_B} = E, \quad (58)$$

де E – стала інтегрування.

Останнє співвідношення має просту фізичну інтерпретацію. Воно є законом збереження енергії “ізолюваного” (крайового) елемента Всесвіту з масою m і містить кінетичну і потенціальну енергії цього елемента. Виправданням ізоляції крайового елемента є закон Хаббла (дивись нижче). Усі маси, що знаходяться всередині сфери, мають швидкість, яка є меншою за

швидкість $v = \frac{dR_B}{dt_B}$ елемента, розташованого на межі Всесвіту, і

тому при розширенні матерії не можуть його наздогнати.

З рівняння (58) можна зробити такі важливі висновки. Якщо $E > 0$, то швидкість v пробної частинки масою m ніколи не

дорівнюватиме нулю, оскільки доданок $-G \frac{M_B}{r_B}$ завжди має знак

мінус. У випадку, коли $E < 0$, існують такі значення R_B , при яких рух частинки припиняється, $v = 0$. Ці можливі варіанти пояснюються таким чином: випадок $E > 0$ відповідає ситуації,

коли кінетична енергія $\frac{mv^2}{2}$ маси, рух якої розглядається,

перевищує її потенціальну енергію $G \frac{M_B}{R_B}$, тому розширення

сфери речовини буде продовжуватися нескінченно довго (аналогія – тіло, кинуте із землі зі швидкістю, що перевищує першу космічну). Цей випадок відповідає моделі так званого *відкритого Всесвіту* (ВВ). В іншому випадку рух пробної частинки буде відбуватися з *уповільненням* і у момент часу, коли її швидкість v обертається у нуль, розширення Всесвіту зміниться на стискання

(аналогія – тіло, кинуте зі швидкістю, яка менша, ніж перша космічна). Такий сценарій називають *моделлю замкнутого (закритого) Всесвіту (ЗВ)* [88-95].

Відповідні залежності $R_B(t_B)$ для відкритого та замкнутого Всесвіту наведені на рис. 75. Рисунок свідчить, що у момент часу $t_B = 0$ радіус Всесвіту дорівнював нулю. Цей стан одержав назву *сингулярності*. Саме в даний момент в результаті *Великого Вибуху (Big Band)* виник наш Всесвіт. При цьому, оскільки повна енергія Всесвіту дорівнює нулю, витрат енергії на його розширення не знадобилося (дивися нижче)! Основні етапи подальшої еволюції Всесвіту наведені на рис.77 [95-96].

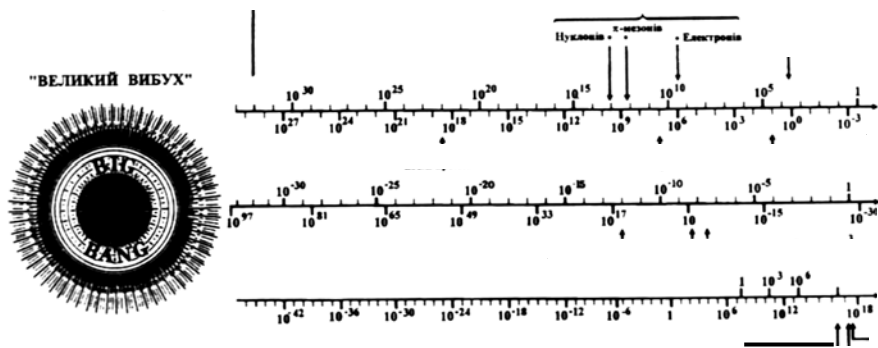


Рисунок 77 - Еволюція Всесвіту після Великого Вибуху

Рівняння (58) можна звести до вигляду, більш зручного для аналізу. Для цього врахуємо, що масу Всесвіту можна записати у вигляді $M_B = \frac{4}{3} \pi \rho R_B^3$, і згідно із законом, відкритим Хабблом [55, 88]:

$$v = \frac{dR_B}{dt_B} = HR_B, \quad (59)$$

де H - стала Хаббла.

Тоді співвідношення (58) запишеться так:

$$H^2 - \frac{8}{3}\pi\rho G = \frac{2E}{R_B^2}. \quad (60)$$

З цього рівняння випливає, що в процесі еволюції Всесвіт буде розширюватися необмежено, якщо $\rho < \rho_k$ ($E > 0$). У випадку, коли $\rho > \rho_k$ ($E < 0$), його розширення з часом зміниться на стискання. Відповідно, такий Всесвіт періодично гине і знов народжується в результаті нового Великого Вибуху. Величина

$\rho_k = \frac{3H^2}{8\pi G}$ одержала назву критичної густини матерії і може бути

легко розрахована. Проте значно частіше для визначення моделі розширення Всесвіту використовується безрозмірна величина

$\Omega = \frac{\rho}{\rho_k}$, яка може набувати значення $\Omega \leq 1$ [55, 88, 96].

Для кількісного опису еволюції Всесвіту необхідно розв'язати рівняння (58) або (60). Щоб спростити розв'язок, будемо вважати, що $E=0$. Існує два виправдання подібного спрощення. По-перше, результати спостережень свідчать на користь цього припущення, по-друге, при достатньо малих R_B (на

початку розширення) член $\frac{GM_B}{R_B}$ є великим (при

$R_B \rightarrow 0, |E| \ll \frac{GM_B}{R_B}$).

У взятому наближенні рівняння (58) має простий розв'язок

$$\frac{2}{3}R_B^{3/2} = (2GM_B)^{1/2}t_B + const. \quad (61)$$

Будемо відраховувати час ($t_B = 0$) від моменту, коли $R_B = 0$. Тоді остаточно одержимо такі рівняння:

$$R_B(t_B) = \left(\frac{9}{2} GM_B \right)^{1/3} t_B^{2/3}, \quad \rho(t_B) = \frac{1}{6\pi G t_B^2}, \quad H(t_B) = \frac{2}{3t_B}. \quad (62)$$

Ці співвідношення дозволяють розрахувати час існування Всесвіту, його розміри і середню густину речовини у довільний момент часу.

У деяких монографіях з космології наводяться більш складні вирази для сталої Хаббла та інших параметрів Всесвіту. Це пов'язано з використанням авторами релятивістського наближення, а також врахуванням викривлення простору-часу у ЗТВ. У цьому випадку кривина простору Всесвіту визначається співвідношенням $K = \frac{1}{R^2} = \frac{8\pi G}{3c^2}(\rho - \rho_k)$ [96]. Відповідно, у замкненому Всесвіті ($\rho > \rho_k$, $\Omega > 1$, $K > 0$) властивості простору визначає сферична геометрія (геометрія простору з додатною кривиною, рис. 78 б). Якщо $\rho = \rho_k$ ($\Omega = 1$, $K = 0$), то геометрія Всесвіту евклідова (кривина простору дорівнює нулю, рис. 78 а). У випадку, коли $\rho < \rho_k$ ($\Omega < 1$, $K < 0$), геометрія Всесвіту аналогічна до геометрії на поверхні Лобачевського (простір від'ємної кривини, рис. 78 в) [55, 88, 96].

Незважаючи на те, що ньютонівська теорія приводить до результатів, які збігаються з висновками ЗТВ, це наближення є не зовсім послідовним. Непослідовність стає очевидною, коли спробувати об'єднати основні космологічні постулати (однорідність, ізотропність) із взятою нами сферичною моделлю Всесвіту. Зрозуміло, що на межі сфери однорідність та ізотропія відсутні. ЗТВ повністю усуває цю непослідовність, оскільки у цій теорії властивості простору Всесвіту визначаються густиною ρ . Наприклад, у випадку якщо $\rho > \rho_k$ Всесвіт – замкнений об'єм (*гіперсфера*) у тривимірному, неевклідовому просторі [88, 96].

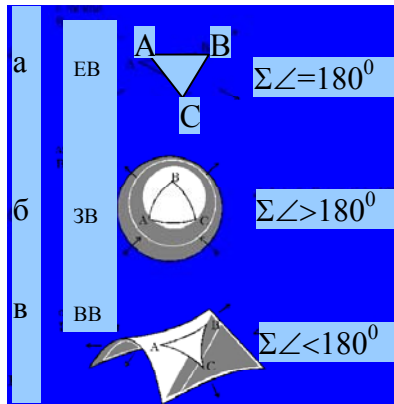


Рисунок 78 - Різні геометрії Всесвіту, що відповідають різній густині його матерії: $\rho = \rho_k$ (а); $\rho > \rho_k$ (б); $\rho < \rho_k$ (в)

Хоча цей об'єм скінченний, однак у ньому відсутні межі, які має сфера у моделі, розглянутій раніше. Таким чином, лише ЗТВ дає послідовний і адекватний опис Всесвіту, хоча деякі проблеми вирішити у рамках цієї теорії, як ми побачимо у подальшому, все ж неможливо.

Теорія Фрідмана була остаточно підтверджена дослідженнями В.Слайфера і Е.Хаббла. Згідно з даними Слайфера усі галактики віддаляються від нашої. Про це свідчить той факт, що лінії в їх спектрах випромінювання є зміщеними до червоного краю. Це зміщення виникає внаслідок ефекту Доплера і характеризується параметром

$$Z = \frac{\lambda_0 - \lambda}{\lambda} = \frac{\Delta\lambda}{\lambda} = \frac{v}{c},$$

де λ - дов-

жина хвилі світла, що випромінюється; λ_0 - довжина хвилі світла, що сприймається; v - швидкість руху об'єкта. Звідси можна визначити швидкість віддалення будь-якої зірки або галактики, яка дорівнює $v = cZ$. Даний ефект одержав назву червоного зміщення випромінювання [55, 88, 96].

Хаббл, скориставшись спостереженнями Слайфера, визначив відстань до багатьох галактик і у 1929 р. сформулював закон Хаббла у вигляді (59). З цього закону випливає, що галактики "розбігаються" у просторі з тим більшою швидкістю чим далі від нас вони знаходяться (рис. 79). Це означає тільки

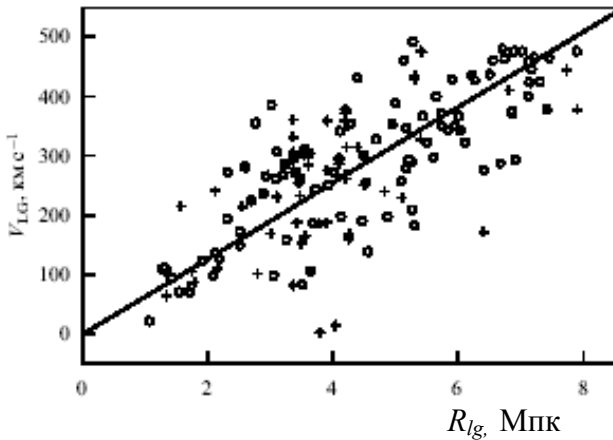


Рисунок 79 - Пропорційність швидкості віддалення галактик відстані до них. Діаграма Хаббла побудована для 145 галактик Місцевого об'єму, в який входить і наша галактика. Система центра мас Місцевої групи

одне: *Всесвіт дійсно розширюється.* При цьому мова йде саме про розширення простору-часу Всесвіту. Визначивши сталу Хаббла із співвідношення (62) або рис. 79, можна оцінити час існування Всесвіту ($t \approx \frac{1}{H}$). Розрахунки свідчать, що він складає 18–20 мільярдів років) [55, 88]. Останні дослідження (2003 р.) знижують цю цифру до $13,7 \pm 0,2$ млрд років [97].

Результати експериментального визначення сталої Хаббла (на жаль, вона визначена із значною похибкою) дозволяють також знайти критичну густину матерії у Всесвіті. У сучасну епоху $H_0 \sim (78 \pm 8) \text{ км} \cdot \text{с}^{-1} \text{ Мпк}^{-1}$ (1 парсек = 3,26 св. років), звідси $5 \cdot 10^{-30} \text{ г/см}^3 \leq \rho_{k0} \leq 10^{-29} \text{ г/см}^3$ (індекс 0 показує, що ці величини належать саме до нашого часу). Усі ж оцінки реальної густини матерії дають значення $\rho \sim 5 \cdot 10^{-31} \text{ г/см}^3$, яке є більше, ніж у десять разів, меншим від критичного [8-9, 88]. Звідси повинно випливати, що Всесвіт описується моделлю від'ємної кривини і його розширення триватиме нескінченно. Однак за всіма ознаками ми живемо саме у замкненому Всесвіті при $\rho \geq \rho_k$ ($\Omega = \Omega_k \geq 1$) [55]. Це підтверджують і останні спостереження,

проведені супутником НАСА *Wilkinson Microwave Anisotropy Probe* - WMAP (дивись нижче). Окрім цього, взявши це припущення, можна усунути ряд перепон, що виникають при зіставленні теорії з результатами спостережень.

За сучасними уявленнями свій внесок у Ω дають чотири складові матерії Всесвіту: так звана темна енергія ($\Omega_V = \frac{\rho_V}{\rho_k}$), темна матерія ($\Omega_D = \frac{\rho_D}{\rho_k}$), матерія, що світиться ($\Omega_B = \frac{\rho_B}{\rho_k}$), та випромінювання або ультрарелятивістське середовище ($\Omega_R = \frac{\rho_R}{\rho_k}$). Останній доданок враховує внесок нейтрино, гравітонів та інших ультрарелятивістських частинок і полів космологічного походження. Тоді можна записати $\Omega = \Omega_V + \Omega_D + \Omega_B + \Omega_R$ [9-10, 98]. У випадку моделі плоского Всесвіту сума відносних густин дорівнює одиниці.

Різні компоненти космологічного середовища найчастіше називають *формами космічної енергії*. Людство поки що дослідило останні дві з них, природа перших двох складових досліджена слабо. При цьому на відомі форми енергії припадає, за останніми даними (2002 р.), лише 4% загальної маси. Таким чином, виявляється, що більша частина матерії у Всесвіті (96% !!!) поки що людству невідома (так звана *проблема прихованої маси*) [99].

Вперше приховану (темну) матерію у скупченнях галактик у 1958 році виявив Оорт. З того часу *пошук та з'ясування природи прихованої матерії стали основним завданням сучасної позагалактичної астрономії*. На даний час у рамках відомої людству речовини пояснити сутність темної матерії не вдалося. Такою речовиною можуть бути такі екзотичні об'єкти, як *фотіно* (суперпартнер фотону з масою $m \sim 10$ ГеВ), *аксіони* (частинки, запропоновані для пояснення відсутності CP порушення в сильних взаємодіях, $m \sim 10^{-6} - 10^{-3}$ еВ), *гравітіно* (суперпартнер гравітона, $m \sim 1$ кеВ), *нейтрино* (як нещодавно встановлено, у нейтрино є маса спокою), або гіпотетичні слабковзаємодіючі масивні частинки – *WIMP*, первинні чорні дірки, космічні струни

та інше [9-10, 55, 88]. Природа темної енергії на даний момент *не зрозуміла* зовсім [10].

Як вже зазначалося, у рівняння теорії Ейнштейна входить космологічна стала Λ . За її допомогою враховують можливе існування у світі додаткових далекодійних сил (крім гравітаційних). Розглянуті вище три моделі розширення Всесвіту відповідають випадку $\Lambda=0$. Якщо ж $\Lambda \neq 0$, то в залежності від значень Λ , ρ , ρ_k можлива реалізація однієї з двадцяти інших моделей, серед яких є як замкнені, так і відкриті. Однією з найбільш відомих серед них є *модель пустого (без матерії) Всесвіту de Сітера* [55, 88].

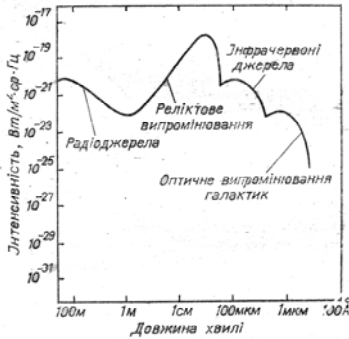
26.3 Модель гарячого Всесвіту

Досвід свідчить, що матерія у Всесвіті існує у двох формах: речовини і випромінювання. Але аналіз, проведений Ейнштейном та Фрідманом, ґрунтувався на припущенні, що Всесвіт складається *тільки із речовини*. Крім того, припускалося, що ця речовина є “холодною”, тобто кінетична енергія речовини є набагато меншою за масу спокою. Відповідна модель одержала назву моделі “*холодного Всесвіту*”. Вона панувала у космології майже до 60-х років ХХ ст. [55, 88].

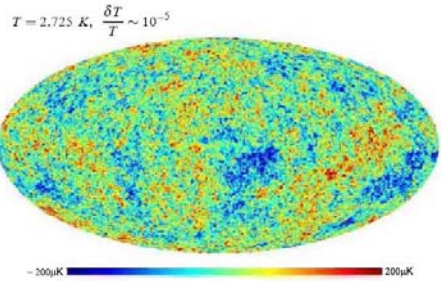
Початок нового етапу розвитку космології був пов'язаний з роботами Дж.Гамова (1948 р.), який показав, що “*ранній*” Всесвіт повинен бути гарячим. Запропонована ним космологічна модель свідчить, що в деякий момент часу практично припиняється взаємодія випромінювання з речовиною. З цього моменту випромінювання еволюціонує незалежно від матерії. Подібне залишкове випромінювання, що заповнює Всесвіт і має спектр абсолютно чорного тіла, одержало назву *реліктового* [55, 88, 96].

Реліктове випромінювання було відкрите у 1965 р. американськими радіоастрономами А.Пензіасом та Р.Вілсоном (рис.80 а). Після цього відкриття теорія “гарячого Всесвіту” стала загально визнаною і одержала назву *Стандартної космологічної моделі* (див. табл.8) [55, 88].

Розглянемо основні висновки моделі Гамова. Фізично вона зводиться до *аналізу еволюції сфери, заповненої випромінюванням з густиною енергії ϵ , яка розміщена у власному гравітаційному*



а



б

Рисунок 80 - Загальний спектр усередненого випромінювання від окремих джерел і реліктове радіовипромінювання у доступному для спостережень Всесвіті (а); карта просторового розподілу реліктового випромінювання раннього Всесвіту $t \sim 300$ тис років (дані 2003 р. космічного зонда НАСА WMAP) [97]

полі. Тоді модель Гамова (у ньютонівському наближенні) може бути описана співвідношеннями (58) і (60), наведеними раніше, в яких певним чином змінюється суть фізичних величин [55, 88].

При перетворенні цих рівнянь врахуємо, що маса Всесвіту може бути знайдена із співвідношення $M_B = \frac{4}{3} \pi \rho R_B^3$, де густина ρ пов'язана із густиною енергії випромінювання формулою Ейнштейна $\rho = \frac{\varepsilon}{c^2}$.

При адиабатичному розширенні Всесвіту, заповненого випромінюванням, загальна кількість фотонів у об'ємі залишається незмінною, разом з тим їх довжина хвилі λ збільшується пропорційно радіусу Всесвіту R_B . Відповідно температура T і енергія фотонів у процесі розширення Всесвіту зменшуються. Врахувавши, що $\lambda \sim R_B$ і відповідно енергія фотонів $\varepsilon \sim R_B^{-1}$, можна записати

$$\varepsilon = \frac{3N}{4\pi R_B^3} \frac{2\pi\hbar c}{\lambda} = bR_B^{-4}, \quad (63)$$

де N – загальна кількість фотонів; \hbar – стала Планка; b – стала.

З використанням вищезазначеного співвідношення вираз (58) можна подати у вигляді

$$\frac{1}{2} \left(\frac{dR_B}{dt_B} \right)^2 - \frac{4}{3} \pi \frac{aG}{c^2 R_B^2} = 0. \quad (64)$$

Як і раніше, тут вважається, що стала інтегрування E дорівнює нулю.

Розв'язок рівняння (64) має вигляд

$$R_B = \left(\frac{32\pi aG}{3 c^2} \right)^{\frac{1}{4}} t_B^{\frac{1}{2}}. \quad (65)$$

Зрозуміло, що залежність розміру Всесвіту R_B від часу t_B у моделі Гамова більш слабка, ніж у моделі “холодного Всесвіту” (співвідношення (62)). Скориставшись рівнянням (64) і законом випромінювання абсолютно чорного тіла $\varepsilon = \sigma T^4$ (де $\sigma = \frac{\pi^2 k^4}{15(\hbar c)^3}$ – стала Стефана-Больцмана), можна одержати такі співвідношення для густини енергії випромінювання, його температури та сталої Хаббла:

$$\varepsilon(t_B) = \frac{3}{32\pi} \frac{c^2}{G t_B^2}, \quad (66)$$

$$T_B(t_B) = \left(\frac{45}{32\pi^3 G} \frac{c^5 \hbar^3}{k^4} \right)^{\frac{1}{4}} t_B^{-\frac{1}{2}}, \quad (67)$$

$$H(t_B) = \frac{1}{2t_B}. \quad (68)$$

Останні два рівняння мають значний інтерес, оскільки *можуть бути перевірені дослідним шляхом*. Наприклад, підставляючи числові значення констант у вираз для температури Всесвіту T_B , одержимо дуже просте співвідношення, яке дозволяє розрахувати цю величину $T_B \sim \frac{10^{10}}{(t_B)^{\frac{1}{2}}}$ у будь-який момент часу

[55, 88]. Враховуючи час існування Всесвіту $t_B \sim 4,3 \cdot 10^{17}$ с, визначимо, що в нашу епоху температура реліктового випромінювання дорівнює $T_B \sim 15$ К, що узгоджується (за порядком величини) з експериментальним значенням $T_B \sim 2,7$ К. Цей збіг дуже задовільний, оскільки наша модель “гарячого Всесвіту” є *суттєвою ідеалізацією*. В ній ми знехтували очевидним фактом існування у Всесвіті речовини.

Реальний Всесвіт, як ми знаємо, має більш складний характер: *він складається як із речовини, так і з випромінювання*. У наш час густина енергії речовини ε_p істотно переважає над густиною енергії випромінювання ε_e . Дійсно, $\varepsilon_p \sim 10^{-1} - 10^{-2}$ Дж·см⁻³, у той час як $\varepsilon_e \sim 10^{-5}$ Дж·см⁻³; звідси одержимо $\frac{\varepsilon_p}{\varepsilon_e} = 10^4 - 10^3$. Разом з тим оскільки в моделі “гарячого Всесвіту” залежності ε_p і ε_e від R_B мають різний характер, то їх відношення змінюється у процесі еволюції Всесвіту $\frac{\varepsilon_p}{\varepsilon_e} \sim R_B$

[55, 88].

Отже, у розвитку Всесвіту існував період, коли $\varepsilon_p \sim \varepsilon_e$.

Легко показати, що «зламна» епоха, коли фотони знаходилися у термодинамічній рівновазі з гарячою ($T \sim 3000$ К) космічною кварк - глюонною плазмою, настала при $t_B^* \sim 10^3 - 10^4$ років (результати останніх спостережень свідчать, що $t_B^* \sim 380$ тис. років після Великого Вибуху). При $t_B < t_B^*$ *переважало випромінювання (ера випромінювання)*, при $t_B > t_B^*$ - *речовина (ера речовини)*.

Нейтрино і антинейтрино у ранньому Всесвіті деякий час також знаходилися у рівновазі з плазмою, що його заповнювала, але через малий переріз взаємодії з електронами вони відокремилися від речовини значно раніше, ніж фотони. Можна показати, що це відбулося при температурі $T \sim 10^{10}$ К через $t \sim 1$ с після Великого Вибуху. Нейтрино слабо взаємодіють між собою, тому нейтрино і антинейтрино не анігілювали і збереглися дотепер, як ще один релікт гарячого початкового стану Всесвіту. За оцінками у сучасну епоху температура космологічних реліктових нейтрино повинна складати $T \sim 2$ К, а їх концентрація $n \sim 450 \text{ см}^{-3}$. Дослідження цих залишкових нейтрино може дозволити зрозуміти особливості розвитку дуже раннього Всесвіту (10^{-9} с після Великого Вибуху).

Час $t_B \sim t_B^*$ виконує важливу роль у еволюції Всесвіту. Саме в цей період створюються умови, необхідні для формування галактик. Тоді ж, як ми з'ясували, практично припиняється взаємодія випромінювання з речовиною. *Всесвіт стає прозорим для світла*. З цього часу випромінювання лише змінює довжину хвилі, однак не змінює форму спектра, що відповідає спектру випромінювання чорного тіла - розподілу Планка [87]. Детальні і численні вимірювання реліктового випромінювання, проведені в діапазоні довжин хвиль $\lambda \sim 1 \text{ мм} - 10 \text{ см}$, продемонстрували повне узгодження результатів вимірювань з планківським спектром при $T_B \sim 2,736 \pm 0,003$ К (рис.80 а). Цей факт є вирішальним підтвердженням правильності основних припущень, покладених в основу моделі “гарячого Всесвіту”.

Існування реліктового випромінювання доводить, що на початку розширення Всесвіт був дуже гарячим. Важливість цього факту важко переоцінити. Тому доцільно підбити деякі підсумки досліджень реліктового випромінювання.

З високим ступенем точності експериментально була показана *просторова ізотропія реліктового випромінювання* (рис. 80 б). Ця обставина доводить його позагалактичну природу. У іншому разі (галактичне походження) воно неминуче відбивало б істотну несферичність Галактики і, отже, було б анізотропним. Цей факт кількісно узгоджується з передбаченням теорії “гарячого Всесвіту” і, зокрема, доводить один з основних космологічних постулатів – *ізотропію Всесвіту*. За спектральним розподілом реліктового випромінювання можна обчислити його густину енергії ε_{e0} , середню енергію фотонів E_{e0} та їх концентрацію n_{e0} . Числові значення цих величин складають $\varepsilon_{e0} \sim 1 \text{ eВ} \cdot \text{см}^{-3}$, $E_{e0} \sim 10^{-3} \text{ см}^{-3}$ і $n_{e0} \sim 10^9 \text{ см}^{-3}$ відповідно. Нескладні розрахунки дозволяють встановити, що у Всесвіті на кожний нуклон припадає 10^9 фотонів цього низькочастотного випромінювання. Незважаючи на велику концентрацію n_{e0} , фотони реліктового випромінювання майже не впливають на процеси, що відбуваються на Землі. Ця обставина - наслідок малого значення енергії E_{e0} фотонів [55, 88].

З теорії Гамова (співвідношення (67)) випливає, що при малих значеннях часу температура, а отже, і енергія частинок у Всесвіті досягала неймовірно високих значень. Відповідно побудувати модель такого Всесвіту можливо лише за умови використання фізики надвисоких енергій, квантової фізики та більш загальних теорій.

Сучасній науці відомо, що в природі існує всього чотири види взаємодій чи сил, які є фундаментальними: *гравітаційна, електромагнітна, слабка і сильна*. Усі інші види сил є похідними від фундаментальних [53, 76]. З того часу, коли Максвеллу вдалося об'єднати електричні і магнітні взаємодії, побудувавши теорію електромагнітних полів (1873 р.), у фізиці виникла ідея об'єднання усіх відомих видів взаємодії. Прогрес у вирішенні цього завдання намітився тільки у шестидесятих роках ХХ століття, коли Ш.Глешоу, С.Вайнбергу і Є.Саламу вдалося побудувати єдину теорію електромагнітної і слабкої взаємодії [78]. З цієї теорії випливає, що при енергіях, які перевищують 100 ГеВ, слабкі та електромагнітні сили неможливо розрізнити (рис. 68).

Симетрія між силами спонтанно порушується при енергіях, які ми спостерігаємо у повсякденному житті, і відновлюється при переході до енергій, що є вищими 100 ГеВ (рис. 69). Це явище, як вже зазначалося, можна розглядати як деякий фазовий перехід.

Відповідно при енергіях 10^{15} ГеВ до слабкої і електромагнітної взаємодій приєднується сильна, а при 10^{19} ГеВ - гравітаційна. Таким чином, у момент часу, коли Всесвіт знаходився при температурах, що відповідають енергії 10^{19} ГеВ ($T \sim 10^{32}$ К), він мав симетрію, яка відображалася у поєднанні всіх сил у природі. У міру охолодження Всесвіту відбулося декілька фазових переходів і симетрія спонтанно порушилася. Це привело до ускладнення будови нашого Всесвіту і виникнення чотирьох відомих видів взаємодії [88-93].

Відповідні теорії, які описують об'єднання сил у фізиці, називають теоріями *Великого і Надвеликого об'єднання*. Саме їх потрібно використовувати для побудови моделей "раннього" Всесвіту.

26.4 Сценарій інфляційного розширення

У середині 70-х років ХХ ст. стало зрозумілим, що у рамках Стандартної моделі гарячого Всесвіту неможливо вирішити цілий ряд космологічних проблем. Серед них такі [88-94].

1 Проблема сингулярності

Згідно з моделлю Гамова *Всесвіт виник зі стану нескінченної густини* у момент часу $t_B=0$ (сингулярний стан). Але тоді незрозуміло, що було до моменту Великого Вибуху і з чого утворився наш Всесвіт, адже у цей момент не було ні простору, ні часу.

2 Проблема евклідовості геометрії простору (проблема горизонту)

При відмінності густини матерії у Всесвіті від критичної геометрія світу повинна суттєво відрізнятись від евклідової. Разом з тим експерименти підтверджують, що *геометрія нашого світу є саме евклідовою*, але це можливо при збігу ρ і ρ_k з точністю до

50 знаків після коми!!!

3 Проблема однорідності і проблема виникнення галактик

Дослідження реліктового випромінювання показало, що у ранньому Всесвіті матерія була розподілена рівномірно. Тоді не зрозуміло, як утворилися початкові неоднорідності матерії, з яких потім виникли галактики та їх скупчення.

4 Проблема розмірності простору

Теорії, які розробляються останнім часом для пояснення будови Всесвіту, свідчать, що його простір не є тривимірним. При цьому припускається, що у ранньому Всесвіті всі просторові виміри, крім трьох, згорнулися (скомпактувалися) у тонкі трубочки з планківським розміром. Тоді зовсім не зрозуміло, чому простір нашого Всесвіту при цьому став саме тривимірним?

5 Проблема відсутності монополів Дірака

Частинки, що несуть магнітні заряди, весь час з'являються в багатьох новітніх фізичних теоріях, але експериментально ці частинки не виявлені. Необхідно відповісти на запитання, чому?

6 Проблема баріонної асиметрії Всесвіту

У нашому Всесвіті зовсім відсутня антиречовина (антипротони, антинейтрони, позитрони і таке ін.). Хоча в результаті Великого Вибуху у однаковій кількості виникали як частинки, так і античастинки. Необхідно пояснити, куди зникли античастинки у процесі еволюції Всесвіту? Це явище одержало назву *баріонної асиметрії*.

Необхідність вирішення зазначених і багатьох інших проблем (більше десяти), які не вирішені у рамках Стандартної космологічної моделі, привела до розроблення принципово нової моделі *Всесвіту, що розширюється інфляційно*. Становлення цієї моделі пов'язане з працями А. Гута, Є Глінера, В. де Сіттера, А. Старобінського, Я. Зельдовича, які ґрунтувалися на теорії об'єднання слабкої і електромагнітної взаємодії та Великому об'єднанню фундаментальних взаємодій. Поліпшений варіант цього сценарію, який зараз є загальноновизнаним, запропонований А. Лінде, А. Альбрехтом і П. Стейнхардтом у 1982-1983 рр. Він

одержав назву *моделі хаотичного роздування Всесвіту* (див. табл. 8) [55, 88-94, 100-101].

Згідно з новою моделлю розширення Всесвіту відбувається у дві стадії. На ранній стадії він роздувався так, що масштабний фактор зростав із часом за експоненціальним законом $R(t) = R_0 e^{At}$ (звідси і назва моделі: якщо щорічна швидкість інфляції є сталою, то ціни зростають за експоненціальним законом). Причиною розширення Всесвіту на цьому етапі є *негативний тиск фізичного вакууму*. Внаслідок дії сили відштовхування за проміжок часу від 10^{-43} с (теорія описує розширення саме з цього моменту) до 10^{-35} с масштаби Всесвіту зросли в $10^{100000000}$ разів (рис.75) [55, 88, 100-101]. При цьому густина звичайної речовини і відповідно її температура швидко зменшувалися, у той час як енергія вакууму до певного часу залишалася незмінною (рис.81). На другому етапі розширення Всесвіту відбувалося у відповідності до *Стандартної космологічної моделі за степеневим законом* (рівняння (65)).

Співвідношення, які дозволяють оцінити масштаби роздування Всесвіту на етапі інфляції, можна одержати у рамках класичного наближення з міркувань, аналогічних до використаних, при виведенні рівнянь Фрідмана. Для цього знову розглянемо рух пробної маси, яка розміщена на відстані r від центра однорідної сфери речовини з густиною ρ (рис.76). Під дією гравітаційних сил частинка набуває прискорення, що спрямоване до центра сфери:

$$a = -\frac{GM}{r^2} = -\frac{4}{3}\pi G\rho r. \quad (43)$$

Із ЗТВ випливає, що насправді прискорення частинки a залежить не тільки від густини матерії ρ , але і від її тиску P . З урахуванням цього можна записати таке узагальнююче співвідношення для a :

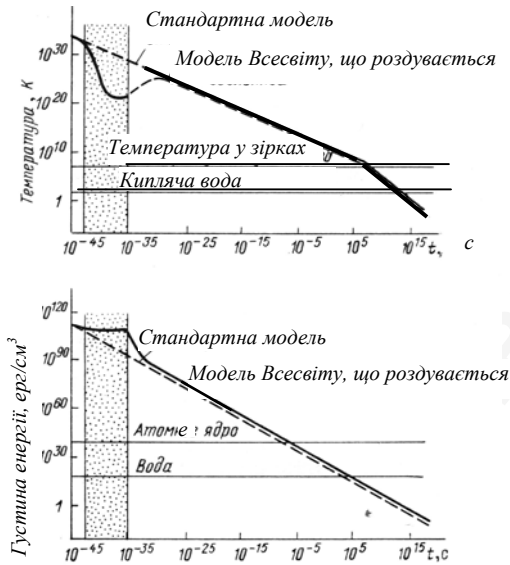


Рисунок 81 – Зміна температури і густини у нестаціонарному Всесвіті у випадку стандартної моделі та моделі Всесвіту, що роздувається інфляційно

$$a = -\frac{4}{3} \pi G \left(\rho + 3 \frac{P}{c^2} \right) r. \quad (70)$$

Одна з найцікавіших властивостей вакууму Всесвіту – буквально дивовижний зв'язок між його тиском P_B і густиною енергії $\varepsilon_B = c^2 \rho_B$ [10, 55, 88]. У звичайному середовищі обидві ці величини мають однаковий, позитивний знак. Але вакуум - дуже своєрідне середовище. У нього тиск негативний, він пов'язаний з густиною енергії співвідношенням

$$P_B = -\varepsilon_B = -c^2 \rho_B. \quad (71)$$

Враховуючи цей вираз, одержимо

$$a = \frac{4}{3} \pi G 2 \rho_B r = \frac{\Delta c^2}{3} r = \frac{d^2 r}{dt^2}, \quad (72)$$

$$\text{де } \Delta = \frac{8}{c^2} \pi G \rho_B r.$$

З формули випливає, що у вакуумі прискорення a пробної маси має позитивний знак. Отже, цим співвідношенням описується гравітаційне відитовхування, величина якого пропорційна відстані між точками. Із співвідношення (72) легко знайти вираз, який визначає зміну відстані між будь-якими частинками Всесвіту (а не тільки віддалення пробної частинки маси m) з часом:

$$r = r_0 e^{\sqrt{\Delta/3} ct}. \quad (73)$$

Видно, що вона дійсно зростає за експоненціальним законом. При цьому причиною розширення простору є особливі властивості фізичного вакууму Всесвіту.

У свою чергу, швидкість $v = \frac{dr}{dt}$, з якою відбувається “розбігання” частинок, дорівнює

$$v = \sqrt{\Delta/3} c r_0 e^{\sqrt{\Delta/3} ct} = \sqrt{\Delta/3} c r. \quad (74)$$

Порівнюючи це співвідношення із законом Хаббла (33), приходимо до висновку, що коефіцієнт пропорційності між швидкістю v і відстанню r у виразі (74) є сталою Хаббла для даної епохи $H = \sqrt{\Delta/3} c$ [55, 88, 100-101].

Скориставшись співвідношенням (74), легко розрахувати, що на стадії інфляційного роздування розміри Всесвіту збільшувалися зі швидкістю $v \sim 10^{10} \text{ см/с}$, яка на багато порядків перевищувала швидкість світла. Але це не суперечить висновкам

ЗТВ, оскільки швидкість збільшення розміру простору-часу, на відміну від швидкості передачі сигналу, може бути довільною. В результаті інфляції розміри Всесвіту збільшилися неймовірно, у 10^{10^8} разів.

Розглянемо основні стадії розвитку Всесвіту, що передбачає інфляційна космологічна модель. У відповідності до цієї моделі при $T > 10^{30}$ К процеси електромагнітної, слабкої і сильної взаємодій у Всесвіті не розрізнялися. Як реальні, так і віртуальні суб'ядерні частинки не мали маси, а потенціальна енергія їх взаємодії регулювалася єдиним полем Хіггса (носіями цього поля, як вже зазначалося, є бозони Хіггса або Х- та Y-бозони). Саме це поле, взаємодіючи з елементарними частинками, породжує їх масу, яка є тим більшою, чим сильнішою є взаємодія поля з частинкою. Говорять, що елементарні частинки одержують масу, захоплюючи бозони Хіггса [55, 88, 100].

У процесі інфляційного розширення Всесвіт швидко охолоджувався, при цьому при T_{B0} рівновага системи порушилася, в результаті відбувся фазовий перехід у стані вакууму (рис.82). Вакуум з первинного стану перейшов у новий стан, який характеризується значно меншою енергією. Відповідно властивості вакууму змінилися, з'явився так званий бозе-конденсат Хіггса.

У цей момент у результаті захоплення бозонів Хіггса утворюється велика кількість частинок і античастинок, які переходять з віртуального у реальний стан. Відповідно до формули Ейнштейна ($E = mc^2$) маса Всесвіту зростає від величини 10^{-5} г до 10^{50} тонн. Даний процес також приводить до відокремлення від єдиної взаємодії - сильної. Виникнення частинок із вакууму, яке відбувається протягом усієї фази роздування, і пов'язане з цим вивільнення енергії приводить до нового підвищення температури Всесвіту (аналогія - підвищення температури при випадінні снігу), яка досягає 10^{27} К (рис.81). З цього моменту його розширення відбувається вже у рамках стандартної моделі "гарячого Всесвіту" [55, 88, 100].

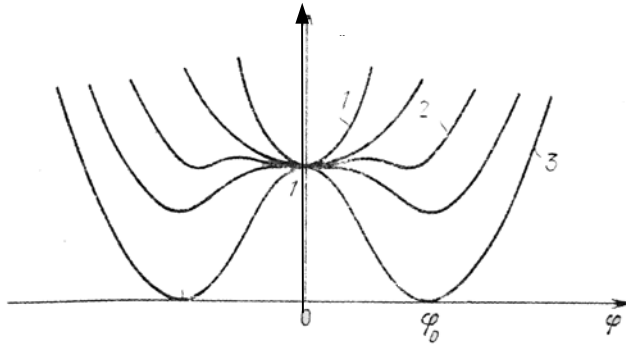


Рисунок 82 – Залежність потенціальної енергії взаємодії частинок від напруженості полів Хіггса при різних температурах:

1 - $T \gg T_{B0}$, 2 - $T \sim T_{B0}$, 3 - $T \ll T_{B0}$

Вдруге поле Хіггса приводить до фазового переходу при $t \sim 10^{-10}$ с від моменту утворення Всесвіту ($T = 10^{15}$ К), коли розділяються слабка і електромагнітна взаємодії.

Слід зазначити, що в процесі фазового переходу при $T \sim 10^{30}$ К ефективно утворюються як надважкі X - та Y -бозони, так і відповідна кількість антибозонів. Кожна з цих частинок може розпадатися на кварки та антикварки, причому розпад цей відбувається за двома схемами (двома каналами) і з різними ймовірностями. Наприклад, X -бозон, що має електричний заряд $+4/3e$, розпадається на два u -кварки ($X \rightarrow q_u + q_u$) або на антикварк \tilde{d} із зарядом $+1/3e$ і антилептон (позитрон e^+) з електричним зарядом $+e$ ($X \rightarrow \bar{q}_d + \bar{e}$). Внаслідок цього число кварків перевищує число антикварків. Після об'єднання кварків у протони і антипротони виникає переважання частинок над античастинками, що і спостерігається у сучасну еру еволюції Всесвіту. Розрахунки показують, що при цьому виникає істотний надлишок фотонів над баріонами (10^9), що також підтверджується експериментально [55, 88, 100].

Існування двох каналів розпаду X -бозона на кварки або антикварки-антилептиони фактично означає, що *баріонний заряд при цьому не зберігається*. Це свідчить про те, що *протон є нестійкою частинкою і повинен розпадатися*. Цей факт поки що експериментально не підтверджено.

Модель хаотичного роздування передбачає, що процес *фазового переходу у Всесвіті починає відбуватися одночасно у багатьох точках*. У результаті простір розбивається на безліч окремих зон – *доменів* (процес дуже схожий на кристалізацію розплавів металів, в результаті якої виникає полікристалічний матеріал). Між цими областями неминуче виникають двовимірні границі, так звані *доменні стінки*, у яких заморожується вихідний стан Всесвіту (його вакуум). У точках перетину трьох стінок можуть виникати також одновимірні об'єкти - *космічні струни*. Відповідно ці області мають колосальну енергію і густину. У подальшому під дією гравітаційних сил доменні стінки були розірвані на частини і майже миттєво колапсували, створивши чорні дірки, а от космічні струни - об'єкти з поперечним розміром 10^{-37} см і довжиною $\approx 10^{28}$ см (порядку діаметра Всесвіту) - у законсервованому вигляді *могли залишитися дотепер*. Ці струни та їх фрагменти рухаються у Всесвіті зі швидкістю, близькою до швидкості світла, згинаються, перетинаються і рвуться. Оскільки один метр такої "ниточки" важить більше Сонця, саме космічні струни внаслідок гравітаційного притягання матерії до них *могли б стати зародками галактик та їх скупчень* у однорідному ранньому Всесвіті [9, 100, 103]. Більш докладно стадії еволюції матерії у Всесвіті описані у таблиці 9 та рис.77 [55, 88, 95].

У рамках моделі хаотичного інфляційного розширення Всесвіту вирішуються усі проблеми, які не могли бути вирішені з використанням Стандартної моделі. Наприклад, факт евклідовості простору можна пояснити за допомогою елементарного прикладу. Якщо у початковий момент часу кривина простору і була дуже великою, то після роздування (у $10^{100000000}$ разів!) геометрія стає практично евклідовою (рис.83). Таким чином, навіть якщо у ранньому Всесвіті його густина істотно перевищувала критичну, то внаслідок роздування відбулося наближення до стану $\rho = \rho_k$ (кривина простору $K=0$).

Таблиця 9 - Еволюція матерії у Всесвіті

Стадія еволюції	Час	Стан матерії
1	2	3
Квантова ера	$3 \cdot 10^{-44}$ с	Космологічна сингулярність, первинний вакуум
Інфляційна ера	10^{-35} с	Експоненціальне роздування вакуумоподібного стану. Існування єдиної взаємодії (слабкої, електромагнітної, сильної)
Ера кварк-глюонної плазми		
Розпад вакуумоподібного стану	10^{-34} с	Фазовий перехід до гарячого Всесвіту, народження баріонної матерії. Плазма усіх фундаментальних частинок і античастинок
Виникнення баріонної асиметрії	10^{-32} с	Розпад X -, Y - бозонів, виникнення надлишку кварків над антикварками
Кварк-глюонна плазма	10^{-32} - 10^{-6} с	Первинна плазма із усіх поколінь кварків та глюонів, важкі кварки розпадаються, залишаються тільки легкі
Кварковий синтез	10^{-6} - 10^{-5} с	Кварк-адронний фазовий перехід, створення кваркових систем - баріонів і мезонів. Вільні кварки зникають

Продовження табл.9

1	2	3
Ера радіаційно-домінуючої плазми		
Нейтронно-протонна плазма	10^{-4} - 10^{-1} с	Нуклони у безлічі лептонів і фотонів, нейтрони поступово розпадаються
Первинний нукліосинтез	1 - 10^3 с	Створення легких ядер хімічних елементів
Високотемпературна іонізована плазма	10^3 - 10^5 років	Плазма з іонів водню (75%) і гелію (25%), електронів і фотонів
Ера речовини - ера прозорого Всесвіту		
Рекомбінація плазми	$3 \cdot 10^5$ - 10^6 років	Перетворення плазми у нейтральне середовище
Атомарний Всесвіт	10^6 - 10^9 років	Баріонна речовина у складі атомів, Всесвіт прозорий для фотонів
Зоряний Всесвіт (90% речовини міститься у зорях)	10^9 - $2 \cdot 10^{10}$ років	Формування галактик і зірок. Нукліосинтез у зорях. Утворення Сонячної системи

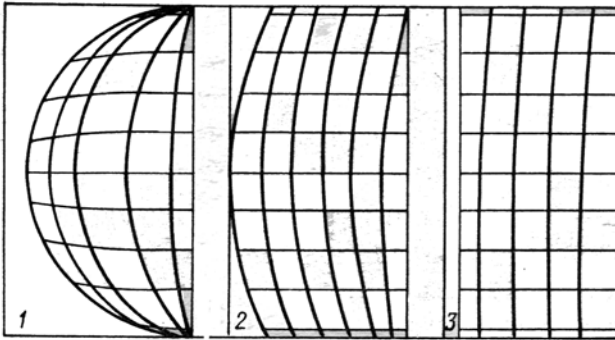


Рисунок 83 - Приклад, що пояснює евклідовість просторової геометрії спостережуваної частини Всесвіту: при різкому зростанні розмірів сферичного тіла його поверхня стає майже евклідовою

Згідно з теорією інфляційного розширення Всесвіту *магнітні монополі Дірака народжуються лише на найбільш ранніх стадіях роздування*, коли його температура дуже велика ($T = 10^{26}$ К). За теорією Великого об'єднання вони є “*вкрапленнями*” старого вакууму у новий [55, 88, 100]. При інфляції *монополі витискаються на край Всесвіту* і зараз їх всередині нашого домена немає. Вирішення проблеми баріонної асиметрії Всесвіту в рамках даної моделі вже розглянуто вище.

26.5 Квантове народження Всесвіту з вакууму

З факту розширення Всесвіту випливає, що у *минулому він мав мікроскопічні розміри*. Але добре відомо, що у *мікросвіті діють закони квантової теорії*. Відповідно у міру повернення до моменту Великого Вибуху розширення Всесвіту спочатку можна описувати у рамках класичних теорій, потім необхідно за допомогою квантової теорії поля розглядати народження суб'ядерних частинок (і інші квантово-польові ефекти) у викривленому просторі - часі. Нарешті, у випадку, коли час життя Всесвіту стає меншим від 10^{-35} с, слід квантувати геометрію простору-часу. Така операція одержала назву *квантової*

геометродинаміки. Її основним рівнянням є рівняння Уілера - де Вітта. Відповідно нова космологія одержала назву квантової космології.

У простих випадках квантова геометродинаміка формально зводиться до квантової механіки, хоча і виникають деякі труднощі з її інтерпретацією. Таким чином, квантова космологія є окремим випадком квантової геометродинаміки, що об'єднує ЗТВ і квантову механіку.

Рівняння Уілера-де Вітта можна одержати з рівняння Фрідмана. У загальному випадку це рівняння має вигляд $T+U=E$, де T – кінетична, U – потенціальна, а E – повна енергія Всесвіту. Шляхом простих перетворень одержимо $T+U-E=H$. У квантовій механіці усім динамічним змінним відповідають оператори [15]. Тоді остаточно можна записати $\hat{H}\varphi = 0$, де \hat{H} – оператор Гамільтона; φ – хвильова функція Всесвіту.

Як ми бачимо, рівняння Уілера-де Вітта має вигляд рівняння Шредінгера з нульовою енергією. Це відповідає випадку, коли поза даним Всесвітом матерія відсутня. Таким чином, рівняння Ейнштейна зводяться до стаціонарного рівняння типу рівняння Шредінгера, яке може бути розв'язаним у рамках стандартної квантової механіки.

Розв'язавши відповідне рівняння, можна одержати хвильову функцію Всесвіту, фаза якої при великих значеннях масштабного фактору може бути пов'язана із залежністю R від часу t . Таким чином, з вигляду хвильової функції можна одержати, яку залежність від часу матиме масштабний фактор в класичній області розширення Всесвіту. Класичний світ у квантовій космології виявляється запрограмованим на квантовому рівні.

Згідно з ідеями П.І.Фоміна і Є.Тріона виник такий Всесвіт з вакуумної флуктуації структури простору-часу (метрики) з початковою густиною матерії $\rho = 10^{94}$ г/см³ (це відповідає густині енергії первинного вакууму 10^{108} Дж/см³) і, фактично, на початковій стадії був подібний до елементарної частинки. Розмір раннього Всесвіту дорівнював 10^{-35} см, що менше ніж планківська довжина [55, 100-102]. Оскільки початкова стадія розширення Всесвіту є областю, у якій панують квантові процеси, то вона повинна підпорядковуватися принципу невизначеностей

Гейзенберга. Таким чином, нескінченності, які виникають у рамках класичної теорії Всесвіту, у квантовій теорії відсутні. Отже, *проблема сингулярності вирішується у рамках цієї моделі автоматично.*

Народження Всесвіту в квантовій космології в найпростішому випадку моделюється проходженням *планкеона* (суб'ядерна частинка з масою 10^{-5} г, яка необхідна для об'єднання чотирьох видів взаємодії) через потенціальний бар'єр за рахунок тунельного ефекту, аналогічно до того як випромінюється α -частинка атомним ядром. Вихід планкеона з-під бар'єра відповідає *народженню Всесвіту з вакууму*. Розрахунки показують, що ймовірність такого народження дуже мала і не перевищує значення $\omega \sim \exp(-10^9)$.

Якщо вважати, що наш Всесвіт є тільки частиною нескінченного світу, то в принципі він міг виникнути в результаті процесів, що відбувалися за його межами.

26.6 Теорія численних Всесвітів

У середині восьмидесятих років деякі фізики звернули увагу на *нестійкість структури Всесвіту відносно числових значень фундаментальних фізичних сталих*. Незначна варіація цих величин приводить до якісної зміни будови Всесвіту. Ця зміна зводиться до зникнення одного чи декількох основних елементів (стійких станів) Всесвіту: ядер, атомів, зірок або галактик, - тобто суттєвого його спрощення. Доказ нестійкості Всесвіту ґрунтується на докорінній зміні його властивостей при незначній варіації таких фундаментальних параметрів, як маса електрона m_e , нейтрона m_n та протона m_p , розмірність простору N , значення сталих гравітаційної α_g , електромагнітної α_e , слабкої α_w та сильної взаємодій α_s [55, 100, 104].

Розглянемо, як змінився б Всесвіт при зміні деяких з цих величин.

1 Стабільність найбільш поширеного у Всесвіті хімічного елемента - водню ґрунтується на тому, що маса електрона ($\sim 0,5$ МеВ) є меншою, ніж різниця мас нейтрона і протона: $m_e < m_n - m_p = \Delta m_N$ ($\sim 1,3$ МеВ). Якби маса електрона була у три рази більшою, відбувався б колапс атома водню за

схемою $p + e^- \rightarrow n + \nu$. Це означає, що галактики і зорі склалися б лише з нейтронів. Більш складних форм речовини – атомів і молекул, а відповідно і усього різноманіття нашого світу - у такому Всесвіті не існувало б. Між іншим, якщо порівняти електрон з іншими елементарними частинками, то стає зрозумілим, що його маса, як сказав І.Л.Розенталь: “Тігантська флуктуація, яка необхідна для існування складних форм речовини” [104]. Інші нерозглянуті тут процеси обмежують збільшення маси електрона у 1,5 разу.

2 Існує дуже жорстке обмеження на різницю мас нуклонів $\Delta m_N = m_n - m_p$. Річ у тім, що реакції синтезу, які відбуваються у надрах зірок, можливі завдяки стабільності дейтрона, яка забезпечується з дуже невеликим запасом різниці мас у відповідності до виразу $\Delta m_N = \varepsilon_d / c^2 - m_e$, $\Delta E \sim 1,7 \text{ MeV}$. Легко переконатися, що різниця мас нейтрона і протона (у енергетичних одиницях) $\Delta m_N = 1,3 \text{ MeV}$ є суттєво меншою, ніж різниця мас інших частинок, які належать до одного ізотопічного мультиплету (наприклад, $m_{\pi^\pm} - m_{\pi^0} \sim 5 \text{ MeV}$, $m_{\Sigma^-} - m_{\Sigma^0} \sim 5 \text{ MeV}$ і т. ін.) (рис.84).

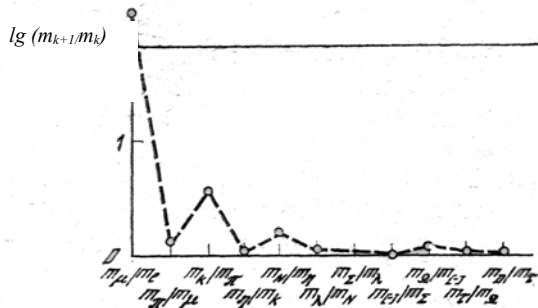


Рисунок 84 – Відношення мас елементарних частинок одного ізотопічного мультиплету. При значеннях маси електрона, що перебуває нижче горизонтальної лінії, атом стає нестійким

З збільшення сили взаємодії між нуклонами усього лише на декілька відсотків (<10%) приводить до того, що біпротон (система pp) стає стабільною частинкою. У цьому випадку водень за схемою ${}^1\text{H} + {}^1\text{H} \rightarrow {}^2\text{He} + \gamma$ катастрофічно швидко, вже в перші хвилини розширення Всесвіту, перетворюється у гелій, який стає єдиною складовою його речовини. Річ у тім, що вже при незначній зміні сили взаємодії між нуклонами реакція $3{}^4\text{He} \rightarrow {}^{12}\text{C}$ стає неможливою, таким чином, ланцюг реакцій синтезу усіх подальших елементів переривається.

Навпаки, якби сила взаємодії між нуклонами була на 5% слабшою, то дейтрон як стійка система існувати б не міг, оскільки кінетична енергія складових частинок (n і p) перевищувала б енергію їх зв'язку, отже, було б неможливим утворення ядер гелію.

Деякі інші обмеження значень фундаментальних сталих наведені у табл. 10. Знаки f_+ (f_-) позначають множники, на які можна помножити існуючі у Всесвіті числові значення фундаментальних сталих, зберігаючи при цьому усі основні його складові: ядра, атоми, зірки і галактики [55, 100, 104-106].

Слід зазначити, що деякі процеси, які визначають високу складність нашого Всесвіту, є малоймовірними. Наприклад, до таких процесів належить утворення атома вуглецю у результаті нукліосинтезу шляхом потрійного (!!!) злиття α -частинок ($3 {}^4\text{He} \rightarrow {}^{12}\text{C} + 7,7 \text{ MeV}$), а тому потребують збігу необхідних і існуючих значень фізичних сталих з величезною точністю. Таким чином, наука зіткнулася з великою кількістю фактів, окремий розгляд яких створює враження *незбагнених випадкових збігів, що не мають пояснення і межують з чудом*. Ймовірність кожного подібного збігу є дуже малою, а їх спільне існування - *факт зовсім неймовірний*.

Сукупність численних випадковостей такого типу була влучно названа П.Девісом "*тонким настроюванням Всесвіту*". Такий факт, якщо виключити гіпотезу існування Бога, має єдину інтерпретацію - *існування великої кількості всесвітів*. Як правило, ці всесвіти мають набагато простішу структуру, ніж наш, у якому відповідний набір фундаментальних сталих забезпечує його безпрецедентно складну архітектуру.

Таблиця 10 - Вплив зміни фундаментальних сталих на вигляд Всесвіту

Обґрунтування	f	Стала	f ₊	Обґрунтування
Флуктуативність сталої	?	m_e	1,5	Існування атомів
Існування атомів	0,4	Δm_N	1,6	Існування ядер
Можливість побудови єдиної теорії поля	0,8	α_e	1,6	Стабільність протонів
Існування складних ядер	0,9	α_s	1,1	Існування складних ядер; існування водню
Існування водню	0,1	α_w	10	Існування складних елементів
Флуктуативність сталої	?	α_g	10^4	Утворення галактик; антропний принцип
Антропний принцип Відсутність планетних систем	1	N	1	Відсутність планетних систем і атомів
Кількість можливих видів взаємодій	1	k	?	

Підтвердження цього висновку дає порівняння фундаментальних сталих з іншими сталими: а) винятково мале значення маси електрона порівняно із середньою масою елементарних частинок $\langle m \rangle$; б) мале значення Δm_N порівняно з $\langle m \rangle$; в) мале значення відношення α_g / α_e порівняно з одиницею та інше.

Для оцінювання загальної кількості існуючих всесвітів, як правило, спираються на розподіл елементарних частинок за масою (рис.85) [55, 100, 105-106].

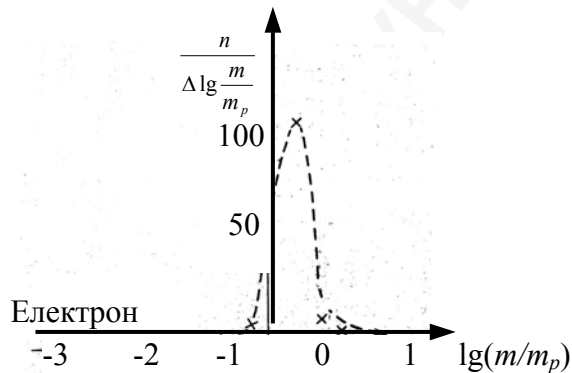


Рисунок 85 - Розподіл елементарних частинок за масами, який спостерігається на прискорювачах

Використовуючи визначені апроксимативні розподіли, можна зробити оцінку ймовірності того, що одна з елементарних частинок (наприклад, електрон) має масу в інтервалі значень від 0 до $3m_e$, тобто у тому інтервалі, який забезпечує стабільність основних структурних елементів Всесвіту. Виявляється, що ця ймовірність дорівнює $\omega \sim 10^{-5} - 10^{-6}$. Ще більше враження справляє оцінювання ймовірності виникнення частинок з масою X -бозона ($m_X \sim 10^{15}$ GeV) і планкеона ($m_{Pl} \sim 10^{19}$ GeV). Розрахунок показує, що ймовірність утворення цих частинок дорівнює 10^{-100} . Якщо у Всесвіті існує єдиний механізм формування спектра мас елементарних частинок, то можливо оцінити кількість всесвітів,

які мають структуру, більш просту, ніж наш. Оцінювання приводить до висновків, що повинно існувати близько 10^{100} всесвітів з різними наборами сталих α_g , α_e , α_ω , α_s , m_e/m_p і $(m_n - m_p)/m_N$. Відповідно наш Всесвіт з його унікальним набором властивостей, які у кінцевому підсумку привели до виникнення різноманітних форм життя аж до людини, що здатна досягнути і розкрити його таємниці, є *космічним феноменом* [55, 100, 104].

Цікавою є задача визначення набору фізичних констант та параметрів (а як остаточна мета і фізичних законів) інших всесвітів, в яких виконані якщо не достатні, то хоча б необхідні умови для виникнення складних структур, зокрема життя. На сьогодні така задача у повному обсязі поки що не розв'язана, тому автори праці [107-108] обмежилися розглядом можливих взаємопов'язаних змін двох констант взаємодій α_g і α_e .

З'ясувалося, що дозволені області параметрів $x = \lg \alpha_e^{-1}$ і $y = \lg \alpha_g^{-1/4}$ утворюють два острівці стійкості структур (рис. 86). Точка O на рис. 86 відповідає нашому Всесвіту. Розрахунки показують, що в області A`B`C`D` утворення складних структур і відповідно життя неможливе, оскільки мінімальна маса об'єкта в цій області $\sim 10^{-5}$ г (маса порошинки). Всесвіти, в яких значення фундаментальних сталих дещо відрізняються від таких в нашому Всесвіті, але в яких можливе існування життя, все ж є, їм відповідає область ABCD. Саме у цій області виконуються умови, необхідні для утворення складних структур, область же необхідних і достатніх умов може бути істотно меншою.

Звідки ж беруться всесвіти, що, на думку вчених, повинні існувати у дуже великій кількості? І.Розенталь вважає, що у світі безперечно існує *деякий фізичний вакуум великої (нескінченної?) розмірності* [55, 104, 106]. Для цього вакууму *не мають змісту такі фундаментальні поняття, як простір і час*. Метричний простір-час виникає лише в момент спонтанного утворення нового всесвіту з цього вакууму, а сам цей процес відбувається таким чином.

Згідно з теорією, розвиненою Розенталем, залежність густини енергії фізичного вакууму Всесвіту від значення його хвильової функції (рис. 87) має два мінімуми. Зазвичай вакуум

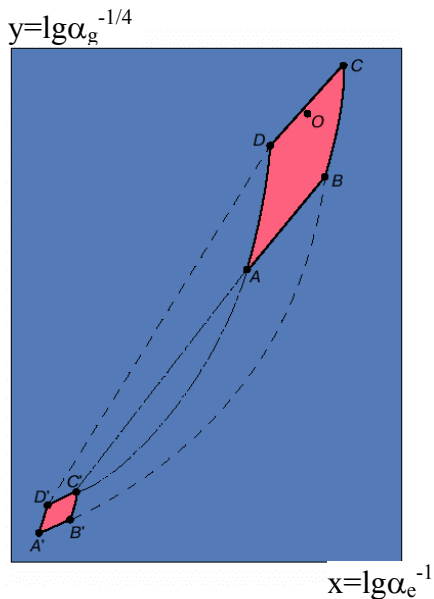


Рисунок 86 – Области фундаментальних сталих, де виникають необхідні умови для виникнення складних структур всесвіту, в тому числі життя (точка О відповідає нашому Всесвіту)

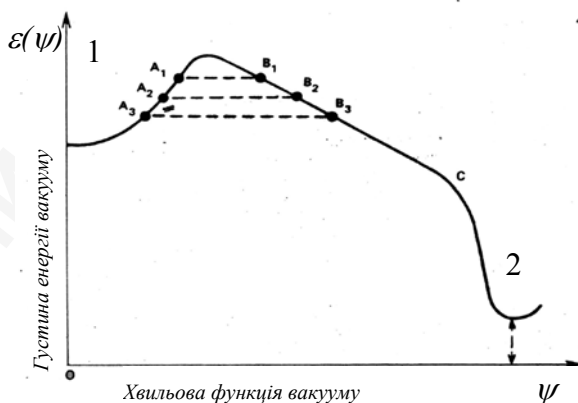


Рисунок 87 – Проходження вакуумних збурень Всесвіту через потенціальний бар'єр та стадія його інфляційного розширення

знаходиться у першому мінімумі. Через наявність потенціального бар'єра збудження вакуумного стану, як правило, приводять лише до "рябини" у "вакуумному морі", оскільки цей бар'єр перешкоджає їх розвитку. Лише дуже рідко, завдяки квантово-механічному тунельному ефекту, збудження "квантової піни" перетинає енергетичний бар'єр (квазіплоска частина залежності $\epsilon(\varphi)$). На ділянці ВС відбувається інфляційне розширення новоствореного всесвіту. Завершення цієї ділянки означає закінчення стадії інфляції. Після цього вакуум народженого всесвіту переходить у новий абсолютний мінімум густини енергії (мінімум 2). Важливо, що початок проходження вакуумного збудження крізь потенціальний бар'єр, а отже, тривалість інфляційної фази і розміри всесвітів відрізняються один від одного. Це приводить до формування світів з різними розмірностями простору-часу, набором взаємодій і числовими значеннями фундаментальних сталих.

Як можна уявити собі співіснування багатьох всесвітів? Можливо декілька варіантів. Наприклад, можна уявити систему гіперсфер (фрідмонів) різних діаметрів, які іноді перетинають одна одну, іноді топологічно не зв'язані між собою (ізолювані гіперсфери, $\rho > \rho_k$) або зв'язані тонкою перемичкою (модель Лінде, $\rho \leq \rho_k$). Кожна така гіперсфера "відповідає" окремому всесвіту з власними законами природи. Деякі з цих гіперсфер перебувають у стадії роздування, а деякі - у стадії стискання (аналогія - мильна піна з великою кількістю бульбашок, що розташовані довільним чином) [55, 100, 104]. При цьому вакуум одного всесвіту породжує флуктуації, необхідні для народження інших світів.

Ще одним варіантом є припущення, що Всесвіт проходить через безліч замкнених циклів розширення-стискання (рис.88). Закінчуючи своє життя, він породжує один за одним всесвіти наступних поколінь. При цьому на початку кожного циклу розширення набір фундаментальних сталих оновлюється. У такій нескінченній у часі моделі світу проблема сингулярності відсутня. Можливі й інші варіанти будови всесвіту. Наприклад, згідно з ідеями М.А.Маркова можливе існування всесвітів, у яких деякі частинки (максимони або планкеони), в свою чергу, є всесвітами.

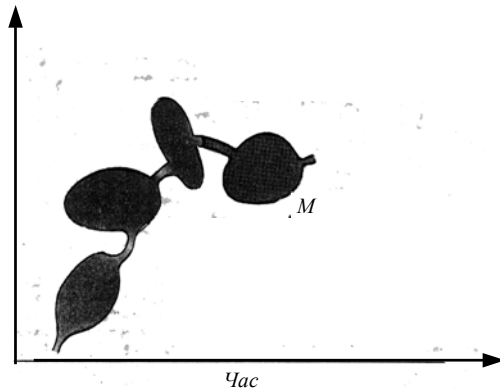


Рисунок 88 – Найпростіша схема еволюції всесвіту. Зображено декілька всесвітів, які відрізняються своїми властивостями. Літерою *M* позначений наш Всесвіт

Ще одна можлива модель, що пояснює виникнення нових всесвітів, це *гравітаційний колапс чорних дірок в інших всесвітах*. У якомусь всесвіті на певному етапі його еволюції утворюються чорні дірки, які колапсують, створюючи фізичний вакуум. *Цей вакуум є нестійким і повинен почати інфляційно розширюватися*. Але, як показали автори [89, 92, 100], таке розширення буде відбуватися в інший простір, утворюючи там нові всесвіти. У цих нових всесвітах знову виникають чорні дірки, які теж колапсують, утворюючи вакуум, що розширюється в третій просторі, де знову утворюються нові всесвіти. І так до нескінченності. В результаті цього природно виникає дуже складне утворення з всесвітів, що має *фрактальну структуру*.

Ще одну, на перший погляд фантастичну, але насправді суворо наукову модель утворення всесвітів запропонували Фархі і Гут. Вони розглянули уявний експеримент, який в літературі одержав назву «*створення Всесвіту в лабораторії*». Для цього деяке тіло необхідно штучно стиснути до його *гравітаційного радіуса (горизонту подій) $r_g = 2Gm/c^2$* , де *m* – маса тіла; *G* – гравітаційна стала; *c* – швидкість світла. Під горизонтом подій утворюється фізичний вакуум, який у результаті розширення приведе до виникнення нового всесвіту.

Як свідчать розрахунки, для реалізації цього механізму необхідно в лабораторії в нашому просторі стиснути тіло з масою $m=10$ кг до густини близько $\rho=10^{76}$ г/см³. При сучасному рівні техніки це, звичайно, зробити неможливо, але в принципі такий експеримент може бути досяжним для надцивілізацій, що можуть існувати у світі. Наш Всесвіт у цьому випадку могла б створити надцивілізація (*галактичні інженери*), розташована в іншому просторі (*суміжному всесвіті*).

Якщо розглядати світ в цілому як нескінченний фрактал, то через чорні дірки у принципі можна передавати інформацію з одного всесвіту в інший. Як показали Гарріга, Муханов, Олум і Віленкін, через фізичний вакуум, що зв'язує різні всесвіти, з тією дуже малою ймовірністю тунелювання через бар'єр, яка має місце при їх квантовому народженні, *в інший простір може бути передана інформація*, що міститься в об'ємі середньої книги.

Деякі моделі всесвіту, що запропоновані у даний час, наведені на рис. 89.

Картина ще більше ускладнюється з урахуванням передбачень, що дозволяють одержати один із варіантів теорії Надвеликого об'єднання взаємодій - *теорія супергравітації* [77, 92, 109]. Ця теорія стає дуже послідовною та витонченою, якщо допустити, що на відстанях порядку 10^{-33} см, а саме таким був Всесвіт у віці 10^{-43} с, його простір-час був десяти- чи одинадцятимірним. У наш час "зайві" шість-сім вимірів компактувалися, тому мають дуже велику кривину, відповідно розміри Всесвіту у цих напрямках не перевищують планківські. Компактовані виміри замикаються у мікросвіті, і людство їх у мега- та макросвітах не помічає. Таким чином, в цій моделі наш Всесвіт подібний до поверхні довгого і тонкого десяти- чи одинадцятимірного стрижня (циліндра), точніше, дроту, розтягнутого за чотирма (враховуючи час) відомими вимірами і дуже тонкого за іншими. У різних всесвітах число вимірів, що спостерігаються на макрорівні, внаслідок квантових флуктуацій при народженні може змінюватися. В принципі воно може стати дробовою, ірраціональною або навіть комплексною величиною!!!

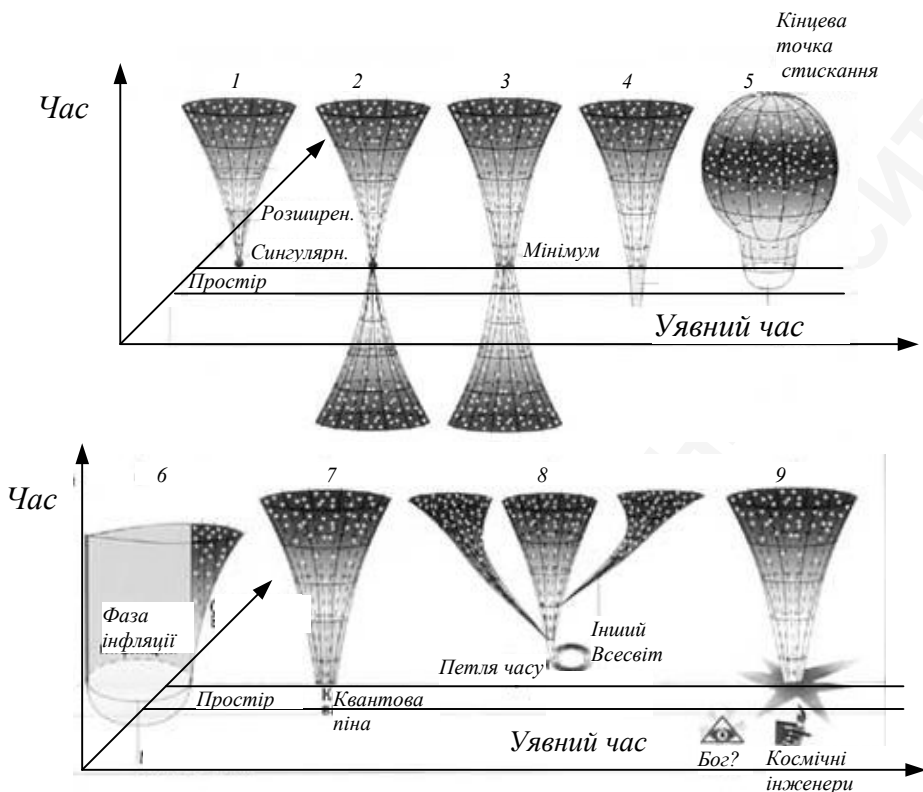


Рисунок 89 – Деякі космологічні моделі Всесвіту: класична модель Великого Вибуху (1); модель Всесвіту, що періодично гине і знову відроджується (2); модель Великого Стрибка (3); модель вічного фізичного вакууму (4); модель Хокінга (5); модель Всесвіту з інфляційною фазою (6); модель народження Всесвіту на основі квантово-тунельного ефекту (7); модель Всесвіту, що розмножується різними способами (8); модель Всесвіту, що створений галактичними інженерами (космічними надцивілізаціями), які існують за межами нашого Всесвіту у інших світах, або Богом (9)

За думкою С. Хокінга, одинадцятимірний простір-час раннього Всесвіту почав згортатися відразу після Великого Вибуху, але у різних областях згортання відбувалося по-різному [109]. Це привело до того, що *виникла ціла низка всесвітів з різною розмірністю*. При цьому *всесвіти з меншою кількістю*

вимірів простору-часу виявилися вкладені у всесвіти з більшою кількістю вимірів. У результаті виникло грандіозне утворення, яке дуже нагадує мішок з горіхами (а точніше багатовимірними циліндрами чи дротами), де кожний горіх є всесвітом. При цьому кожний такий міні-всесвіт, в свою чергу, вміщує велику кількість всесвітів з меншою розмірністю. Можливо, наш Всесвіт - один із всесвітів-близнят у цьому своєрідному мішку. Не дарма свою книжку, де описано цей процес, Хокінг назвав “Всесвіт у горіховій шкаралупі”. Доречи, Джозеф Сілк (Joseph Silk) та його колеги з Оксфорда вважають, що знайшли перші експериментальні докази існування додаткових компактованих вимірів у нашому Всесвіті.

До кінця дев'яностих років вважалося, що існуюча картина еволюції та будови Всесвіту добре пояснює усі основні результати експериментальних спостережень. Однак у міру удосконалювання експериментальної техніки стали виявлятися неузгодженості в деталях, що швидко наростали, руйнуючи струнку теорію.

27 ПРОБЛЕМИ СУЧАСНОЇ КОСМОЛОГІЇ

Як уже відзначалося, всі сучасні космологічні моделі базуються на припущенні, що матерія у Всесвіті розподілена в середньому рівномірно. Але в останні десятиріччя експериментально було встановлено, що у просторовому розподілі галактик і їх скупчень на великих масштабах відстаней спостерігається зовсім інша закономірність – Всесвіт має *комірчасту (волокнисту) структуру* (рис.90). Стінки виявлених комірок, які складаються з великої кількості галактик та їх скупчень, мають товщину 3 - 4 Мпк (як вже зазначалося 1 пк = =3,26 св. року), а розміри самих комірок складають близько 100 Мпк. При цьому надвеликі скупчення галактик, зазвичай, створюють вузли комірок [110].

Один із найбільших масштабних структурних об'єктів Всесвіту був відкритий у 1989 р. у небі Північної півкулі. Завдяки своїй формі і розмірам він одержав назву “Великої стіни”. Розміри цієї “стіни” з багатьох тисяч галактик, яка теж має комірчасту структуру, складають 500×200×15 млн світлових років. Вона містить 5-10 відсотків усієї матерії дослідженого Всесвіту.

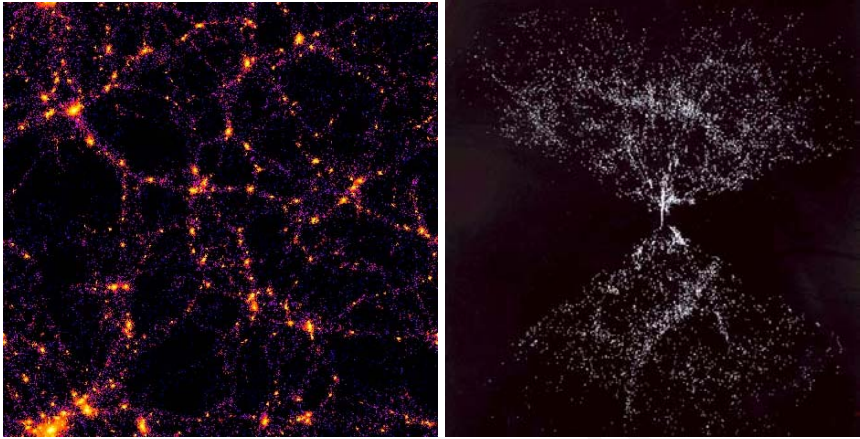


Рисунок 90 - Комірчаста структура Всесвіту, що спостерігається експериментально

Очевидно, що існують і інші, поки що не відкриті, надвеликі структурні елементи Всесвіту. Про це, наприклад, свідчить той факт, що область Всесвіту, у яку входить наша Галактика (як говорять *Місцевий об'єм*, див. рис. 91) разом із скупченням галактик у сузір'ї Волосся Вероніки (загальний об'єм цієї області досягає 100 - 150 Мпк), рухається зі швидкістю 600 км/с у бік дуже потужного джерела гравітації. Природа даного "*Великого Атрактора*" поки що остаточно не визначена, але є впевненість, що ним є надскупчення галактик, яке розташоване на відстані 300 млн світлових років від нас. Воно має гігантські розміри і простягнулося від сузір'я Пави та Індіанця до сузір'я Парусів.

Таким чином, аналіз експериментальних даних свідчить про те, що *Всесвіт має ієрархічну структуру*, яка нагадує будову крони дерева або бронхи легенів людини, тобто він влаштований за *фрактальним принципом*. Останні дослідження свідчать, що розмірність фрактального Всесвіту скоріше за все дорівнює двом або навіть є дробовою – близькою до двох величиною. Всередині структур з такою розмірністю густина речовини спадає обернено пропорційно відстані, тобто Всесвіт на великих відстанях стає все більш розрідженим! *Встановлення факту фрактальної*

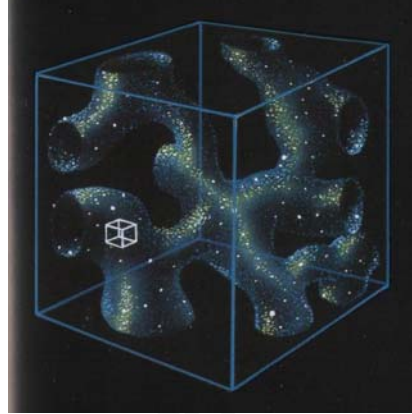
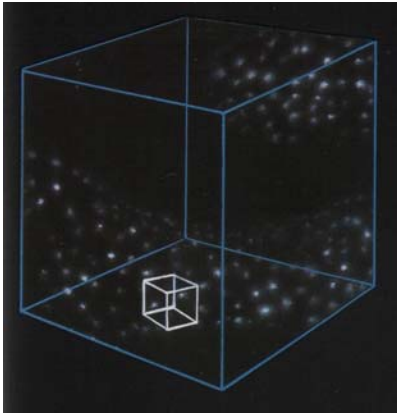


Рисунок 91 - Положення Місцевого об'єму, до якого входить і наша галактика у комірчастому Всесвіті [93]

будови Всесвіту має фатальні наслідки для більшості космологічних моделей, які зараз є загально визнаними. Річ у тім, що всі вони спираються на висновки ЗТВ Ейнштейна. Проте ця теорія може бути застосована лише для Всесвіту, де матерія розподілена відносно рівномірно. Для фрактального Всесвіту висновки цієї теорії є не правильними [23]!

У більшості сучасних космологічних теорій і моделей, які є загально визнаними, вважається, що значення фундаментальних сталих задаються у момент народження Всесвіту. Після цього у процесі еволюції вони залишаються незмінними. Разом з тим вже досить давно ряд фізиків висловлюють сумніви з приводу концепції незмінності світових сталих. Так, наприклад, А.Едінгтон та П.Дірак прийшли до висновку, що *деякі з фундаментальних констант можуть з часом змінювати своє значення* [7]. Однак надійних доказів цього до останнього часу не було.

Лише недавно з'явилися експериментальні підтвердження того, що одна з найважливіших фундаментальних сталих - швидкості світла у вакуумі - може змінюватися в процесі еволюції Всесвіту [112]. Виявити це фізикам допомогли вимірювання сталої тонкої структури $\alpha_e = \frac{e^2}{\hbar c}$. Із співвідношення

видно, що α_e обернено пропорційна швидкості світла, а також залежить від заряду електрона і сталої Планка. Але дві останні величини розглядаються фізиками як надійні константи (хоча, точно кажучи, це припущення). Таким чином, зміни значень α_e у космологічних масштабах повинні свідчити *про зміну швидкості світла в процесі розширення Всесвіту*.

Перші докази можливості зміни швидкості світла з часом були одержані у 1998 році. Віктор Флембаум з Австралійського університету Нового Південного Уельса досліджував проходження випромінювання від далеких квазарів через міжзоряні газові хмари. Тоді були отримані ознаки того, що 12 млрд років тому α_e була істотно меншою. Для пояснення цього факту було висунуто припущення, що *швидкість світла плавно збільшується в процесі розвитку Всесвіту*. За іншими теоріями ця зміна може мати синусоїдальний характер з гігантськими космологічними періодами підвищення і зниження швидкості світла.

Значення світової сталої α_e впливає на розподіл різних ізотопів, що виникають при ядерних перетвореннях. В Габоні існує єдиний в світі природний ядерний реактор, що має назву – *Oklo*. Він утворився 2 млрд років тому в концентрованих уранових рудах глибоко під землею. Реактор "працював" сотні тисяч років, випромінюючи радіацію та виробляючи ізотопи, але вже давно зупинився.

Аналіз ізотопного складу цього реактора проводили вже декілька разів. Але фізики Стів Ламоро і Джастін Торгерсон з Американської національної лабораторії в Лос-Аламосі висловили сумніви в коректності попередніх обчислень і вирішили знову їх перевірити. Результат виявився сенсаційним і здивував навіть самих дослідників. З'ясувалося, що з того часу, коли працював цей реактор, і до нашого часу α_e дещо зменшилася (у восьмому знаку після коми), відповідно зросла швидкість світла. Враховуючи, що точність визначення сталої тонкої структури досягає 15-го знака, зміна, що виявлена американцями, є дуже великою і суттєво перевищує можливі

похибки.

Безумовно, для визнання цих результатів, які можуть привести до чергової революції у фізиці та космології, *потрібні численні перевірки*. Але деякі фізики вже зараз готові прийняти теорію, де α_e є змінною величиною, оскільки це підвищує шанси на визнання теорії суперструн, існування додаткових просторових вимірів та ін.

У наведеній гіпотезі вважається, що, незважаючи на зміну фундаментальних сталих, *закони природи, які керують цією зміною, є довічними*. Більш радикальною є гіпотеза, що протягом розвитку Всесвіту еволюціонують і фізичні закони, що керують світом. Такий висновок випливає із загальної картини світу, побудованої сучасною фізикою. Згідно з думкою А.Н.Уайтхеда: "Оскільки закони природи залежать від окремих характеристик об'єктів, що її складають, зміни цих об'єктів неминуче повинні спричиняти за собою зміни законів. Таким чином, *сучасний еволюційний образ фізичного Всесвіту повинен включати закони природи, які змінюються синхронно з об'єктами, що утворюють навколишній світ*. Тому концепція Всесвіту як еволюціонуючого суб'єкта з незмінними вічними законами повинна бути відкинута" [7]. У новій концепції вважається, що закони природи підпорядковані принципам природного відбору. При цьому ми спостерігаємо ті закони, що виявилися більш довготривалими і стійкими, ніж інші. Але це вже зовсім інша фізика та космологія!!!

У сучасних космологічних моделях виникли проблеми і з народженням Всесвіту. Річ у тім, що ЗТВ описує розширення Всесвіту з планківського часу (10^{-43} с). Процеси у Всесвіті з моменту Великого Вибуху до часу 10^{-43} с повинна описувати *квантова теорія гравітації - "квантова космологія"*. У цій космології, як вже зазначалося, квантування гравітації приводить до особливого рівняння для хвильової функції Всесвіту - рівняння Уілера-де Вітта. При цьому хвильова функція Всесвіту визначає ймовірність реалізації тієї або іншої геометрії його простору. Незвичайною особливістю цього рівняння є те, *що воно зовсім не містить часу*. Це тлумачиться фізиками як свідчення того, що час виникає тільки після моменту 10^{-43} с. Тобто до цього моменту

класичного фізичного часу не існувало [8, 113]! Таким чином, замість пояснення причин народження Всесвіту треба пояснювати, *що таке час*, як класична межа в квантовій космології? Звернемо увагу, що ця проблема не виникає у теорії множинних всесвітів, де метричний простір-час виникає у момент народження конкретних всесвітів.

Отже, після останніх астрономічних відкриттів у вчених виникло відчуття, що *існуюча космологічна картина описує еволюцію лише відносно близьких до Землі космічних об'єктів*. Дуже далекі об'єкти Всесвіту описуються сучасною космологією щонайменше неточно.

28 НОВІТНЯ РЕВОЛЮЦІЯ У КОСМОЛОГІЇ

28.1 Відкриття прискореного розширення матерії

З часу перших спостережень Хаббла добре відомо, що швидкість зірок і галактик, які розносяться простором, який роздувається, пропорційна відстані до них (співвідношення (59)). Це означає, що *Всесвіт повинен розширюватися з постійною швидкістю*, як того вимагають рівняння Фрідмана. Однак незалежні дослідження двох груп астрономів (американської з Національної лабораторії ім. Лоуренса під керівництвом С. Перлмуттера та австралійської з Обсерваторії Маунт Стромло і Сайдинг Спрінг під керівництвом Б. Шмідта) спалахів дуже віддалених наднових зірок визначеного типу (I a), які завершилися у 1998 р., дозволили встановити, *що розширення простору Всесвіту відбувається нерівномірно* [10, 98].

Оскільки власна світність наднових зірок перебуває у досить вузькому інтервалі, вченим вдалося дослідити, як їх яскравість залежить від відстані до зірок. При цьому ця відстань, як і звичайно, визначалася за червоним зміщенням спектральних ліній у спектрах випромінювання. З'ясувалося, що зменшення яскравості зірок у середньому відбувається *помітно швидше, ніж цього було слід чекати за космологічною моделлю, яка ще недавно вважалася стандартною*. Таке додаткове потускніння означає, що даному червоному зміщенню відповідає деяке ефективне збільшення відстані до об'єктів. Але це можливо тоді, коли *космологічне розширення відбувається з прискоренням*, тобто

коли швидкість віддалення від нас джерела світла не зменшується, а зростає з часом! Пізніше (2002 р.) такі ж висновки були зроблені іншою групою вчених на основі аналізу характеру анізотропії реліктового випромінювання та даних про кластеризацію галактик (рис.92).

Нарешті, у жовтні 2003 року висновки про прискорене розширення Всесвіту були остаточно підтверджені великою міжнародною групою астрономів, які одержали дані про спалахи 23 наднових зірок, серед яких 7 дуже далеких (~8-10 млрд світлових років) [99].

Відкриття прискореного розльоту матерії у Всесвіті суттєво змінює уявлення вчених про сучасну стадію його космологічної еволюції. Тому воно було сприйнято науковою спільнотою, як *початок чергової революції у космології*, що може докорінно змінити наші уявлення про характер розвитку Всесвіту.

Результати останніх спостережень можна пояснити, якщо припустити, що у Всесвіті існують деякі сили, які не тільки переборюють дію сил гравітації, але всупереч фрідманівській теорії змушують його збільшувати свої розміри з швидкістю, що зростає. Такі сили повинні бути подібними до антигравітації, вони слабкі на малих відстанях, але визначають великомасштабну структуру і довгострокову історію Всесвіту.

У відповідності до сучасних уявлень виникнення таких сил обумовлене невідомою дотепер гіпотетичною субстанцією, *новим фізичним полем - темною енергією*, або *квінтесенцією (quintessence)*, яка складає 73% ($\Omega_r = 0,73$) маси Всесвіту. Темна речовина дає ще 23 % ($\Omega_D = 0,23$), а відома людству баріонна речовина лише 4% ($\Omega_B = 0,04$). При цьому загальна маса газу, пилу та зірок не перевищує 0,4 % повної маси матерії Всесвіту! [10, 98-99].

Назва “квінтесенція” взята з термінології стародавніх вчених. В картині світу Аристотеля квінтесенція – стихія, що є додатковою до землі, води, повітря і вогню. З квінтесенції, як вважалося, складаються небесні тіла.

Більш обґрунтованою є гіпотеза, що *субстанцією, яка відповідає за прискорений рух матерії у Всесвіті, є космічний вакуум* [98]. Хоча вакуум і називають космічним - це звичайний фізичний вакуум квантової механіки, найнижчий енергетичний

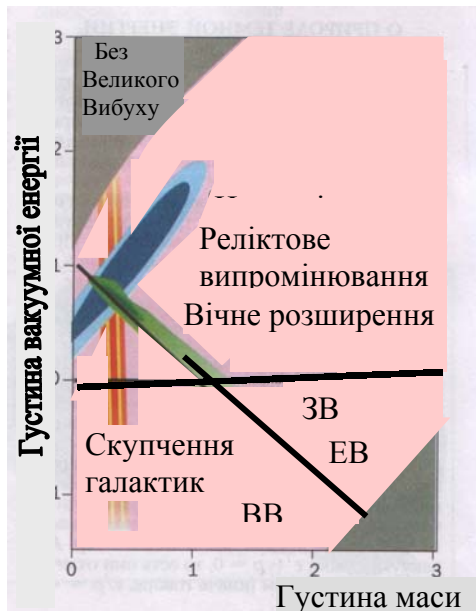


Рисунок 92 - Схематичне зображення можливих розв'язків рівнянь ЗТВ з відмінною від нуля вакуумною енергією (космологічною сталою Λ), що зіставлені з даними спостережень спалахів наднових зірок, реліктового випромінювання і скупчень галактик. На осях відкладене відношення густини матерії ρ (повної енергії) до значення, що дорівнює $\rho_k = 2 \cdot 10^{-29} \text{ г/см}^3$ для просторово плоского Всесвіту при нульовій вакуумній густині. Видно, що дані космологічних спостережень сходяться у точці, що відповідає просторово плоскому Всесвіту, який заповнений приблизно на 30% баріонами і темною речовиною та на ~70% темною енергією

стан квантових полів. Вважається, що наявність фізичного вакууму приводить у наш час до ефекту, аналогічного до того, що мав місце на інфляційному етапі розвитку Всесвіту (див. співвідношення (72)).

Математично врахування додаткових сил відштовхування вакууму у Всесвіті може бути здійснене шляхом введення у теорію Фрідмана ейнштейнівської космологічної сталої Λ , яка повинна набувати позитивних значень [55, 88]. Нагадаємо, що у

більшості сучасних космологічних моделях припускається, що ця стала дорівнює нулю, а сам Ейнштейн вважав її введення у рівняння ЗТВ своїм найбільшим прорахунком у науці. І ось з'ясувалося, що це геніальне передбачення вченого описує існуючу реальність!

Фізична інтерпретація космологічної сталої, яка була введена Ейнштейном у ЗТВ дещо формально, складалася десятиріччями. За сучасними уявленнями саме *ця константа описує космічний вакуум*, тобто такий стан космічної енергії, який має сталу у часі і однакову у просторі густину, що не залежить від вибору системи відліку [98, 114].

Для того щоб з'ясувати роль вакууму у динаміці космологічного розширення Всесвіту, використаємо рівняння (57) ньютонівського наближення. Врахуємо також, що $M_B = \frac{4}{3}\pi\rho_G R_B^3$, де загальна густина матерії складається з чотирьох відомих компонентів космічного середовища

$$\rho_G = -2\rho_V + \rho_D + \rho_B + 2\rho_R, \quad (75)$$

де $\rho_V, \rho_D, \rho_B, \rho_R$ - густини темної енергії, темної речовини, речовини, що світиться, та ультрарелятивістського середовища (випромінювання) відповідно.

У цьому рівнянні як для вакууму, так і для випромінювання *врахований гравітаційний ефект тиску* (див. співвідношення (70)-(71)). При адіабатичному розширенні однорідного середовища для будь-якого його компонента зв'язок між зміною густини і тиском, якщо між ними немає обміну енергією, описується виразом

$$d\rho = -3(\rho + P)d \ln R. \quad (76)$$

Легко перевірити, що це співвідношення впливає із термодинамічної тотожності $dE = TdS - PdV$, якщо врахувати, що

$dS = 0$. Тут E , T , S – повна внутрішня енергія речовини (з урахуванням енергії спокою), її температура і ентропія в об'ємі V .

Із співвідношення (76) одержимо закон, згідно з яким змінюються густина речовини і випромінювання при зміні радіуса Всесвіту внаслідок його розширення

$$\rho_D = \frac{C_D}{R_B^3}, \quad \rho_B = \frac{C_B}{R_B^3}, \quad \rho_R = \frac{C_R}{R_B^3}, \quad (77)$$

де C_D , C_B , C_R – довільні сталі інтегрування.

Співвідношення (76) також дозволяє довести, що вакуум, який описується рівнянням стану $P_V = -\rho_V$, має сталу густину, яка від часу не залежить: $\rho_V = C_V$.

Якщо підставити співвідношення (75) і (77) у рівняння руху пробної частинки (57) і після цього проінтегрувати його за часом, одержимо

$$\frac{1}{2} \left(\frac{dR_B}{dt_B} \right)^2 = A_V^{-2} R_B^2 + A_D R_B^{-1} + A_B R_B^{-1} + \frac{1}{2} A_R^2 R_B^{-2} + E, \quad (78)$$

де константи A (так звані *фрідманівські інтеграли*) задають початкові умови у теорії Фрідмана (дивись співвідношення (58)). Їх числові значення близькі одне до одного за порядком величини і складають 10^{26} - 10^{28} см.

Рівняння, що описує динаміку Всесвіту, але одержане з використанням точної теорії (ЗТВ), майже не відрізняється від співвідношення, одержаного у ньютонівському наближенні і має вигляд [98]

$$\frac{1}{2} \left(\frac{dR_B}{dt_B} \right)^2 = A_V^{-2} R_B^2 + A_D R_B^{-1} + A_B R_B^{-1} + \frac{1}{2} A_R^2 R_B^{-2} - \frac{1}{2} K. \quad (79)$$

Відмінністю його є лише те, що кривина у виразі (79) ($K=1, 0, -1$ для моделей замкнутого, плоского і відкритого Всесвітів відповідно) має знак, протилежний знаку повної енергії E у ньютонівському наближенні фрідманівського рівняння. Таким чином, це рівняння встановлює однозначний зв'язок між кривиною простору і динамічним типом космологічного розширення.

Для аналізу розширення Всесвіту у подальшому будемо користуватися точним співвідношенням (79). З цього рівняння видно, що динамічна роль вакууму є різною на різних етапах космологічного розширення. На ранніх етапах при малих R_B доданок у правій частині співвідношення, який описує вакуум, повинен бути меншим, ніж інші доданки ($A_V^{-2} R_B^2 \rightarrow 0$). Це означає, що на цих етапах еволюції Всесвіту впливом вакууму можна знехтувати. Оскільки тяжіння звичайної матерії і випромінювання надають пробній масі від'ємне прискорення, космологічне розширення Всесвіту на цьому етапі відбувається з гальмуванням.

З часом роль вакууму стає більшою і, нарешті, настає момент, коли вакуумний доданок стає набагато більшим від трьох інших доданків, що описують невакуумні компоненти середовища. При подальшому збільшенні часу існування і розмірів Всесвіту ($R_B \rightarrow \infty$) тяжінням не вакуумних компонент можна знехтувати, тоді розв'язок рівняння (52) набуде вигляду

$$R_B = A_V f(t), \quad (80)$$

де $f(t) = \sinh \frac{t}{A_V}$, $f(t) = \exp \frac{t}{A_V}$, $f(t) = \cosh \frac{t}{A_V}$ для $K=-1, 0, 1$

відповідно.

Оскільки вакуум з позитивною густиною створює ефективну антигравітацію, прискорення матерії на цьому етапі виявляється позитивним і розв'язок (80) описує *космологічне розширення, яке прискорюється з часом*.

Запишемо тепер розв'язок рівняння (79) для довільного часу

$$\int \left(A_V^{-2} R_B^2 + 2A_D R_B^{-1} + 2A_B R_B^{-1} + A_R^2 R_B^{-2} - k \right)^{\frac{1}{2}} dR_B = t. \quad (81)$$

У цьому рівнянні перед коренем квадратним взятий знак плюс, оскільки розглядається космологічне розширення, а не стискання. Окрім цього, за початок відліку часу взятий момент, коли $R_B = 0$.

Розв'язок рівняння (81) наведений графічно на рис.93, при цьому використані експериментальні дані про значення сталої Хабла, густини вакууму, темної та світної матерії і випромінювання у сучасну епоху [98]. З рисунка видно, що *космологічне розширення стає прискореним при $t > t_V \approx 8-9$ млрд років*, в той час як за оцінками вік Всесвіту складає ≈ 14 млрд років.

Легко розрахувати, що червоне зміщення, яке відповідає цьому часу, дорівнює $Z(t_V) \sim 0,7$. Тобто *ефект космологічного прискорення, відкритий в процесі спостереження блиску наднових зірок, повинен спостерігатися при значеннях параметра червоного зміщення $Z > Z(t_V)$* , оскільки у більш ранні часи розширення Всесвіту відбувалося з уповільненням [98, 114].

Оскільки кривина простору-часу визначається загальною густиною космічної енергії ρ , перехід від стадії переважання звичайної матерії до стадії переважання вакууму означає поступове *зникнення динаміки кривини Всесвіту у чотиривимірному просторі-часі. Просторово-часовий каркас світу*

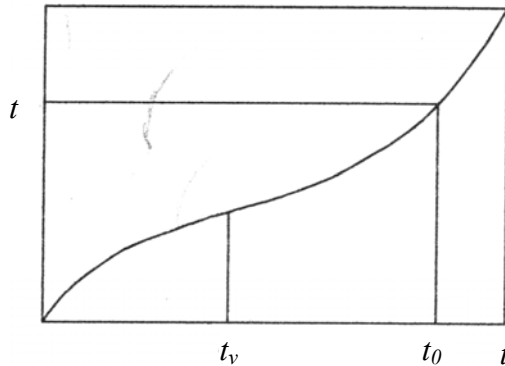


Рисунок 93 - Фрідманівська модель Всесвіту: залежність масштабного фактору від віку. Бачимо, що розширення матерії з гальмуванням у момент часу $t_v \sim 8-9$ млрд років після Великого Вибуху переходить в розширення з прискоренням

застигає, він перестає змінюватися з часом і залишається фіксованим довічно.

Важливо, що в нових обставинах традиційне питання про те, чи є реальна космологічна модель Всесвіту відкритою (ВВ), закритою (ЗВ) чи плоскою (ЕВ), *втрачає свою гостроту і актуальність* (рис.75). Тепер зрозуміло, що від вибору між трьома можливими моделями тривимірної геометрії Всесвіту питання про те, чи буде матерія розширюватися вічно, чи розширення зміниться стисненням, *не залежить* [98]. Згідно з розв'язком рівняння (81) *розширення Всесвіту буде відбуватися необмежено довго у всіх трьох моделях!!! Ці моделі різняться лише тим, яку кривину має простір-час Всесвіту.*

Оскільки вакуум є домінуючим компонентом Всесвіту, темп розширення матерії (а отже, стала Хабла) повинен бути однаковим у будь-якій його точці і не залежати від розподілу світної матерії. Наявність космологічного вакууму пояснює чому фрактальний Всесвіт добре описується моделями, що базуються на ЗТВ у припущенні ізотропності розподілу матерії.

Розглянутий сценарій еволюції Всесвіту давно і детально вивчений і відомий під назвою моделі де Сітера. Цей розв'язок є окремим випадком розв'язку Фрідмана, який відповідає повній відсутності у світі невакуумних форм матерії. Але при поясненні

прискореного розширення Всесвіту за моделлю де Сітера виникає ряд проблем. Річ у тім, що величина космологічної константи, яка необхідна для пояснення розмірів Всесвіту, що спостерігаються, є такою, що на даний момент темна енергія повинна була б перевищувати енергію, пов'язану зі звичайною матерією, приблизно на 120 порядків (10^{120} разів!). Але експеримент свідчить, що ці енергії за порядком величини збігаються. Проблема можна вирішити, припустивши, що рівняння стану темної енергії змінюється в процесі розвитку Всесвіту [114].

Є багато вказівок на те, що рівняння стану темної енергії залежить від часу, але для одержання достатньо повної картини цього процесу необхідно накопичення інформації стосовно всіх етапів еволюції Всесвіту. Тобто, необхідно просканувати рівняння її стану за відповідними значеннями параметра червоного зміщення Z . Це дозволить одержати інформацію про уповільнення та прискорення розширення Всесвіту у процесі його розвитку.

З цією метою можна використати, наприклад, вивчення спалахів наднових зірок, що відбуваються на різних відстанях (рис.94). Другий напрямок перспективних досліджень – накопичення даних про збільшення швидкості формування великомасштабних структур у Всесвіті (на кшталт скупчень галактик). Нарешті, третій напрямок – виявлення малих просторових флуктуацій темної енергії за надточними вимірюваннями просторової анізотропії реліктового випромінювання. Усі ці експерименти зараз проводяться дуже інтенсивно [98, 114].

Завдяки останнім дослідженням стали зрозумілими деякі особливості розширення нашого Всесвіту. Виявилось, що одразу після Великого Вибуху у Всесвіті переважала темна речовина, тому він розширювався із швидкістю, що зменшувалася при розширенні. Але приблизно 5-6,3 млрд років тому співвідношення темної речовини і темної енергії змінилося на користь останньої. Внаслідок цього швидкість розширення матерії почала зростати. Але ці результати є дуже попередніми і потребують подальшої перевірки.

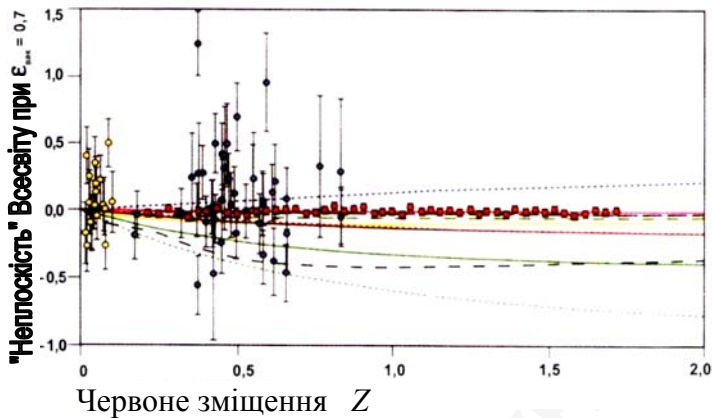


Рисунок 94 - Існуючі результати (з вертикальними відрізками, які відповідають експериментальним похибкам) і ті, що очікуються (точки без вказівки похибки) від майбутніх спостережень за надновими зірками з великими значеннями червоного зміщення (Z)

28.2 Емпірична модель багатовимірного Всесвіту

Як вже зазначалося, сучасні спостереження свідчать, що *Всесвіт, незалежно від густини його матерії, буде розширюватися вічно.* У 2001 р. Стейнхард і Турок розробили модель, яка врахувала результати новітніх спостережень і претендує на те, щоб замінити загальноприйнятту інфляційну модель, де етапи розширення та стискання матерії чергуються. Ця модель базується на *узагальненій теорії суперструн*, яка має назву *M-теорії*.

Всесвіт у моделі Стейнхарда і Турока має такий вигляд (рис.95) [116]. Простір-час цього Всесвіту є одинадцятивимірним, шість просторових вимірів якого компактовані у трубочки, але деякі з них не такі тонкі, як вважалося раніше ($l \gg 10^{-33}$ см). Розрахунки показують, що діаметр частини згорнутих вимірів може досягати 0,1 мм, тоді *виникає можливість спостерігати ці "зайві виміри" вже на сучасному рівні експериментальної техніки!* Відповідні експерименти розпочаті у декількох лабораторіях світу. Пошук додаткових вимірів базується на

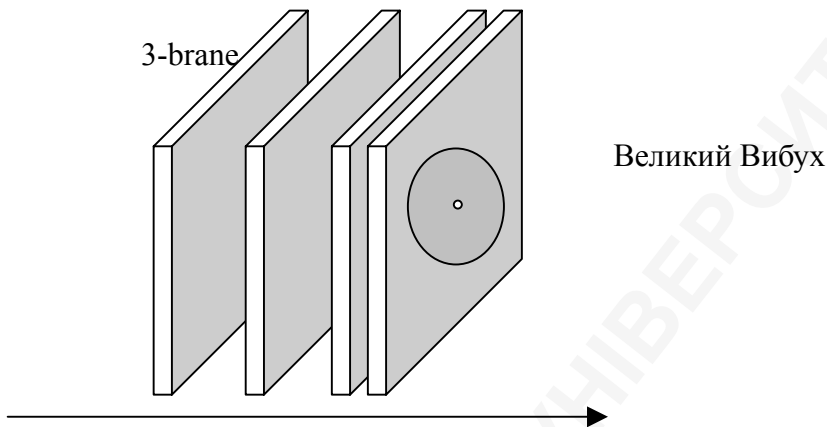


Рисунок 95 - Емпірична модель багатовимірного Всесвіту Стейнхарда і Турока. Видно, що в одному з “малих всесвітів” після співудару 3-брейнів почався процес роздування

вимірюванні гравітаційної взаємодії двох тіл, розташованих на малих відстанях. За останніми даними [117], до відстаней $\sim 0,1$ мм багатовимірність простору вчені поки що не виявили.

У моделі Стейнхарда-Турока [116] речовина, з якої складається Всесвіт, і всі сили, що існують у природі (за винятком гравітаційної), зосереджені у звичайних чотиривимірних “малих всесвітах”, кожний з яких є тонким листом з товщиною, до якої згорнуті інші виміри. Ці листки - всесвіти, які називають 3-брейнами (*3-brane*), розділені деякою відстанню вздовж одинадцятого виміру. Для покращання сприйняття можна уявити собі дві дощечки (листки), які розміщені паралельно одна одній, при цьому треба врахувати, що ці “дощечки” насправді є чотиривимірними (разом з часом).

Згідно з гіпотезою Стейнхарда і Турока гравітаційна сила діє не тільки у просторі кожного 3-брейна, але і між ними. Тому два сусідніх “листки” притягаються один до одного і, маючи масу (оскільки у кожному з них є велика кількість речовини),

набувають величезної енергії. По закінченні якогось великого проміжку часу вони зіштовхуються між собою, що приводить до моментального перетворення усієї кінетичної енергії, яка була накопичена “листочками”, у тепло. Під дією тепла, яке виділилося всередині кожного “листка”, “малий всесвіт”, що його утворює, починає своє розширення (це можна уявити як розтягування чотирикутного “листка” у всіх напрямках у його площині). *Іншими словами, зіткнення двох “листочків” веде до тих самих наслідків що і звичайний Великий Вибух!*

У початковий момент часу у кожному “малому всесвіті” речовина відсутня. Але після їх зіткнення енергія, що виділилася у цей момент, починає перетворюватись у суб’ядерні частинки, які випадково заповнюють весь простір листка. Квантові флуктуації густини приводять до того, що речовина стає розподіленою у просторі нерівномірно. Внаслідок цього в деяких місцях виникають центри конденсації, де у подальшому виникнуть галактики і скупчення галактик. Як результат - *виникає відомий нам Всесвіт з його комірчастою структурою.*

Щоб урахувати прискорене розширення матерії у “малому всесвіті”, автори гіпотези вводять постулат, що у одинадцятому вимірі між “листочками” діє деяке поле, яке, проникаючи у листки, виконує роль сили, що прискорює їх розтягування. Дія цього поля між листочками нагадує дію дуже великої пружини. Коли два малі всесвіти близькі один до одного, ця пружина їх розштовхує, коли далекі – притягує. Що це за поле - поки що невідомо, але якщо воно існує, стає зрозумілим, що листки-всесвіти будуть періодично зіштовхуватись та розштовхуватись.

До моменту чергового удару за рахунок прискореного розширення кожного “малого всесвіту” речовина у ньому майже зникає. Черговий Великий Вибух знову заповнює всесвіти речовиною. Відповідний процес буде відбуватись нескінченну кількість разів. Цю циклічну модель багатовимірного всесвіту автори назвали *екпіричною* (від грецького “народжена у вогні”).

28.3 Дані новітніх космологічних спостережень Всесвіту

Як повинен був зрозуміти читач, кривина простору-часу

Всесвіту визначається безрозмірною константою $\Omega = \frac{\rho}{\rho_K}$, тому її

знаходження є актуальною науковою задачею. З цією метою НАСА був запущений спеціальний космічний зонд *Wilkinson Microwave Anisotropy Probe* (WMAP) [97, 99]. Підсумки дуже точних дворічних досліджень анізотропії реліктового випромінювання, проведених за допомогою цього космічного апарата, були підбиті у жовтні 2003 року. За одержаними результатами вченим вдалося провести оцінку коефіцієнта Ω та встановити, що він знаходиться в інтервалі 1-1,04 [116]. *Це означає, що ми живемо у замкненому світі!!!* Таким чином, наш Всесвіт, з одного боку, є нескінченним, оскільки у нього немає ні початку, ні кінця, з іншого - він є обмеженою сферою (*гіперсферою*) у чотирирівимірному просторі.

Оскільки простір-час Всесвіту при $\Omega > 1$ є викривленим і нагадує поверхню шару (див. рис 78), світло від далеких галактик може *йти до Землі двома різними маршрутами*, а тому одна й та сама галактика може спостерігатися дослідниками у різних точках неба і у різні часи її існування!!! Можливо, що в майбутньому при підвищенні розрізнення телескопів, людству вдасться побачити немов би з боку і власну галактику, причому такою, якою вона була мільярди років тому. [117-118]!!! Для підтвердження цієї гіпотези необхідно шукати та порівнювати спектри випромінювання однотипних галактик з метою встановлення їх ідентичності. Подібні роботи вже розпочалися у декількох країнах світу. Якщо вдасться знайти такі галактики-близнюки, з'явиться можливість встановити остаточно геометрію та топологію простору нашого Всесвіту.

У результаті аналізу даних, одержаних за допомогою зонда WMAP, дослідникам з університету штату Монтана у Бозмані у 2004 р. *вдалося також оцінити розміри Всесвіту* [119]. Якщо б Всесвіт був нескінченним, його мікрохвильовий фон повинен був би мати необмежений діапазон хвиль. Але спостереження WMAP виявили кінцевість інтервалу, у якому лежать довжини хвиль реліктового випромінювання. Комп'ютерне моделювання

дозволило встановити, що таке обмеження може спостерігатися якщо відбувається відбивання мікрохвильового випромінювання від деяких перепон. Це можливо, якщо Всесвіт має визначені розміри, тобто він являє собою замкнену сферу у чотиривимірному просторі, яка не випускає світло за свої межі.

Виявилося, що наш Всесвіт є значно більшим ніж вважалося. Його діаметр є не меншим ніж 78 млрд світлових років, хоча раніше він оцінювався максимум у 60 млрд світлових років [119]. В той же час навіть найбільш потужні сучасні телескопи дозволяють поки що побачити космічні об'єкти на відстані 28 млрд світлових років ($Z=10$). Тобто, край Всесвіту ми побачимо ще не скоро. Нагадаємо, що у моделях, де не враховується інфляція, діаметр Всесвіту повинен складати 27-28 млрд світлових років, тобто фактично одержане ще одне підтвердження на користь інфляційної моделі.

Найбільш сенсаційною новиною, що впливає з аналізу анізотропії реліктового випромінювання, є те, що *наш Всесвіт має деяку симетрію і не є кулястим!!!* Спостереження WMAP (рис.96) свідчать, що *форма Всесвіту близька до додекаедра* - однієї з платонівських фігур (як тут не згадати фразу великого Платона, що для створення Всесвіту був використаний правильний додекаедр!). Таким чином, при вивченні Всесвіту людство чекає ще багато несподіванок та відкриттів.

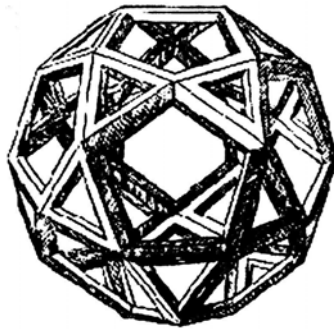


Рисунок 96 - Форма Всесвіту, одержана з досліджень анізотропії реліктового випромінювання за допомогою космічного апарата НАСА *Wilkinson Microwave Anisotropy Probe*

Остаточну відповідь на питання, як виник Всесвіт і що чекає його у майбутньому, повинна дати *квантова теорія гравітації*, яка швидко розвивається у наш час. Зрозуміло одне, людство перебуває на порозі кардинальних змін сучасної наукової картини світу, про це свідчить швидке накопичення експериментальних фактів, що не відповідають існуючим теоріям.

29 АНТРОПНИЙ ПРИНЦИП

Протягом багатьох століть людство поступово звільнялося від *антропоцентричного* (від грецького антропос - людина) погляду на будову світу, відповідно до якого Земля (потім Сонце, наша Галактика) є центром світобудови. Але вигнаний у двері він знову і знову повертався через вікно...

Новий етап цього процесу відбувається у наш час. Як відзначив І.Л.Розенталь, структура Всесвіту, що спостерігається нами, «настільки крихка, що *найменші зміни діючих у ньому закономірностей призводять до катастрофічних наслідків*». В той же час закони Всесвіту *начебто спеціально створено так, щоб його розвиток привів до виникнення на Землі різноманітних форм життя аж до людини, яка здатна осягнути і розкрити таємниці «свого» Всесвіту включно* [108].

Сукупність таких численних випадковостей називають *тонким підстроюванням Всесвіту*. Це свідчить про те, що в самій структурі законів природи прихований якийсь важливий принцип, невідомий поки що людству. Відомі тільки деякі наслідки дії цього принципу. Врешті-решт усі закони природи об'єднує один всеосяжний закон: *у Всесвіті повинна з'явитися людина або інша розумна істота (спостерігач)*. У зв'язку з цим був сформульований методологічний принцип, який одержав назву *антропного, або антропоцентричного* (сформульований Діке та Картером [120-121]). Розрізняють *слабкий і сильний варіанти цього принципу*.

Слабкий варіант формулюють так. *Місцезнаходження людства у Всесвіті є привілейованим в тому сенсі, що його закони повинні бути сумісними з нашим існуванням як спостерігачів (живих, мислячих істот)*. Існує і таке формулювання: *фізичний Всесвіт, який ми спостерігаємо, є*

структурою, що допускає нашу присутність як спостерігачів на деякому етапі свого розвитку. Тобто слабкий антропний принцип виділяє у розвитку Всесвіту епоху, в яку можливе існування людства або інших розумних істот. Він фактично накладає обмеження на існування спостерігачів за часовою шкалою. Мислячі істоти можуть з'явитися лише тоді, коли у Всесвіті виникають необхідні для цього умови, і існують до того часу, поки ці умови допускають їх присутність.

Відносно моделей еволюції Всесвіту це означає, що *не треба створювати теорій, які взагалі не допускають існування спостерігачів. У цьому сенсі антропний принцип виконує роль "фільтра" або обмежувача для всіх можливих космологічних теорій та моделей, які створюються вченими. Проте згідно з сьогоденними уявленнями цей фільтр є практично непроникним, оскільки необхідний збіг параметрів Всесвіту повинен відбуватися з неймовірною точністю [55, 88, 107]. У результаті якщо розглянути сукупність всіх можливих всесвітів з різними законами природи, різними світовими сталими і різноманітними граничними і початковими умовами, то частина тих, в яких могло виникнути життя на основі вуглецю, буде нескінченно малою. Розглянуті вище приклади тонких підстроювань законів природи для одержання нашого, винятково складного, унікального Всесвіту показують, в яких дуже вузьких межах значень різних фізичних констант взагалі можливе життя.*

Сильний варіант антропного принципу формулюють, зазвичай, так (формулювання Б. Картера [121]). *Закони фізики, які керують всесвітом, повинні бути такими, щоб у ньому на деякому етапі еволюції допускалося існування людства, тобто спостерігачі можуть з'явитися тільки при певних значеннях фізичних констант і при певних фізичних законах. Оскільки сильний антропний принцип застосовується до параметрів, які від віку Всесвіту не залежать, він накладає обмеження не на час існування людства, а на параметри самого Всесвіту. Тому можна сказати, що наш Всесвіт є таким, яким він є, саме тому, що в ньому існуємо ми – людство. Фактично сильний антропний принцип виділяє наш Всесвіт серед інших як деякий особливий. У такому формулюванні антропний принцип декларує виникнення життя як необхідну властивість Всесвіту.*

Цю сторону сильного антропного принципу пояснив І.С. Шкловський: ” Сутність цього принципу у тому, що життя – невід’ємна частина Всесвіту, природний наслідок його еволюції. Всесвіт не є чимось зовнішнім по відношенню до життя; з повною підставою можна сказати: „Всесвіт – це ми”. Тому не треба дивуватися, що він так чудово пристосований для життя” [122, 123]. *Існування життя таким чином виявляється запрограмованим на фундаментальному рівні будови матерії.*

Трохи пізніше цей висновок сучасної космології - «у Всесвіті діє прихований принцип, що організовує його певним чином» - багато авторів (серед них - Р.Дікке, Б.Картер, С.Хокінг, Дж. Барроу та ін.) висловили дещо по-іншому. От як, зокрема, його сформулював А.Л.Зельманов [123]: *«Ми є свідками визначеного типу процесів, тому що процеси іншого типу протікають без свідків».* Це твердження можна ще більше конкретизувати: *ми є свідками процесів визначеного типу, тому що процеси іншого типу проходять без нас.* Г.М.Ідліс [124-125] узагальнив його так: *«Єдиним можливим вирішенням цього найбільш загального космологічного парадокса є пряма вказівка на некоректність поставленого питання: насправді Всесвіт реалізує, звичайно, усі свої потенційні можливості, але ми стикаємося лише з тими, що відбуваються саме в нашому конкретному макросвіті».* Тобто не Всесвіт є саме таким, яким він є, тому що в ньому присутнє людство, а людство існує тому, що у Всесвіті реалізувалися ті умови із множини можливих, які виявилися припустимими для існування у ньому життя та розумних спостерігачів.

У подальшому І.Л.Розенталь [108] запропонував замінити сильний антропний принцип на *принцип доцільності*. Ось його формулювання: „...наші основні фізичні закономірності так само, як і числові значення фізичних параметрів, є не тільки достатніми, але і необхідними для існування основних станів (атомів, молекул, зірок, галактик і т.ін.). Інакше кажучи, якщо змінити щось у фізиці..., то відбудуться не тільки незначні кількісні зміни у фізичній картині, але і зруйнується її основа – існування основних станів. Можна сказати, що фізичні закони підкоряються гармонії, яка забезпечує існування основних станів. Термін „принцип доцільності” відтінює необхідність даного

набору числових значень фізичних параметрів для існування основних станів”.

І.Л. Розенталю належить також скорочене формулювання принципу доцільності: “Наш світ влаштований дуже крихко, невелика зміна законів Всесвіту руйнує його елементи – основні стійкі стани, до яких можна віднести ядра атомів, атоми, зірки і галактики”. Специфіка принципу доцільності, запропонованого І.Л. Розенталем, полягає у тому, що проблема зміни числових значень фундаментальних констант у фізиці розглядається ним в поєднанні з існуванням необхідної комбінації основних фізичних закономірностей Всесвіту.

Можна обмежитися лише вказівкою на те, що у Всесвіті з іншими поєднаннями фундаментальних констант та набором фізичних законів не було б складних фізичних структур. Але сильний антропний принцип можна переформулювати і в більш загальному контексті на мові єдиної наукової картини світу: *наш Всесвіт такий, що умови для виникнення людини-спостерігача виявилися в ньому „запрограмованими” з неймовірною точністю.*

Поза всяким сумнівом, саме існування близько двох десятків (частково описаних раніше) космологічних моделей стимулювало у вчених розвиток уявлень про те, що «кожна з них може описувати і описує лише той чи інший окремих більш-менш самостійно існуючий, нібито автономний, квазізамкнений світ, подібний, наприклад, нашому Всесвіту, але ніяк не унікальний всеосяжний всесвіт як ціле, для якого швидше підходить модель, що відповідає структурно-невичерпній безлічі всіх потенційно можливих світів». Тому не випадково ще в 1957 р. Г. М. Ідліс [126] прийшов до висновку, що Всесвіт, який спостерігається людством, «являє собою не лише один з космологічно можливих нестационарних фрідманівських світів, а саме типовий населений світ на стадії закономірного існування в ньому розумного життя» і що «усі властивості Всесвіту, що спостерігається нами безпосередньо, є, інакше кажучи, необхідними і достатніми умовами для природного виникнення і розвитку життя аж до подібних до людини вищих розумних форм матерії, які усвідомлюють, нарешті, самі себе».

Згідно з сучасними уявленнями, як ми з'ясували раніше, у світі існує ансамбль всесвітів, які характеризуються усіма можливими комбінаціями початкових умов, фундаментальних констант і фізичних законів [55, 88, 92]. У кожному всесвіті реалізується свій визначений набір фізичних параметрів. При цьому існування спостерігачів можливо не при всіх, а лише при деяких дуже обмежених комбінаціях параметрів, які виділяють у ансамблі світів підмножину населених. Очевидно, що наш Всесвіт належить саме до цієї підмножини.

На сучасному рівні знання була сформульована також ідея про можливість пояснення, чому наш Всесвіт такий, яким ми його спостерігаємо, з погляду концепції самоорганізації. Ця точка зору, заснована на припущенні, що існують загальносистемні закони самоорганізації і еволюції, які функціонують у світі як цілому. Саме ці закони, з використанням дарвінівської тріади: мінливості, спадковості, відбору, приводять до суттєвого переважання серед всесвітів, таких, де існує високорозвинене життя [127].

«Всесвіт у цілому існуватиме вічно, нескінченно породжуючи нові і нові експоненціально великі області, в яких закони низькоенергетичної взаємодії елементарних частинок і навіть ефективна розмірність простору-часу можуть бути різними... Ми знаємо, напевно, що життя знову і знову зароджуватиметься у різних областях Світу у всіх своїх можливих видах" - пише з цього приводу один з творців інфляційної космології А.Д.Лінде [100, 127].

Очевидно, що в ансамблі безлічі всесвітів властивості розумних мешканців кожного з них повинні визначатися фундаментальними сталими та фізичними законами конкретного світу, як це має місце і для нас і нашого Всесвіту. Проте сучасна наука не заперечує обмін між різними всесвітами матерією і інформацією, а отже, і розумом. Таким чином, з урахуванням теорії численності всесвітів та вічності Світу в цілому можна зробити висновок, що розум неминуче стає такою самою невід'ємною частиною буття, як матерія і поле.

Особливо сильний резонанс у науковому співтоваристві викликала постановка Дж. Уїлером питання: "А чи не замішані розумні істоти у проектуванні та відборі всесвітів більш радикальним чином ніж ми думаємо?" Мова йде про те, що життя

і розум, будучи важливими атрибутами матерії, можуть бути суттєвими і при цьому не тільки пасивними, але і *активними факторами еволюції Всесвіту* [128].

В концепції біосфери і ноосфери В.І. Вернадського [129] ця активність проявляється у планетарному масштабі, одночасно людина розглядається не тільки як геологічний, але і як космічний фактор. Підтвердження цих поглядів можна побачити у зміні глобальних характеристик Землі як космічного тіла, що ми спостерігаємо в останні десятиріччя (наприклад, суттєве збільшення інтенсивності електромагнітного випромінювання планети, глобальне потепління), і перших спробах освоєння людством сонячної системи та ін.

Ціолковський розвинув концепцію ноосфери до масштабів Всесвіту [130]. Він вважав, що високорозвинені *позаземні цивілізації, які освоїли космічний простір, можуть у широких масштабах впливати на хід природних процесів*. За думкою Е.Т.Фадєєва, ці цивілізації "можуть свідомо і по-новому організовувати матерію, регулювати хід природних подій" [131]. Схожих поглядів дотримується і відомий американський астроном О.Струве. Він вважає, що наука у середині ХХ століття досягла вже такого рівня у вивченні Всесвіту, коли "*разом з класичними законами фізики необхідно брати до уваги діяльність розумних істот*" [132]. Н.С.Кардашев, у зв'язку з проблемою пошуку позаземних цивілізацій, висловив думку про те, що розширення спостережуваної області Всесвіту може бути "результатом свідомої діяльності надцивілізацій" [133].

У сучасних моделях еволюції космічних цивілізацій розглядаються різні варіанти *космокреатики, під якою мається на увазі діяльність позаземного розуму, спрямована на "фундаментальну перебудову структури матеріального світу, включаючи зміну його просторово-часових властивостей і деяких основних законів"* [127, 134]. Ряд варіантів космокреатики (конструювання, космогонії, створення світів, конструювання законів природи) розглянуті С.Лемом в "Сумі технологій" [135]. В свою чергу, Л.В.Лєсков вказав на принципову можливість цілеспрямованої дії на інші всесвіти через мікроскопічну горловину фрідмона, а також шляхом дії на фрідмон в цілому за допомогою прискорювачів елементарних частинок [134].

Таким чином, поняття "проектування" або "конструювання" Всесвіту набуває цілком змістовного сенсу, якщо під Конструктором розуміти не Особу, що стоїть над Всесвітом, а Колективний Розум високорозвинутих космічних цивілізацій (Космічний Розум). Якщо не надавати великого значення ролі Космічного Розуму, то під "Конструктором" можна розуміти саму Природу [127].

Як ми бачимо, у процесі побудови більш досконалої космологічної картини світу людство весь час відходило від антропоцентричного погляду на його будову, але складається враження, що цей процес ще далекий від завершення і людство має визнати, що і Всесвіт, у якому воно виникло, є одним з багатьох подібних. Відповідно процес пізнання цього світу людством, підтримуючи сучасні наукові уявлення про невичерпність властивостей матерії, перебуває тільки на самому початку.

30 АСТРОСОЦІОЛОГІЧНИЙ ПАРАДОКС У СУЧАСНІЙ КАРТИНІ СВІТУ

Чудеса не суперечать
законам природи.
Вони суперечать лише нашим
уявленням про закони природи.

Августін Блажений

Як вже зазначалося, *включення життя та розуму у фізичну картину світу* є основним завданням сучасної наукової революції. У зв'язку з цим останні десятиріччя проблема виникнення, існування і розповсюдженості життя у Всесвіті інтенсивно розробляється вченими як теоретично, так і експериментально. Це привело до ряду дуже важливих загальнонаукових та філософських висновків, які, можливо, допоможуть людству вийти з системної кризи, в якій воно зараз знаходиться, та посприяти виживанню як біологічному виду.

Саме тому у посібнику розглянуто один з ключових аспектів цієї комплексної проблеми - так званий астросоціологічний парадокс.

Під парадоксом, в широкому значенні слова, мається на увазі якийсь несподіваний результат (положення), що суперечить загальноприйнятим уявленням. В логіці парадоксальними називаються вислови, що суперечать її законам. На відміну від таких чисто логічних суперечностей *астросоціологічний парадокс (АС-парадокс)* належить до класу суперечностей між теорією та спостереженнями. Такі суперечності, взагалі кажучи, є звичайними у фізиці і складають невід'ємну частину процесу розвитку науки.

АС- парадокс формулюється так [136]. З сучасних уявлень про будову навколишнього світу випливає, що життя та розум повинні *неминуче повсюдно виникати у Всесвіті*, а людство повинно спостерігати прояви діяльності позаземних цивілізацій (ПЦ) як у космосі, так і на Землі. Разом з тим експериментальний пошук сигналів ПЦ та інших проявів їх існування, що здійснюється людством вже протягом більше ніж 40 років, наприклад, у рамках програм *CETI (Communication with Extra Terrestrial Intelligence – “Зв’язок з ПЦ”)* та *SETI (Search of Extra Terrestrial Intelligence – “Пошук ПЦ”)*, до позитивних результатів не привів [137]. Таким чином, виникає *вражаюче протиріччя між теорією і експериментом, яке і одержало назву АС-парадокса*. Фактично АС-парадокс є викликом основним установкам та принципам сучасного еволюційно-синергетичного мислення і тому вимагає свого конструктивного розв’язку.

Під АС- парадоксом у найбільш загальному вигляді розуміють *суперечність між уявленнями про множинність ПЦ, які впливають з сучасної картини світу, і відсутністю явних проявів їх діяльності*. У вузькому значенні його пов’язують з негативними результатами експериментів з пошуку сигналів ПЦ (*слабка форма АС-парадокса*); в більш широкому значенні – з відсутністю будь-яких спостережуваних проявів діяльності ПЦ у космічному просторі (спостереження так званого “*космічного дива*”); в цій формі АС-парадокс називають також *парадоксом Мовчання Всесвіту* (або *Великого Мовчання*). В найсильнішій формі парадокс трактується як суперечність між множинністю

ПЦ, що передбачує теорія, і відсутністю колонізації або хоча б слідів діяльності, інопланетян на Землі (*парадокс Фермі-Харта*) [122, 133, 136].

30.1 Парадокс відсутності “космічного дива”. Парадокс Фермі-Харта

Вперше питання “де Вони?”, маючи на увазі відвідування Землі інопланетними цивілізаціями, було поставлено відомим фізиком Енріко Фермі ще у 1950 році. Більш детально це питання обговорювалося М. Хартом та Д. В'юїнгом у статті, опублікованій у 1975 р. У подальшому ця проблема вивчалась широким колом дослідників, серед яких астрофізики Ф.Тіплер, Д.Берроу, радіоастрономи Р.Брейсвел, І.С. Шкловський та ін. [122, 127, 136-140]. Оскільки йдеться про сліди відвідування Землі ПЦ “парадокс Фермі-Харта” тісно пов'язаний з проблемою міжзоряних перельотів.

Схема міркувань, що приводить до цього парадокса, будується приблизно так [136, 138, 140].

Відомо, що наш Всесвіт утворився в результаті Великого Вибуху 13,7 млрд років тому. Останні спостереження свідчать, що умови, необхідні для виникнення перших зірок, створилися у ньому вже десь *через 200-400 млн років після народження* [99]. Після цього почалася зоряна еволюція: одні зірки закінчували своє життя, інші утворювалися знов із міжзоряного пилу та газу. Вже через кілька мільярдів років після початку розширення Всесвіту в ньому існувала тверда речовина з важких хімічних елементів і, отже, міг початися процес формування планет та виникнення на них життя.

Виявлення в Галактиці гігантських пилових хмар з органічними молекулами свідчить про те, що в космосі існують природні резервуари синтезу основної речовини життя - нуклеїнових амінокислот. Органічні молекули знайдені і в речовині комет, які також можна розглядати як концентратори органіки і первинних реакцій синтезу, особливо при наближенні до Сонця та інших зірок. Останнім часом одержані свідчення, що деякі форми життя у далекому минулому могли існувати (а, можливо, і існують зараз) на Марсі та на супутниках Сатурна і Юпітера (Європі, Титані та ін.) [141]. Отже, жива речовина є

особливим, але природнім станом матерії Всесвіту – таким, як мінерали, плазма та ін. [142]. Одночасно дослідження останніх двадцяти років показали, що найпростіші земні мікроорганізми надзвичайно стійкі і здатні виживати протягом тисячоліть навіть в умовах космічного вакууму.

Усі ці факти свідчать про те, що життя не обов'язково зародилося на Землі (або навіть на Марсі), а швидше за все заселило її, як тільки на планеті після охолодження виникли відповідні умови. На користь цього свідчить і факт дуже раннього виникнення життя на планеті (3,9 млрд років тому) [143]. Таким чином, земна біосфера не є унікальною і єдиною ні в Галактиці, ні у Всесвіті. Загальними у Всесвіті є й закони еволюції відкритих систем, включаючи біологічні та соціальні, які приводять до безперервного зростання ступеня їх впорядкованості та самоорганізації. Оскільки наше Сонце належить до третього покоління зірок і є відносно молодим утворенням (4,6 - 5 млрд років), стає зрозумілим, що *технологічно розвинені цивілізації на інших планетах могли виникнути значно раніше, ніж наша.*

Результати моделювання показують, що будь-яка складна система, наприклад, цивілізація в умовах необмеженості ресурсів, як правило, розвивається за експоненціальним законом [122]. Зокрема, за таким законом вже протягом багатьох сторіч зростають параметри (енергоспоживання, чисельність населення та інше), що характеризують людство в цілому [144]. Будемо вважати, що інкримент експоненти, що описує розвиток людської цивілізації (він характеризує час подвоєння чисельного значення параметрів), складає 15 років. Для порівняння, подвоєння знань людства на сучасному етапі розвитку відбувається за 5 років і цей час продовжує скорочуватися. Тоді досить швидко цивілізація, що розвивається за експонентою, *вичерпує ресурси планети*, і щоб зберегти тенденції зростання, *буде вимушена почати освоєння найближчого космічного простору*. Саме на такому етапі свого розвитку зараз перебуває людство. *Цивілізація, технологічний рівень якої є близьким до теперішнього у людства, за термінологією Кардашева, одержала назву цивілізації I типу*. Подібна цивілізація, як показують розрахунки, використовує потужність $P \sim 10^{13}$ Вт [122, 138].

Час освоєння всіх матеріальних ресурсів Сонячної системи при експоненціальному зростанні параметрів людства, за оцінками вчених, складе приблизно 500-1000 років. Навіть якщо врахувати можливі затримки у розвитку, пов'язані з освоєнням нових технологій, і взяти дуже повільну характеристику зростання -1% на рік (для прикладу, зростання ВВП розвинутих країн світу складає $3-5\%$), то все одно *характерний час освоєння будь-якою цивілізацією своєї планетної системи не перевищить ~ 2500 років* [136, 138, 140]. При цьому, для того щоб повністю використати енергію, що випромінює зірка, технологічно розвинута цивілізація, як вважає Дайсон, повинна спорудити навколо неї гігантську сферу (*сферу Дайсона*) радіусом близько однієї астрономічної одиниці (тобто відстані від Землі до Сонця $l \sim 150$ млн км). За класифікацією Кардашева *цивілізація, що оволоділа енергією, яку випромінює її зірка, належить до цивілізацій II типу ($P \sim 10^{26}$ Вт)* [122, 138].

Така «цивілізація II типу» буде якісно відрізнятися від нашої сучасної, але *в процесі розвитку перед нею стане, по суті, та ж проблема, що в наші дні стоїть перед землею: обмеженість ресурсів кінцевої системи при експоненціальному зростанні параметрів її розвитку. Подолання цієї суперечності неминуче штовхне цивілізацію II типу з її величезним технологічним потенціалом на освоєння ресурсів спочатку найближчих областей Галактики, а потім і всієї зоряної системи* (рис.93). Настане процес «дифузії» цивілізації II типу в Галактику (її *зоряна експансія*), що буде супроводжуватися перетворенням на розумній основі зірок і особливо міжзоряного середовища. Втім цей процес Шкловський називає не «дифузією», а поширенням «сильної ударної хвилі» розуму по неживій матерії [122, 136, 138, 140].

Гарною моделлю такого процесу є *відома побудова Гюйгенса*, що описує поширення сферичної світлової хвилі. Згідно з принципом Гюйгенса кожна точка простору, до якої дійшло збурення, стає центром вторинних сферичних хвиль. В нашому випадку роль такої «точки» виконує зірка, навколо якої за допомогою місцевих ресурсів колоністи, що прилетіли, будують штучну біосферу - сферу Дайсона (див. рис. 97).

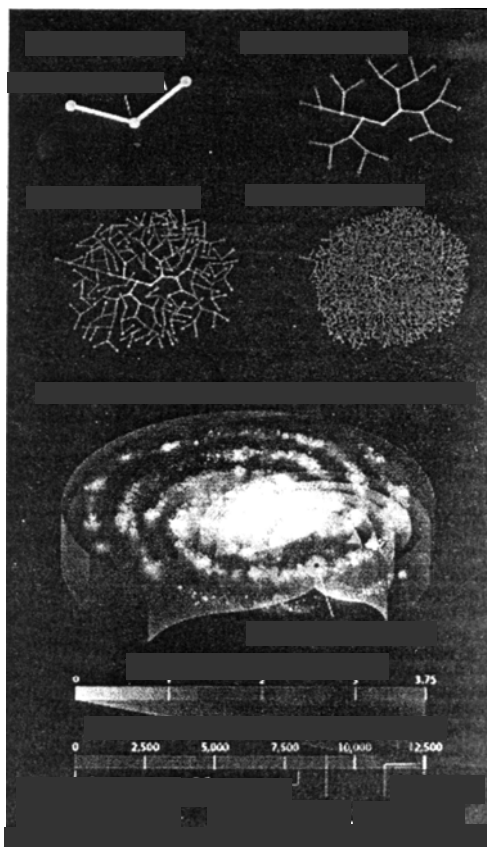


Рисунок 97 - Зоряна дифузія технологічно розвинутої цивілізації [145]

Швидкість поширення збурення у космосі дорівнює $v = R/t$, де $t \sim 1000$ років – характерний час спорудження сфери Дайсона, а $R \sim 10$ світлових років - середня відстань до відповідних зірок (наприклад, зірок спектрального класу G , до якого належить Сонце). Звідси випливає, що ця швидкість складає $v \sim 3000$ км/с, тобто 1 % від швидкості світла c . У такому випадку, враховуючи максимальні розміри Галактики (близько 100 тисяч світлових років, $\sim 9,5 \cdot 10^{17}$ км), час колонізації і кардинального перетворення всієї зоряної системи не перевищить 10 мільйонів років [136, 140, 145]. Цей час близький

до тривалості еволюції людини на Землі і дуже малий порівняно з віком Всесвіту.

Збільшення часу колонізації нової планетної системи до розумної верхньої межі –5000 років приводить до зростання часу повної колонізації галактики до 50 млн років. Але це мить за астрономічною шкалою (у 300 разів менше від часу існування Всесвіту)! Зазначимо, що на останній фазі розвитку характеристики цивілізації, що здійснює зоряну експансію, будуть зростати з часом вже не за експоненціальним законом (чому заважає скінченність швидкості світла), а за ступеневим, спершу як t^3 , а потім і більш повільно, як t^2 . Але це не змінює принципово характер і швидкість освоєння Всесвіту [136].

Цивілізація, яка оволоділа енергією у масштабах усієї своєї галактики, за Кардашевим, належить до *надцивілізацій III типу* (потужність, що використовується, складає $P \sim 10^{36}$ Вт) [122, 138].

У 70-ті роки ХХ сторіччя відразу чотири астрофізики незалежно один від одного опублікували праці, в яких надали парадоксу Фермі-Харта *ще більш гострої форми*. Зокрема, один з них, Ф.Тіплер, висунув гіпотезу, згідно з якою для освоєння Всесвіту немає необхідності вдаватися до пілотованих польотів [122, 136]. Достатньо спорядити декілька експедицій з так званими "*автоматами фон Неймана*" - простими роботами, одна з головних функцій яких полягає в самовідтворюванні. Після прибуття до пункту призначення вони можуть з підручних засобів спорядити звідти ще декілька експедицій до найближчих зоряних систем. У результаті темпи освоєння космосу різко прискоряться, а *термін завоювання галактики суттєво зменшиться* (у 3-10 разів) у порівнянні з часом одержаним Фермі до 1-4 млн років.

Висновки, що випливають з наведених міркувань, такі: *перша технічно розвинута цивілізація, яка має можливості і намір колонізувати галактику, могла б зробити це раніше ніж будь-яка інша цивілізація—суперник еволюціонувала б до технічно розвинутої!!!* Нещодавне відкриття планети (її назвали Муфасайлом), вік якої наближається до 9 млрд років, відкриває *принципову можливість існування у нашій галактиці цивілізацій, які старіші від нашої на 6-8 млрд років* [136, 138]!!! Важко уявити, якого наукового і технологічного рівня вони могли досягти за цей час! Невипадково В.М.Ліпунов, маючи на увазі

такі цивілізації, говорить про **Бога, що відкривається науково** [146, 147]. Чому ж тоді ми не бачимо слідів експансії високорозвинутих ПЦ? Адже за всіма даними ВОНИ давно повинні були б бути і в Сонячній системі, і безпосередньо на Землі.

Якщо припустити існування цивілізацій, більш розвинених, ніж наша, то, здавалося б, правомірно поставити і інше питання: а чи не спостерігаються у Всесвіті сліди їх діяльності? Чи не спостерігаються якісь „надприродні явища” в космосі, які можуть свідчити про свідому діяльність розумних істот? Це і є проблема „космічного дива”, яка вперше була висунута І.С. Шкловським [122, 140]. *В практичному плані вона зводиться до пошуків слідів астроінженерної діяльності ПЦ у Всесвіті.*

За розрахунками Ліпунова [147] ймовірність відсутності космічних чудес у космосі складає $10^{-43\ 000\ 000}$, тобто практично дорівнює нулю, і, проте, саме ця ситуація реалізується на практиці. Автор відзначає, що визнання нескінченності світу у часі та прийняття гіпотези про існування множинних всесвітів, до яких прийшла сучасна космологія, означає вже не парадокс, а тупик у проблемі позаземного розуму, який мав більше ніж достатньо часу для свого розвитку до безмежного технологічного рівня...

Проблема „космічного дива” в тій формі, в якій вона була сформульована вище, по суті, базується на припущенні, що розвиток технологічних цивілізацій спрямовується в напрямі нічим необмеженого кількісного зростання: збільшується просторова сфера їх діяльності, енергія, маса та інші параметри. С. Лем називає це припущення ортоеволуційною гіпотезою [135-136]: майбутнє тут розуміється лише як лінійна апроксимація сьогодення. В той час такий розвиток не є, звичайно, обов'язковим; більш того, у рамках сучасних синергетичних уявлень він уявляється малоімовірним. Більш логічно припустити, що після певного часу вибухового зростання цивілізація переходить у характерний для складних систем стан гомеостатичної рівноваги з тонкою регуляцією основних процесів і підтримкою життєво важливих параметрів в заданих межах. Подібна гармонія з навколишнім середовищем означає не

припинення розвитку, а перехід на новий, *якісно більш високий рівень організації*. Користуючись термінологією Лема, цей шлях можна було б назвати *неортоеволюційним*. Фактично, починаючи з деякого моменту, *цивілізація неминуче переходить від екстенсивного шляху розвитку до інтенсивного* [136].

У наукових дослідженнях [122, 136, 140] неодноразово висловлювалося припущення, що *процес інтенсивного розвитку цивілізації може виявитися дуже короткочасним, порядку $10^3 - 10^5$ років; тобто, за космічними масштабами, він закінчується практично миттєво*. При цьому досягнутий в процесі техноеволюції енергетичний рівень може бути невеликим. Обмеження, наприклад, можуть накладатися ПЦ свідомо, а можуть бути природними наслідками інтенсивного розвитку, при якому *гігантські кількості енергії просто не потрібні*. Саме за таким сценарієм останнім часом почала розвиватися наша цивілізація.

Протягом останніх десятиріч ми можемо спостерігати швидке вдосконалення і мікромініатюризацію електронної та виробничої техніки. Повсюдним стає перехід від процесів фізичної праці до праці розумової із зростаючим переважанням управління процесами. Це приводить до виникнення на Землі *інформаційного суспільства*, в якому *домінуючими над матеріальним виробництвом стають процеси отримання та обробки інформації*. Розробляються та впроваджуються в життя не тільки інформаційні, але і психоінформаційні технології, що дозволяють стискати і обробляти великі потоки інформації. Людство інтенсивно розробляє *нанотехнології*, які покликані замінити ряд витратних, шкідливих, енергоємних виробництв. Уже найближчим часом, наприклад, з'являться молекулярні роботи, які здатні маніпулювати з матерією на атомному рівні, виправляти порушення в організмі людини на молекулярному рівні та ін [148]. Такі новітні технології практично знімають проблему швидкого вичерпання непоновлюваних ресурсів і корисних копалин планети. Таким чином, наша цивілізація за наявності енергетичного, теплового, деструкційного бар'єрів починає швидко переходити на інтенсивний шлях розвитку, витрачаючи все менше і менше енергії на одиницю виробленої і

споживаної продукції. У результаті поступово вона ставатиме все менше і менше енерговитратною, а отже, все менше і менше помітною з космосу.

Як ми бачимо, у результаті інтенсивного розвитку астроінженерна діяльність ПЦ (якщо вона існує) може не досягати рівня, який може бути виявленим при технічних засобах спостереження, що має людство, а отже, сама цивілізація стає космічною “невидимкою”, для виявлення якої потрібні спеціальні і дуже чутливі методи пошуку.

Різні моделі розвитку космічних цивілізацій в рамках єдиного системного підходу розглянуті Лесковим [134, 136].

При обговоренні проблеми зоряної експансії та перебудови Всесвіту особливо слід підкреслити необхідність *урахування екологічних чинників* [136, 138]. Реалізація планів превлаштування планетної системи (побудова сфери Дайсона), не говорячи вже про експериментування із зірками (“зоряні маркери”), може призвести до серйозних екологічних наслідків. В той час, коли були висунуті перші астроінженерні проекти, екологічна свідомість людства була ще недостатньо розвиненою. Негативний досвід, накопичений людством за останні роки, переконливо показав згубність нехтування екологічними проблемами. Екологічна криза вже зараз поставила життя на Землі на межу катастрофи. Виникає думка, що не слід допускати ту саму помилку відносно космічного середовища. *Урахування екологічних чинників повинно приводити до обмеження астроінженерної діяльності ПЦ або до зміни характеру цієї діяльності.* Можливо, що високорозвинені ПЦ організують свою творчу діяльність таким чином і в таких формах, щоб *не порушувати гармонію Всесвіту* [127, 136].

К.Саган і С.Лем незалежно один від одного прийшли до думки про те, що надцивілізації можуть перебувати за межами нашого *пізнавального горизонту* [135-136]. Ю.Н.Єфремов висловлює ту саму думку, коли відзначає: Не «можна виключити можливість того, що такі поняття, як “життя”, “техніка” і навіть “розум”, *відображають лише низькі стадії розвитку космічних систем, що самоорганізуються.* Вищі ж стадії їх розвитку не можуть бути адекватно описані за допомогою понятійного апарату сучасної науки» [127, 136, 138].

Судячи з усього, існує лише вузький проміжок часу, протягом якого цивілізації можуть пізнати одна одну. Ось що говорить про цю проблему Станіслав Лем [135-136]: "Вікно контакту" - це космічна мить. Від лучини до гасової лампи пройшло 1600 років, від лампи до лазера - сто років. Кількість інформації, необхідної для кроку лучина - лазер, може бути прирівняна до інформації, необхідної для кроку від розшифрування генетичного коду до впровадження цих результатів у післяатомну промисловість... Період контакту - можливості взаєморозуміння - у гіршому випадку триває 1000 земних років, в кращому - від 1800 до 2500 років. За межами цього вікна для всіх цивілізацій, що є занадто молодими або занадто старими, *характерним є мовчання*. Перші не мають у своєму розпорядженні достатньої для зв'язку потужності, інші або інкапсулюються, або створюють пристрої для передачі повідомлень з надсвітловою швидкістю".

Подібний технологічний стрибок переживає зараз і наша цивілізація. Наприклад, останнім часом швидко розвиваються квантові технології, зокрема телепортація, з виходом на квантові характеристики метрики Всесвіту, пов'язані з просторово-часовими переходами [149-150]. Очевидно, що механізми, прилади і пристрої переміщення та передачі інформації у просторі при таких технологіях стають непомітними при дуже високій потенційній потужності, проникній здатності, високих швидкостях переміщення та ін. До "проривних", таких, що визначають майбутнє людства технологій, необхідно віднести і психотехнології, які проявляють себе у ефектах телепатії, телекінезу та ін [151].

Тоді "надцивілізація", що має подібні технології має доступ до Галактики або Всесвіту в цілому, але до традиційної зоряної експансії це не приводить - виникають інші завдання та цілі.

Можливо, що подібним надмогутнім ПЦ ми не більш цікаві, ніж нам - мурашки; в усякому разі ми з ними в контакт вступити не намагаємося. Але якщо такі цивілізації існують, тоді *можливо, що численні явища у Всесвіті, які ми вважаємо природними, насправді можуть бути результатом або відходами їх діяльності* [127, 134, 136].

Можна уявити і ще більш екзотичні варіанти *космокреатики* – цивілізації, що випереджають нас на мільярди років, можуть не тільки керувати еволюцією зірок і галактик, вони можуть *творити інші всесвіти* [127, 136]. За деяких умов можливий навіть їх перехід у ці новостворені всесвіти...

Ці роздуми схожі на фантазії, але це не фантастика, подібні проблеми широко обговорюються у науковому співтоваристві [134-140, 146-147], і теоретичні схеми вчених вже підкріплено науковими досягненнями людської цивілізації! Нагадаємо, що перші експерименти з дослідження кварк-глюонної плазми, що існувала у початковий момент існування Всесвіту, людство вже розпочало [74-75]. До повної зміни зовнішнього середовища, з перетворенням його у повністю кероване людством, та перебудови самої людини (аж до досягнення особистого безсмертя) вже в найближчі 30-100 років може привести застосування нанотехнологій [152].

Відомий американський космолог (не фантаст!) Едуард Харрісон в 1995 р. запропонував *ідею створення і природного відбору всесвітів, що містять розумне життя* [153]. Теоретичні шляхи цього вже відомі - це утворення штучних чорних дірок. Розширюючись в інші простори, ці дірки перетворюються на нові всесвіти. "Важлива обставина - помічає Харрісон, - полягає у тому, що якщо істоти з нашим обмеженим інтелектом можуть поринати у мрії про зухвалі, але напевне правдоподібні схеми створення всесвітів, то *істоти з набагато вищим інтелектом могли б знати і теоретично, і технічно, як саме це зробити.*" Те, що ми сьогодні вважаємо за неможливе принципово, наші нащадки навчаться втілювати у дійсність. В усякому разі це багато разів підтверджувалося у людській історії!

З точки зору Харрісона розумне життя в своєму всесвіті створює нові всесвіти, фізичні умови в яких будуть такими ж, як і у вихідному і придатними для появи життя того ж типу, що і початкове. І цей процес продовжується вічно. *В результаті всесвіти, найбільш сприятливі для розумного життя, відбираються як здатні до репродукції...* Таким своєрідним чином природа реалізує *механізм самовідбору світів*, в яких існує високорозвинене життя.

Ця гіпотеза пояснює і зрозумілість нашого Всесвіту для людства. Він створений істотами, чії розумові процеси і поняття принципово подібні до наших, оскільки ми, в деякому розумінні, їх далекі нащадки [127]. І, можливо, предки наступних поколінь повелителів всесвітів...

"Незбагненна ефективність математики в природних науках", про яку писав Е.Вігнер, не тільки йому уявляється загадковою і такою, що навіть не має раціонального пояснення. «Математика - наука про хитромудрі операції, що проводяться за спеціально розробленими правилами над спеціально вигаданими поняттями» довела свою надзвичайну ефективність незліченними прикладами. Особливо вражають випадки, коли розроблена багато десятиріч тому абстрактна математична теорія виявляється такою, що адекватно описує тільки що виявлені фізичні явища [127, 154].

У цій здатності людства адекватно пояснювати світ відчувається щось споріднене тонкій підгонці параметрів Всесвіту до можливості нашого існування. Початкові умови виникнення Всесвіту в рамках сильного антропного принципу можуть містити і потенцію розвитку у людства здібності все більшого наближення до розуміння всесвіту. Відмітимо, що припущення про творіння всесвітів (про можливість чого говорять багато космологів) може бути вказівкою на конкретний механізм дії сильного антропного принципу.

Харрісон звертає увагу, що залишається питання, хто створив перший всесвіт, придатний для існування істот, подібних до нас. Він пропонує апелювати або до принципу *теїзму* - неприродної першопричини (Бога), - або до концепції існування ансамблю всесвітів з різними фізичними законами. Параметри одного з цих всесвітів відповідають можливості зародження розумного життя, що творить потім всесвіти, подібні до вихідного [127, 152]. Підкреслимо, проте, що концепція первинного вакууму, в якій спонтанно виникають флуктуації, що народжують всесвіти, взагалі ніякого початку не потребує.

Отже, наш Всесвіт дійсно може бути достатньо простим для людства, і наш розумовий апарат може відповідати нашому Всесвіту за самою природою речей. Нагадаємо ще раз про головну тезу еволюційної теорії пізнання - наше виживання (і тим

самим, народження науки, що адекватно відображає будову всесвіту) було можливе тільки тому, що наші пізнавальні структури сформувалися в ході еволюційного пристосування до нашого світу.

Нові фізичні теорії приводять до дуже доречного питання. Якщо космічні суб'єкти можуть керувати еволюцією Всесвіту і навіть творити нові всесвіти, чим тоді вони для нас відрізняються від Бога? І як Бог, що відкривається науково і до якого неминуче приходить сучасна фундаментальна фізика, співвідноситься з Богом релігійним [127, 146, 147]? Дуже можливо, що творіння і еволюція не виключають одне одного і Творець не є зовнішнім до природи суб'єктом, а продуктом і причиною природної еволюції. Роздуми над цими питаннями вже примусили науковців переглянути своє відношення до релігії та до її місця у культурі людства [11, 14]. Ряд вчених вважають необхідним створення синтетичної картини світу, що базується як на науці, так і на релігії.

Так чи інакше вступити в контакт людство може лише з цивілізацією, дуже близькою до нас за своїми технологічними можливостями, тому при розкіді віку зірок (і планет) у Всесвіті в мільярди років ймовірність зустрічі братів-однолітків за розумом дуже мала [136, 140]. Це ще одна ймовірна причина мовчання Космосу.

30.2 Відсутність сигналів позаземних цивілізацій. Парадокс Мовчання Всесвіту

На деякому етапі свого розвитку технічно розвинена цивілізація повинна почати використовувати з практичною метою електромагнітні хвилі, які можуть вільно поширюватися у космічному просторі, а отже, ці сигнали можна зареєструвати за допомогою радіотелескопів. Наприклад, від Землі вже протягом 50 років поширюються потужні сигнали наших телевізійних передавачів і радарів, які без особливих труднощів можна зареєструвати з найближчих зірок [122, 136].

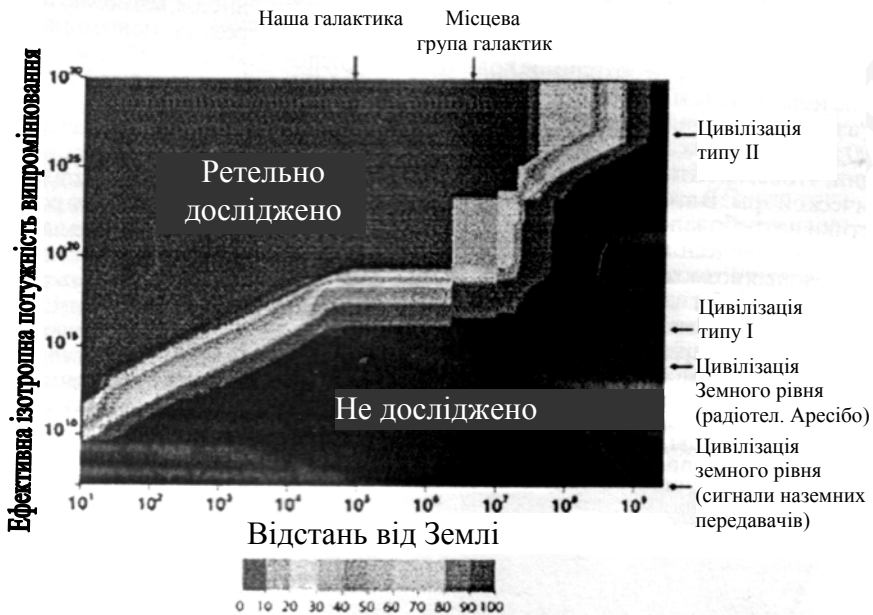
Можливість пошуку ПЩ методами радіоастрономії вперше серйозно обговорювалася фізиками Д.Кокконі та Ф.Моррісоном у статті, опублікованій у журналі “Nature” в 1959 р. Вже у 1960 р. почалися перші реальні пошуки позаземних сигналів у рамках

проекту «Ozma». Ф.Дрейк з колегами з Національної радіоастрономічної обсерваторії у Грін-Бенці протягом двох місяців прослуховували дві сонцеподібні зірки. З того часу було проведено більше 60 експериментів і цілеспрямованих пошуків сигналів ПЦ як шляхом прослуховування усього небосхилу, так і окремих конкретних зірок [122, 136-139]. У 1995 р. навіть з'явився інститут SETI, основною задачею якого є дослідження в області пошуку інопланетного розуму [155]. Однак, незважаючи на всі зусилля вчених, зареєструвати штучні позаземні сигнали або виявити інші сліди діяльності ПЦ дотепер не вдалося.

Узагальнені результати програм пошуку ПЦ за допомогою електромагнітного випромінювання, створеного ними, наведені на рис. 98. На графіку чорним показані можливі області існування цивілізацій, які людству не вдалося виявити або у зв'язку з великою їх віддаленістю, або внаслідок малої потужності передавачів, що використовуються. Безумовно, поки що людство перебуває на початковій стадії пошуку ПЦ, але одержані результати вже зараз дозволяють накласти деякі обмеження на поширеність у нашій галактиці технічно розвинених цивілізацій. Парадокс відсутності позаземних сигналів стає ще більш очевидним, якщо провести оцінку загальної кількості біосфер подібних до земної та технологічних цивілізацій, що можуть існувати у Галактиці (Чумацький Шлях).

Формулу для розрахунку кількості цивілізацій, що можуть обмінюватися між собою інформацією за допомогою електромагнітних хвиль, запропонував Френк Дрейк у 1961 р. [122]. Фактично формула Дрейка дає можливість зробити оцінку кількості технологічно розвинених цивілізацій у галактиці, що існують у даний час:

$$N = f_n f_m n_e f_1 f_2 f_3 L N_0, \quad (82)$$



Процент досліджених зіркових систем

Рисунок 98 – Результати пошуку сигналів ПЦ. Наведені області параметрів, що досліджені і недосліджені людством [145]

де N – кількість цивілізацій у нашій галактиці, чиї електромагнітні сигнали можна зареєструвати; N_0 – кількість зірок, біля яких може виникнути розумне життя; f_n – частка зірок придатних для підтримання життя; f_m – ймовірність утворення планет; n_e – середнє число населених планет, що обертаються навколо зірки; f_1 – ймовірність виникнення життя на планеті; f_2 – ймовірність виникнення цивілізації; f_3 – частка цивілізацій, що мають технології, необхідні для відсилання у космос електромагнітного сигналу; L – часовий проміжок, протягом якого цивілізація відсилає такий сигнал у космос.

Разом з тим розрахувати кількість цивілізацій, які оволоділи здатністю надсилати електромагнітні сигнали, досить складно, оскільки більшість коефіцієнтів, що входять у формулу Дрейка, на даний час відомі лише приблизно. Крім того, всі ці коефіцієнти є меншими за одиницю і, можливо, набагато.

Особливо важливим для проведення оцінок є час існування технологічно розвиненої цивілізації.

Визначення кількості світів у Всесвіті на яких існує життя є дуже складним завданням. За оцінками вчених, у Галактиці знаходиться близько 200-400 млрд зірок. Приблизно 10% з них подібні до Сонця за температурою та світністю [127]. Спостереження останніх років показали, що планетні системи формуються біля значної, якщо не переважної, частини зірок з помірною масою (зараз відомо більше сотні планет біля інших зірок) [156-157]. *Таким чином, близько 1% зірок (2-4 млрд!!!) можуть мати планети, умови на яких є сприятливими для зародження життя.* Три чверті з цих планет повинні бути старішими від Землі. Це повинно вселяти оптимізм у прихильників можливості виявлення ПЦ, особливо якщо врахувати, що на даний час людство відкрило вже 50000 млрд галактик і судячи з усього це мала частина дійсної кількості зоряних систем у Всесвіті (в одному з 10^{100} !!!).

Згідно з сучасними уявленнями, константи у співвідношенні (82) можуть мати такі найбільш ймовірні значення: $N_0 \sim 10^{11}$, $f_n \sim 10\%$; $f_m \sim 100\%$; $n_e \sim 0,01$; $f_1 \sim 100\%$; $f_2 \sim 100\%$; $f_3 \sim 100\%$; $L \sim 1000$, тоді можна одержати оцінку кількості цивілізацій у Галактиці. Після підставлення значень величин у (82) одержимо $N \sim 10^{8 \pm 3}$. Відомо, що середня відстань між зірками у Галактиці складає $d_0 \sim 10$ світлових років. Оскільки, число зірок, що припадає на одну колонізовану планету дорівнює $\frac{N}{N_0} = 10^{3 \pm 3}$, очікувана відстань між двома сусідніми цивілізаціями

буде становити $d = d_0 \left(\frac{N_0}{N} \right)^{1/3} = 10^{2 \pm 1}$ світлових років. Ця відстань

дуже велика для космічних мандрівок у межах життя людини, але навіть песимістичне оцінювання відстані у 100 світлових років лежить у межах досяжності земної радіоастрономії. Це виправдовує необхідність пошуку ВЦ за допомогою радіотелескопів.

Виходячи з нового фізичного опису характеристик живої речовини, більш точну кількісну оцінку маси живої речовини і

кількості біосфер, аналогічних земній у нашій Галактиці та Всесвіті, вдалося одержати автору [158-159].

За оцінками А.В.Букалова, у Всесвіті існує приблизно $3,3 \cdot 10^{18}$, а в Галактиці - близько 100 млн біосфер, подібних до земної. Тоді середня відстань між біосферами в нашій Галактиці складає 25 світлових років, а в так званому поясі життя Чумацького Шляху вона може скорочуватися до 12-15 світлових років. "Зоною життя" Галактики називають досить вузьку кільцеву область галактичного диска, де кутова швидкість Чумацького Шляху дорівнює кутовій фазовій швидкості його спіральних рукавів. Вважається, що саме в цій області складаються найбільш сприятливі умови для виникнення планет та відповідно життя. Ці оцінки добре збігаються з даними німецького астрофізика Зігфріда Франка, який провів модельний імовірнісний розрахунок кількості планет у Всесвіті і показав, що в нашій Галактиці є близько 50 млн планет, схожих на Землю.

Проте виникає питання, які з цих планет населені розумним життям? Способи вирішення цієї проблеми намічені у [158-159].

З отриманих авторами [159] результатів випливає, що поблизу від Землі на відстані близько 110 світлових років можуть знаходитися від 85 до 600-700 біосфер. Відношення часу існування життя на Землі (~4 млрд років) до часу розвитку розумної істоти (400 тис. років) складає 10 000. Тому орієнтовна ймовірність того, що життя на сусідніх планетах знаходиться на близькій до нас стадії розвитку, складає $\sim 10^{-4}$. Отже, *близькі за рівнем розвитку світи перебувають, швидше за все, за межами нашого теперішнього комунікаційного бар'єра*. Якщо ж враховувати інтервал технологічного розвитку цивілізації (1-10 тис. років), то ця ймовірність ще зменшиться і складе близько однієї мільйонної долі.

Це означає, що *цивілізації технологічно близькі до земною, які, крім того, використовують електромагнітні хвилі для передачі інформації - велика рідкість у Галактиці та Всесвіті*. Відповідно вони знаходяться на відстанях, більших декількох тисяч світлових років від Землі.

Таким чином, біосфери найближчих планет можна розділити на ті, що ще не мають розумного життя і ті що мають його у вигляді розвиненої цивілізації. *Поблизу Землі, за уявленнями [159], цивілізацій, що використовують радіозв'язок, немає.* Це підтверджується і безуспішними 40-річними спробами отримання радіосигналів штучного походження із космосу. Враховуючи, що людство використовує радіозв'язок близько 100 років, можна стверджувати, що в радіусі 110-150 світлових років цивілізації, аналогічні Земній за розвитком, відсутні.

Ймовірність отримання радіосигналу від більш розвиненої цивілізації також дуже мала - він може "прийти" з відстані декількох сотень або тисяч світлових років. Проте чи буде він виявлений та розпізнаний людством при технологічному розриві між цивілізаціями у сотні або тисячі років? В умовах технологічного етапу розвитку цивілізації (а це лише одна з можливих стратегій її розвитку) зміни відбуваються з величезною швидкістю. Вже зараз ми, наприклад, не можемо прочитати магнітну дискету на програвачі для лазерних дисків. Але ж ці пристрої для зберігання і передачі інформації створені в рамках однієї технологічної цивілізації і їх розділяють лише 15 років! Таким чином, *вірогідність технічного "стикування" різних цивілізацій надзвичайно мала.*

Негативні результати пошуку сигналів ПЦ дозволяють зробити оцінку середнього проміжку існування технологічних цивілізацій з урахуванням того, що протягом усього цього часу вони користуються електромагнітними хвилями. Прості розрахунки дозволяють встановити, що для виключення повного заповнення об'єму Галактики електромагнітними сигналами найближчих цивілізацій *час їх життя повинен бути меншим тисячі років [136, 138].* Важливо, що припущення про зменшення частоти виникнення цивілізацій в десять тисяч разів в рамках цієї моделі збільшує граничну тривалість їх життя тільки вдесятеро. Зазначимо, що відлік часу починається з моменту досягнення цивілізацією технічної можливості зв'язку на міжзоряних відстанях і закінчується з моменту втрати цієї можливості, чим би вона не була викликана. Наша цивілізація вступила у цю фазу всього декілька десятків років тому з появою радіоастрономії –

поки що енергетично найекономічнішого способу міжзоряного зв'язку.

Що ж може обмежити час життя технічних цивілізацій до такого короткого в порівнянні з часом існування життя на Землі, самої Землі, Сонця і Всесвіту, терміну?

Ряд авторів [127, 160] звертають увагу на те, що більшість цивілізацій, що існували на Землі, *не були технологічними*. Після знищення Римської імперії, яка перейняла здобутки грецької культури, знадобилося півтори тисячі років, щоб європейська наука досягла рівня науки стародавньої Греції. Можливо, що стадія “освіченості” є досить короткою, а втрата інтересу до науки є причиною зникнення технічних цивілізацій [127, 136]. Тоді *чи не свідчать факти середньовічного ірраціоналізму та падіння рівня освіти, що спостерігаються сьогодні по всьому світу про близьке завершення цієї стадії розвитку людства?* І що треба робити, щоб запобігти такому розвитку подій?

Ще один із способів вирішення парадокса мовчання Всесвіту - *припущення швидкоплинності стадії використання електромагнітних хвиль для передачі інформації*. Дійсно, якщо в даний час людська цивілізація широко використовує радіохвилі, це зовсім не означає, що не існує інших способів комунікації на космічних відстанях.

Як відомо, інтенсивне використання радіохвиль викликає електромагнітне забруднення простору. Так, у зв'язку із масовим використанням мобільних телефонів різко зростає електромагнітне опромінювання організму людини. Очевидно, що *існує природна межа електромагнітного фону, вище за яку починається деградація живих організмів, їх генетичної структури*. В той самий час інтенсивний розвиток фізики і сучасних технологій приводить до думки, що *використання радіозв'язку в його сучасному вигляді - це досить короткочасний етап (не більше ~150 років) в розвитку цивілізації*. Вже зараз ведуться роботи із створення принципово нових систем зв'язку, у тому числі і з використанням надсвітлових сигналів, що не створюють електромагнітного смогу. У результаті вже в найближчі 40-50 років будуть розроблені і почнуть

використовуватися принципово інші, нові технології, що не впливають негативно на живі організми [159].

Таким чином, аналіз розвитку людства свідчить, що розвинені цивілізації, а тим більше надцивілізації, швидше за все не використовують радіозв'язок. Він неекономічний, малоефективний на великих відстанях, обмежений світловим бар'єром та ін. У результаті парадокс електромагнітного мовчання космосу знімається. Як ми вже відзначали, етап інтенсивного "володіння" радіозв'язком швидше за все складає 150-200 років, і відповідно людство перебуває в останній фазі цього етапу [159].

Що ж ще може обмежити строк існування технологічних цивілізацій? *Такою причиною може стати її загибель внаслідок внутрішніх та зовнішніх причин*, адже все у світі має свій початок та кінець. Разом з тим, ймовірно, можна виключити як неминучий чинник, що спричиняє до зникнення цивілізацій, космічні катастрофи, бо життя на Землі існує вже декілька мільярдів років, постійно зтикаючись з ними. Крім того, проміжки часу між глобальними катастрофами достатньо великі, щоб цивілізація стала достатньо могутньою для того, щоб пережити їх або запобігти. Ймовірно і біологічні причини можуть бути залишені "поза увагою", оскільки високорозвинені біологічні види існують на Землі протягом останніх десятиків мільйонів років [127, 138].

Найбільш ймовірною на сьогодні відповіддю на поставлене питання є така - *це зміна навколишнього середовища самою людиною в процесі прогресу*. Найочевидніша форма такої зміни - самознищення в загальній ядерній війні. Небезпека цієї катастрофи сьогодні здається невеликою, але чи можна вважати її повністю виключеною? Людство залишається схильним до епідемій різного роду, особливо небезпечних при сучасних транспортних засобах, що зв'язують світ в єдиний організм. Але найбільш ймовірно, що епідемії, як і тотальні війни, скоріше за все можуть привести лише до деякої затримки розвитку, а не до повного знищення цивілізації.

Єдність - "глобалізм сучасної цивілізації" - приховує у собі, можливо, головну загрозу її існуванню, бо вона, по суті, *виключає механізм природного відбору*. Історичний досвід вчить, що попередня еволюція живого використовувала і використовує цей

універсальний механізм для прогресу життя шляхом відбору найбільш пристосованих його форм. *Відсутність відбору веде до застою всіх складних живих систем і їх деградації з часом.* Але й цю причину не можна вважати універсальною та загальнокосмічною. *Повинні існувати деякі внутрішні механізми, що діють у цивілізованих суспільствах та призводять до їх знищення [127, 136, 146-147].*

Дуже своєрідну гіпотезу загибелі НЦ запропонував Ліпунов [146-147]. *Універсальною причиною загибелі розуму у Всесвіті він вважає втрату його основної функції - функції пізнання.* Розумне життя характеризується прагненням зрозуміти і пояснити явища, що відбуваються навколо. Важливо, що інтерес, який при цьому виникає, є дуже нестійким. Він практично миттєво зникає, якщо явище стає зрозумілим. Відкривши будь-який закон природи, ми починаємо шукати нові явища, що не підкоряються йому. *Розум хиріє без принципово нових, непояснених явищ.* В той же час Всесвіт, у якому виник розум, судячи з усього, є досить простим. *Розум не міг би виникнути в нескінченно складному Всесвіті!* Звідси експериментально доведена відсутність надцивілізацій свідчить про те, що швидко (за декілька тисяч років), пізнавши закони простого Всесвіту, розумне життя вичерпує всі можливості свого існування і зникає. Парадоксально, але факт: *розум виникає і гине з однієї і тієї ж причини - внаслідок простоти будови нашого світу та вміння адекватно його описувати.*

30.3 Традиційні пояснення АС-парадокса

АС- парадокс кидає виклик сучасному природознавству, а тому широко обговорюється у науковому співтоваристві. Зараз запропоновано багато моделей та гіпотез, що пояснюють цей парадокс [136]. Основні з них наведені у таблиці 11. Разом з тим більшість з цих пояснень не є універсальними і тому не можуть розглядатися як незаперечні, інші протирічать основним положенням сучасної картини світу та еволюційно-синергетичній парадигмі. Остаточну відповідь на те, яке з них є найбільш прийнятним, повинен дати час.

Таблиця 11 - Деякі розв'язки астросоціологічного парадокса

Номер гіпотези	Зміст гіпотези	Область застосування
1	2	3
1	ПЦ не існують, наша цивілізація – єдина	Може бути застосована до всіх форм АС-парадокса
2	ПЦ знаходяться на більш низькому рівні розвитку; наша цивілізація є найбільш передовою технічно у Всесвіті	- “ -
3	Цивілізацій багато, але вони недовговічні (коротка шкала життя)	- “ -
4	„Зоогіпотеза Болла” – Земля є своєрідним заповідником розвинених ПЦ	- “ -
5	Космічний розум поводить ся не так, як ми чекаємо	- “ -
6	Обмежена потужність передавача (недостатня чутливість апаратури) приймальної	Слабка форма АСП. Відсутність радіосигналів
7	Використовування неелектромагнітних (у тому числі невідомих людству) - каналів зв'язку	- “ -

Продовження табл.11

1	2	3
8	Ми не можемо розпізнати сигнал, не можемо відрізнити його від природного випромінювання	- “ -
9	ПЦ не посилають сигнали, зважаючи на нашу недостатню зрілість (або за ін. причин)	- “ -
10	Цивілізації розвиваються інтенсивно, їх енергетичний рівень не такий великий, як вважається. Астроінженерна діяльність (якщо вона існує) не досягає меж, що можуть спостерігатися при сучасних засобах пошуку	В рамках розширювального трактування АС-парадокса. Відсутність „космічного дива”
11	Ми їх спостерігаємо, але не усвідомлюємо цього, тому що: а) ми поки що не володіємо астроінженерною технологією; б) у нас немає строгих критеріїв штучності; в) астрофізики стихійно стоять на позиції презумпції природності явища; г) ми не знаємо, що потрібно шукати; д) „космічне диво” знаходиться за межами нашого пізнавального горизонту; е) ми давно включили прояви діяльності ПЦ в свою науково-природничу картину світу	- “ -

Продовження табл.11

1	2	3
12	Міжзор'яні перельоти з метою колонізації Галактики не ведуться, оскільки немає ніяких причин, що спонукають до цього; оскільки вони дуже дорогі і пов'язані з великим ризиком	Сильна форма АС-парадокса. Відсутність слідів експансії ПЦ на Землі (парадокс Фермі-Харта)
13	Міжзор'яні перельоти реалізуються, але хвиля колонізації не досягла Землі, оскільки швидкість „дифузії” цивілізацій мала або процес почався недавно	- “ -
14	Вся Галактика давно колонізована високорозвиненими ПЦ і розділена на зони впливу, між якими залишені не колонізовані області. Сонячна система знаходиться в одній з таких областей	- “ -
15	Вся Галактика, включаючи Сонячну систему, давно колонізована ПЦ, але ВОНИ не проявляють свою присутність, оскільки галактична етика вимагає надати цивілізаціям, що розвиваються, можливість самостійно вирішувати свої проблеми	- “ -

30.4 Нові трактування АС –парадокса

Новий напрямок у поясненні парадокса Фермі-Харта вносить відкриття квінтесенції або космологічного вакууму [10, 98]. Формулюючи цей парадокс, Фермі виходив з того, що Сонце - відносно молода зірка і, отже, Земля відносно молода планета. Разом з тим існують зірки і відповідно планетні системи, що старіші від нашої на мільярди років. Логічно припустити, що життя там могло виникнути і розвинутися до висот космічної цивілізації набагато раніше ніж на Землі. Проте останні дослідження свідчать, що умови для виникнення життя могли виникнути у всьому Всесвіті, на всіх планетах *одночасно* [138], а саме, близько п'яти мільярдів років тому (саме такий вік має Сонце), *коли темна енергія стала домінувати над матерією*. Раніше таких умов не могло бути з тієї простої причини, що висока густина гомогенної матерії не допускала виділення в своєму середовищі суб'єкта як гетерогенного явища. Тобто весь космос складався з величезної безлічі копій однорідних об'єктів (галактик, зірок, планет і астероїдів), на яких, за визначенням, не могло виникнути ніщо унікальне, наприклад, живий організм. Можливо також, рівність густини матерії і темної енергії - *не просто достатня, але і необхідна умова для виникнення життя у Всесвіті*.

До такого ж висновку приводять і теорії [7, 127], що передбачають зміну у процесі еволюції Всесвіту фундаментальних сталих або навіть законів природи. У цьому випадку необхідний для виникнення життя збіг параметрів Всесвіту відбувається у визначену епоху його розвитку одночасно у всіх точках простору.

Важливу роль у обмеженні часу життя розвинених цивілізацій можуть відігравати так звані *гама-сплески* [161], відкриті американськими супутниками-шпигунами у 1968 р. У процесі таких спалахів, що відбуваються на космологічних відстанях, виділяється фантастична енергія від 10^{51} до 10^{54} ерг тільки у гама-діапазоні випромінювання. Для порівняння, якщо Сонце (маса 10^{30} кг) вибухне як термоядерна бомба, виділиться енергія $3 \cdot 10^{51}$ ерг, що лише наближається до нижньої межі енергій γ -сплесків. У результаті такого надпотужного викиду

енергії відбувається стерилізація планет, придатних для життя на відстанях у радіусі від десятків до сотень світлових років. На значно більших відстанях, до тисячі світлових років, біосферам планет може бути нанесений дуже важкий удар, який приведе до суттєвого гальмування еволюційних процесів. На ранніх стадіях розвитку Всесвіту, коли ці спалахи відбувалися частіше, вони могли бути фактором, що обмежував розвиток життя та розуму у космосі. Можливі і інші причини майже одночасного зародження життя у різних точках Всесвіту.

Останніми роками деякі вчені [162] звертають увагу на те, що АС-парадокс зовсім не виникає у рамках відомого філософського вчення Живої Етики (ЖЕ), розвиненого Е.П.Блаватською, А.І.Клізовським, П.Д.Успенським, Е.І.Реріхом.

Оскільки тривалість стадії, на якій знаходиться наша цивілізація, є досить короткою, ймовірність зустріти у Всесвіті цивілізацію того ж технічного рівня є набагато меншою, ніж ймовірність зустріти високорозвинену ПЦ. Але останні, як вже наголошувалося, можуть знаходитися за межами нашого пізнавального горизонту. Пошук таких «цивілізацій» (або «Ієрархій» за термінологією ЖЕ) *необхідно проводити не у горизонтальній, а у вертикальній площині.*

Згідно з ЖЕ *взаємодія космічних цивілізацій здійснюється за ієрархічним принципом*: кожне співтовариство розумних істот взаємодіє з найближчою ієрархічною ланкою, і ця взаємодія передається вгору і вниз по ланцюгу Ієрархії. Більш розвинені «опікають» менш розвинених і керують їх еволюцією, не порушуючи закону вільного вибору [136, 162]. Як вважають деякі вчені, історія зберігає численні сліди такого зовнішнього впливу на людство.

Один з аспектів АС- парадокса пов'язаний, як вже зазначалося, з проблемою «космічного дива», тобто відсутністю слідів астроінженерної діяльності високорозвинених ПЦ. З позицій ЖЕ постановка цього питання *взагалі неправомірна*. Космос, названий в ЖЕ Світом Проявленим, який включає і наш тривимірний фізичний Всесвіт, і світи інших вимірювань, створюється за проектом (прообразом) Божественної Думки Ієрархіями Будівників Космосу під керівництвом Ієрархії Світла, що являє собою Вінець Космічного Розуму. Всі об'єкти Всесвіту -

планети, зірки, галактики - є творіннями творчих Ієрархій (високорозвинених цивілізацій - за термінологією науки). В результаті ми спостерігаємо ці плоди творіння Космічного Розуму, але не сприймаємо їх як диво, бо вони *входять в нашу науково-природничу картину світу* [127,162].

Істоти, які мешкають у всесвіті, що створений Космічним Розумом, еволюціонують до його рівня та створюють власні світи, а сам Космічний Розум є плодом еволюції попередніх циклів розвитку всесвіту. Таким чином, *відбувається самовідбір всесвітів, заповнених розумом.*

Відзначимо, що сучасна наука досить близько підійшла до концепції, викладеної у ЖЕ [127, 136, 162]. До подібних ідей приводить, наприклад, аналіз антропного принципу, який (абсолютно несподівано для природодослідників і філософів) розкриває наявність тісного зв'язку між фундаментальними властивостями Всесвіту в цілому, включаючи фундаментальні властивості мікро- і мегасвіту, і наявністю в ньому життя та розуму.

Модель еволюції розуму у Всесвіті, що заснована на інтеграційних процесах і приводить до об'єднання космічних цивілізацій з утворенням Метацивілізацій, а також - ще вищих Ієрархічних структур, розглянута в роботах [127, 134]. Вважається, що можливості цих творчих Ієрархій Всесвіту можуть бути безмежними. Наприклад, в [163] висувається гіпотеза, що весь Всесвіт пронизує інформаційний пристрій (інформаційне поле) високого рівня досконалості (умовно названий астралом), який забезпечує мислячим істотам суперсоціуму безпосередній доступ до необмежених інформаційних та розрахункових ресурсів. У результаті забезпечується здатність передбачення майбутнього, спілкування на міжгалактичних відстанях, віртуальне переміщення у будь-яку точку Всесвіту та ін. Ця технологія, можливо, дозволяє скласти уявлення про деякі *альтернативи астроінженерної діяльності надцивілізацій*, рівень енергетичних можливостей яких не знаходить спостережувального підтвердження. Гіпотеза астрала пояснює цілий ряд непояснених явищ емпіричної реальності, з якими стикається людство, як то телепатія, астральні подорожі, полтергейст та ін. Виходячи із штучної природи астрала можна

пояснити також відому невідтворюваність і нестійкість цих феноменів як наслідок парольного характеру доступу до галактичного інформаційного поля для представників цивілізацій, які належать до порівняно низького технічного рівня (доастрального).

Підсумовуючи вищевикладене, можна констатувати, що АС-парадокс є не просто застереженням людській цивілізації, розв'язок його відкриває нові перспективи та шляхи розвитку людства у майбутньому. Фактично він є ключем до внесення розуму у сучасну фізичну картину світу.

31 УНІВЕРСАЛЬНИЙ (ГЛОБАЛЬНИЙ) ЕВОЛЮЦІОНІЗМ [164-165]

Як ми з'ясували, однією з центральних ідей сучасної науки є *ідея розвитку, або ідея еволюції*. Сьогодні природознавство і перш за все фізика знайшли теоретичні і методологічні засоби для створення єдиної моделі еволюції найрізноманітніших динамічних систем, виявлення загальних законів природи, що зв'язують в єдине ціле походження Всесвіту, виникнення життя, людини і суспільства. Відповідна концепція отримала назву універсального, або глобального еволюціонізму. В новій моделі Всесвіт постає перед нами як природне ціле, що розвивається у просторі та часі. При цьому вся його історія від народження до виникнення людства розглядається як єдиний процес, в якому космічний, хімічний, біологічний і соціальний типи еволюції зв'язані між собою. Це означає, що Всесвіт зазнає постійних змін і людство спостерігає його безперервну еволюцію. Даний процес відбувається завдяки самоорганізації на всіх рівнях його ієрархії. До процесів самоорганізації належить і становлення Розуму, який теж виник в результаті розвитку Всесвіту. Отже, можна сказати, що *все, що існує у світі, є результатом еволюції, яка має загальний всеосяжний характер*.

Одним із найважливіших висновків концепції універсального еволюціонізму є думка *про спрямованість розвитку світу як цілого на підвищення своєї структурної організації*. В рамках даної концепції важливу роль відіграє антропний принцип. Він показує глибоку єдність закономірностей

історичної еволюції Всесвіту і передумов виникнення і розвитку органічного світу аж до людини включно. Згідно з цим принципом існує деякий тип універсальних системних зв'язків, які визначають цілісний характер існування і еволюції нашого світу як прояв нескінченного різноманіття матеріальної природи.

Ідея універсального еволюціонізму, з одного боку, постає як *регулятивний принцип*, що дає уявлення про світ як про єдину цілісність і дозволяє осмислити загальні закони буття в їх єдності, з іншого – він *орієнтує сучасне природознавство на пошук конкретних закономірностей універсальної еволюції матерії на всіх її структурних рівнях і етапах самоорганізації*. В основу універсального еволюціонізму покладено емпіричні узагальнення, вперше сформульовані Н. Моїсеевим.

1 *Всесвіт є єдиною системою, що саморозвивається, тобто всі його елементи так чи інакше зв'язані між собою*. Людина також є невід'ємною частиною цієї системи. Н. Моїсеев називає це твердження *постулатом системності, або гіпотезою про суперсистему*.

2 *Всі процеси у Всесвіті відбуваються під дією випадкових чинників при значній мірі невизначеності, тобто випадковість і невизначеність у нашому світі на всіх структурних рівнях принципові*.

3 *У Всесвіті сьогодні і майбутнє залежать (але не визначаються) від минулого, тобто всюди володарює спадковість*. Це означає, що при аналізі багатьох явищ необхідно враховувати пам'ять про минуле, відповідні процеси називаються *немарковськими процесами*.

Практично у всіх існуючих сьогодні теорій є єдина основа – на математичній мові вони описуються *марковськими процесами* – процесами без післядії (без пам'яті). Марковський (за ім'ям відомого російського математика А. Маркова, що сформулював це поняття) *процес* – це *випадковий процес, для якого при відомому стані системи у даний момент часу її подальша еволюція не залежить від її стану у минулому або, інакше кажучи, майбутнє і минуле у даний час не залежать одне від одного*. Такі процеси широко використовуються при описі явищ світу, що нас оточує.

В кінці ХХ ст. виникло розуміння, що в біологічних, економічних і соціальних явищах *передісторією нехтувати не*

можна. Тут роль пам'яті надзвичайно велика і вона може безпосередньо впливати на вибір шляху розвитку системи. Марковські процеси локальні у часі, тобто, знаючи стан системи в який-небудь момент часу t_0 , можна визначити імовірну поведінку системи в майбутньому, причому вона не змінюється при виникненні додаткової інформації про події при $t < t_0$. Немарковські процеси враховують ці додаткові відомості (пам'ять про минуле) і тому за своєю природою є нелокальними у часі. Можна сказати, що немарковська система (людина, суспільство) існує одночасно у минулому, сьогоденні і в майбутньому. Наприклад, область нелокальності для суспільства складає приблизно 40 років в минуле і 40 років в майбутнє, тобто термін активного життя покоління. Зовні цих меж – історичне минуле і непередбачуване майбутнє. Теорія немарковських процесів дозволяє у принципі створити математичні моделі ряду економічних і соціальних явищ; описувати різні ритми в біологічних, економічних і соціальних процесах.

4 У світі діють принципи відбору, які стверджують, що все, що відбувається в природі, не є абсолютним свавіллям. Інакше кажучи, в природі реалізується не все, про що можна помислити. Ці принципи обмежують втручання людини в природу, тому їх ще називають *принципами заборони*. У вузькому значенні під принципами відбору розуміють просто закони природи (наприклад, закони збереження), що виконують функції заборони.

5 Принципи відбору допускають існування біфуркаційних станів, тобто таких станів, з яких можливий перехід об'єкта в цілу безліч нових станів. У який з них перейде система, залежить від тих випадкових чинників, які діятимуть у момент переходу. Напрямок переходу не може бути передбачений принципово.

Наведені емпіричні узагальнення справедливі для процесів, що відбуваються в неживій, живій природі, а також в суспільстві. Тому вони можуть скласти основу деякої універсальної мови, придатної для опису будь-яких процесів, що відбуваються у Всесвіті на всіх рівнях організації матерії. Вони також дозволяють зробити деякі висновки фундаментального характеру, що є їх наслідками.

Розглянемо деякі наслідки з наведених постулатів. Гіпотеза суперсистеми відкидає припущення про існування будь-яких

паралельних або ортогональних світів, які не сприймаються безпосередньо нашими засобами пізнання і не взаємодіють з нашим Всесвітом.

З факту, що світ є стохастичним і в ньому діють механізми біфуркаційного типу, можна зробити висновок про *незворотність еволюції*. Доведено, що імовірність повторення в еволюційному розвитку Всесвіту якогось із його минулих станів дорівнює нулю. Цей висновок має статут строгої теореми. Одночасно він еквівалентний твердженню про незворотність часу.

Ще один із важливих наслідків вчення універсального еволюціонізму: випадковість і біфуркації приводять в процесі еволюції *до безперервного зростання різноманітності і складності організаційних форм матеріального світу – морфогенезу*. З цього випливає, що *процес самоорганізації Всесвіту має направлений характер – відбувається безперервне зростання різноманітності і ускладнення як усього Всесвіту, так і окремих його частин*. Все це є наслідком закладених в ньому можливостей, але деталі самого процесу є принципово непередбачуваними. При загальній спрямованості процесу розвитку, яка характеризується зростанням різноманітності, можна говорити лише про тенденції, про очікувані зміни організаційних структур. У процесі еволюції безперервно відбувається руйнування існуючих структур, що дають матеріал для виникнення нових. Тому значення еволюції полягає не стільки у вдосконаленні окремих організаційних структур, їх пристосуванні до зовнішніх умов, що змінюються, скільки в заміщенні менш стабільних більш стабільними в даній конкретній ситуації.

Особливу роль у схемі універсального еволюціонізму виконує явище *суперсистеми*: об'єднання простих систем в більш складні з новою структурою зв'язків. У результаті в системі *виникають нові властивості, відсутні у підсистем*. Кооперативність спостерігається вже на рівні неживої природи (наприклад, когерентність випромінювання, комірки Бенара, резонанси та ін.). У живому світі ми бачимо неймовірно різноманітність різних форм кооперативного руху. В розвитку живої речовини разом з внутрішньовидовою боротьбою та іншими чинниками, які складають зміст еволюції живого світу, це

явище стає визначальним. Навіть найпростіші багатоклітинні істоти є результатом дії кооперативних механізмів, що приводять до нової цілісності. В суспільстві кооперативність займає ще більш важливе місце, бо є одним з основних чинників, що визначає людські відносини. При цьому у міру розвитку цивілізації кооперативність виконуватиме все більшу роль у визначенні долі людства.

Спрямованість світового еволюційного процесу розвитку є наслідком тих емпіричних узагальнень, які визначають основні особливості самоорганізації системи. *При цьому у міру зростання її складності відбувається прискорення процесів розвитку і одночасно зменшення ступеня стабільності.* Звернемо увагу на те, що стабільність і швидкість еволюції в певному значенні є антагоністами і суперечать одна одній.

Тенденція зменшення стабільності при ускладненні матеріальних структур має пряме відношення до історії розвитку людської цивілізації. У зв'язку з цим виникла гіпотеза про те, що в процесі природної еволюції *Всесвіт реалізує за допомогою людини здатність не тільки пізнавати самого себе, але і спрямовувати свій розвиток так, щоб компенсувати або ослабити чинники дестабілізації. В результаті у людства з'являється певний шанс зберегти себе в біосфері і Всесвіті.*

СПИСОК ЛИТЕРАТУРИ

1. Кун Т. Структура научных революций /Пер. с англ. – Москва: Прогресс, 1975.- 478 с.
2. Концепции современного естествознания /Под ред. В.Н.Лавриненко, В.П.Ратникова - Москва: Культура и спорт, ЮНИТИ, 1997. - 325 с.
3. Грушевицкая Т.Г., Садохин А.П. Концепции современного естествознания. - Москва: Высшая школа, 1998.- 278 с.
4. Льюис М. История физики. - Москва: Мир, 1972.- 371 с.
5. Кудрявцев П.С. Курс истории физики. - Москва: Просвещение, 1974.- 457 с.
6. Спасский Б.И. История физики. - Москва: Высшая школа, 1977.–356 с.
7. Шелдрейк Р. Семь экспериментов, которые изменяют мир. Самоучитель передовой науки/ Пер. с англ. А. Ростовцева.- Москва: ООО Издательский дом «София», 2004.- 432 с.
8. Владимиров Ю.С. Фундаментальная физика, философия и религия. - Кострома: МИИЦАОСТ, 1996. – 226 с.
9. Гинзбург В.Л. Какие проблемы физики и астрофизики представляются сейчас особенно важными и интересными (тридцать лет спустя, причем уже на пороге XXI века)? //Успехи физических наук.-1999.- Т.169, №4.-С.419-440; <http://ginzburg-ocr.narod.ru/online/ginzch2.htm>.
10. Гинзбург В.Л. О некоторых успехах физики и астрономии за последние три года// Успехи физических наук. - 2002.- Т.172, №2. –С.213-219; http://www.ufn.ru/russian/main_r.html.
11. Капра Ф. Дао физики. – София: Гелиос, 2002.- 352 с.
12. Капра Ф. Паутина жизни. Новое научное понимание живых систем /Пер. с англ. под ред. В.Г.Трилиса. - Киев: София, 2003. –336 с.
13. Пригожин И., Стенгерс И. Порядок из хаоса. Новый диалог человека с природой. - Москва: Едитория УРСС, 2003. –312 с.
14. Владимиров Ю.С. Фундаментальная физика, философия и религия. – Кострома: МИИЦАОСТ, 1996.-226 с.
15. Савельев И.В. Курс общей физики: Учебное пособие для вузов: В 5 кн. - Москва:ООО Из-во Астрель, Из-во АСТ, 2003. – 368 с.

16. Вигнер Е. Этюды о симметрии. – Москва: Мир, 1971.- 468 с.
17. Тутин И.В. Симметрия в физике элементарных частиц. Пространственно-временные симметрии //Соровский общеобразовательный журнал. - 1996. - №5.- С. 64-69;
<http://www.issep.rssi.ru/cgi-bin/soros/readdb.pl?f=TOM2>.
18. Мандельброт Б. Фрактальная геометрия природы/ Пер. с англ.- Москва: Едитория УРСС, 2002.- 656 с.
19. Федер Е. Фракталы/ Пер. с англ. - Москва:Мир, 1991.-254 с.
20. Шабетник В.Д. Фрактальная физика.- Москва:Мир, 1994.-24 с.
21. Морозов А.Д. Введение в теорию фракталов. - Москва: Наука, 2002.- 160 с.
22. Зельдович Я.Б., Соколов Д.Д. Фракталы, подобие, промежуточная размерность // Успехи физических наук. - 1985. - Т. 146, №3. - С. 493-506.
23. Розгачева И.К. Фракталы в космосе// Земля и Вселенная.- 1993.- №1.- С.10-16; www.astronet.ru/db/msg/1171366.
24. Берже П., Помо И., Видаль К. Порядок в хаосе. О детерминистском подходе к турбулентности/Пер. с франц. – Москва: Мир, 1991.-368 с.
25. Кузнецов С.П. Динамический хаос. - Москва: Едитория УРСС, 2001.- 304 с.
26. Lorenz E. Deterministic nonperiodic flow// J.Atmos.Sci.-1963. - V.20. -P.130-136.
27. Моисеев Н.Н. Человек и ноосфера. - Москва: Молодая гвардия, 1990.- 351 с.
28. Капица С.П., Курдюмов С.П., Малинецкий Г.Г. Синергетика и прогнозы будущего. - Москва: Наука, 2003. –288 с;
<http://www.iph.ras.ru/~mifs/kkm/Vved.htm>.
29. Арнольд В.И. Теория катастроф. -Москва: Наука, 1990. –128 с.
30. Алексеев Ю.Н., Сухоруков А.П. Введение в теорию катастроф. - Москва: Едитория УРСС, 2000.- 174 с.
31. Пригожин И. Введение в термодинамику необратимых процессов. - Москва: Мир, 1964. – 129 с.
32. Николис Г., Пригожин И. Самоорганизация в неравновесных системах. - Москва: Мир, 1979. – 512 с.
33. Пригожин И. От существующего к возникающему. Время и сложность в физических науках. - Москва: Наука, 2002.–288 с.
34. Николис Г., Пригожин И. Познание сложного. Введение. -

- Москва: Едитория УРСС, 2003. –344 с.
35. Пригожин И., Стенгерс И. Время. Хаос. Квант. К решению парадокса времени. - Москва: Едитория УРСС, 2003.- 240 с.
 36. Хазан А.М. Принцип максимума производства энтропии и движущая сила прогрессивной эволюции// Биофизика.- 1993.- Т.38, №3.- С.531-551.
 37. Климонтович Ю.Л. Статистическая теория открытых систем. - Москва: Наука, 1982. - 608 с.
 38. Хакен Г. Синергетика/ Пер. с англ. - Москва: Мир, 1980.-406 с.
 39. Олемской А.І., Хоменко А.В. Синергетика конденсованого середовища: Навчальний посібник. - Суми:Видавництво СумДУ, 2002. - 372 с.
 40. Дульнев Г.Н. Введение в синергетику. - Санкт-Петербург: Проспект, 1998. - 256 с.
 41. Стахов О.П. Золотий переріз і наука про гармонію// Вісник Академії наук України.- 1991.- №12. – С.8-15;
<http://www.uem.mz/faculdade/ciencias/informat/docentes/stakhov.htm>.
 42. Сороко Э. М Структурная гармония систем. - Москва: Наука и техника, 1984. –264 с.
 43. Сороко Э.М. и др. В поисках скрытого порядка. - Владивосток: Дальнаука, 1995. – 118 с.
 44. Воробьев Н.Н. Числа Фибоначчи.-Москва: Наука, 1978.- 140 с.
 45. www.goldenmuseum.com.
 46. Stakhov A.P. The Golden Section and Modern Harmony Mathematics// Applications of Fibonacci Numbers. –1998.- V.7.- P.323-399.
 47. Бутусов К.П. Золотое сечение в солнечной системе/Астрометрическая небесная механика. - Москва-Ленинград: АН СССР, 1978.- С.475-501.
 48. Белянин В., Романова Е. Жизнь, молекула воды и золотая пропорция // Наука и жизнь. - 2004.- №10.- С.41-48;
<http://nauka.relis.ru/cgi/nauka.pl?06+0410+06410002+HTML>.
 49. Горобец Б. Мировые константы π и e в основных законах физики и физиологии// Наука и жизнь. - 2004.- №2.- С. 64-69;
<http://nauka.relis.ru/cgi/nauka.pl?05+0402+05402064+HTML>.
 50. Кузьмичев В.Е. Законы и формулы физики: Справочник. -

- Киев: Наукова думка, 1989.- 864 с.
51. Арбузов Б.А. Открытие самой тяжелой элементарной частицы //Соросовский общеобразовательный журнал. - 1996.- №9.- С.94-99; <http://www.pereplet.ru/nauka/9698.html#9698>;
<http://physicsweb.org/articles/news/8/6/5>.
 52. Николаев Г. Поймана неуловимая частица тау-нейтрино// Наука и жизнь. - 2000.- №11.- С.48-50;
<http://nauka.relis.ru/cgi/nauka.pl?00+0400+00407000+.shtml>;
<http://www.fnal.gov/pub/inquiring/physics/neutrino/discovery/index.html>.
 53. Паркер Б.Мечта Эйнштейна: в поисках единой теории строения Вселенной.- Москва:Наука, 1991.-224 с.
 54. Бухбиндер И.Л. Фундаментальные взаимодействия //Соросовский общеобразовательный журнал. - 1997. - № 5.- С. 67-73; <http://www.issep.rssi.ru/cgi-bin/soros/readdb.pl?f=TOM2>.
 55. Розенталь И.Л. Элементарные частицы и структура Вселенной. - Москва: Наука, 1984. –245 с.
 56. Окунь Л.Б. Фундаментальные константы физики// Успехи физических наук. – 1991. - Т.161, №9.- С.177-194.
 57. Крайнов В.П. Соотношение неопределенности для энергии и времени// Соросовский общеобразовательный журнал. - 1998.- Т.5, №5.- С.77-82; <http://www.issep.rssi.ru/cgi-bin/soros/readdb.pl?f=TOM2>.
 58. Мартыненко А.П. Вакуум в современной квантовой теории //Соросовский общеобразовательный журнал. - 2001.- Т.7, №5.- С.86-66; <http://www.issep.rssi.ru/cgi-bin/soros/readdb.pl?f=TOM2>.
 59. Смолянский С.А. Вакуумное рождение частиц в сильных электромагнитных полях// Соросовский общеобразовательный журнал. - 2001.- Т.7, №2.- С.69-75; <http://www.issep.rssi.ru/cgi-bin/soros/readdb.pl?f=TOM2>.
 60. Окунь Л.Б. Физика элементарных частиц. - Москва: Едиториал УРСС, 2005.- 216 с.
 61. Окунь Л.Б. Лептоны и кварки. - Москва: Наука, 1990.- 346 с.
 62. Комар А.А. Регистрация нарушения CP-четности в распадах B^0 -мезонов//Природа.-2001.- №11.-С.11-17.
 63. <http://doktora.nm.ru/08.10.03.htm>;

- <http://physics03.narod.ru/Interes/News/28nsp.htm>.
64. Лобашов В.М. Измерение массы нейтрино в бета-распаде трития// Вестник Российской академии наук. - 2003.- Т.73, №1.- С.63-69.
 65. Лучков Б.И. Природа и источники энергии звезд //Соросовский общеобразовательный журнал. - 2001. - Т.7, №5.- С. 80-85.
 66. Герштейн С.С. Загадки солнечных нейтрино// Соросовский образовательный журнал. - 1997.- №6.-С.79-85;
<http://nuclphys.sinp.msu.ru/mirrors/m009.htm>.
 67. Арбузов Б.А. Осцилляции нейтрино- «рентген» для небесных тел?// Соросовский образовательный журнал. - 1998.- №9.- С.86-91; <http://neutrino.kek.jp/news/980604.N98SK/>.
 68. Транковский С. Вселенная в рентгеновских лучах и потоках нейтрино //Наука и жизнь. - 2002.- №12. -С.20-21;
<http://nauka.relis.ru/cgi/nauka.pl?00+0400+00407000+shtml>.
 69. Герштейн С.С., Шакура Н.И. Лауреаты Нобелевской премии 2002 года по физике – Р.Дэвис, М.Кошиба, Р.Джиакони //Природа.- 2003.- №1.- С.66-69.
 70. Славинский С.А. Фундаментальные частицы// Соросовский общеобразовательный журнал. - 2001- Т.7, № 2. - С.62-68;
<http://www.nature.ru/db/msg.html?mid=1184530&uri=text3.html>.
 71. <http://arXiv.org/abs/hep-ex/0309032>.
 72. www.trinitas.ru/rus/doc/0231/008a/02310033.htm.
 73. <http://phys.web.ru/db/msg/1188931/>.
 74. Ройзен И. Кварк-глюонная плазма// Наука и жизнь. - 2001.- №3.- С.36-41;
<http://nauka.relis.ru/cgi/nauka.pl?00+0400+00407000+shtml>;
<http://www.bnl.gov/bnlweb/punaf/pr/2003/bnlpr061103.htm>;
<http://physicsweb.org/articles/news/9/4/10/1>.
 75. Лексин Г.А. Кварки в ядрах// Соросовский общеобразовательный журнал. - 1996.- №12.-С.69-74;
<http://physics03.narod.ru/Interes/News/32nsp.htm>.
 76. Гудков Н.А. Идея «великого синтеза» в физике. – Киев: Наукова думка, 1990.- 212 с.
 77. Девис П. Суперсила. - Москва: Мир, 1989.- 320 с.
 78. Кобзарев И.Ю. Лауреаты Нобелевской премии 1979 г.: С.Вайнберг, Ш.Глэшоу, А.Салам// Природа. - 1980.- №1.-

С.84- 87.

79. www.nuclphys.sinp.msu.ru/news/t-quark/index.html.
80. www.ruhep.ru/reports/o99/o99npd.html;
<http://physics03.narod.ru/Interes/Newsp/31nsp.htm>.
81. <http://physicsweb.org/articles/news/8/3/14>;
<http://phys.web.ru/db/msg/1181351/>.
82. <http://www.astronet.ru/db/msg/1179398>.
83. Генденштейн Л.Э., Криве И.В. Суперсимметрия в квантовой механике//Успехи физических наук. - 1985.- Т.146, В.4.- С.553—590.
84. Бухбиндер И.Л. Теория струн и объединение фундаментальных взаимодействий //Соросовский общеобразовательный журнал. - 2001. -Т.7, № 7.- С. 957-101.
85. В.А.Рубаков Многомерные модели физики частиц// Успехи физических наук. - 2003.- Т.173, №2.- С.219-226;
http://www.ufn.ru/russian/annual_r.html.
86. Кочаров Г.Е. Космические лучи ультравысокой энергии и реликтовое излучение во Вселенной// Соросовский общеобразовательный журнал. - 2001.- Т.7, №7.-С. 83-87;
<http://www.issep.rssi.ru/cgi-bin/soros/readdb.pl?f=TOM2>.
87. Клімишин І.А. Астрономія. - Львів: Світ, 1994.- 384 с.
88. Климишин И.А. Релятивистская астрономия. - Москва: Наука, 1989.- 306 с.
89. Вайнберг С. Первые три минуты. Современный взгляд на происхождение Вселенной.-Москва:Энергоиздат, 1981.-208 с.
90. Новиков И.Д. Как взорвалась Вселенная. - Москва: Наука, 1988. –208 с.
91. Новиков И.Д. Эволюция Вселенной. - Москва: Наука, 1983. – 190 с.
92. Хокинг С. Краткая история времени: от большого взрыва до черных дыр/ Пер. с англ. Н.Смординского. - Санкт-Петербург: Амфора, 2000. – 268 с.
93. Тринг Ксуан Тхуан. Вселенная: Большой взрыв и все, что за ним последовало/ Пер. с франц. Е.Воропаевой. – Москва: ООО Астрель, 2002. -160 с.
94. Ровинский Р.К. Развивающаяся Вселенная. - Москва: Наука, 1995. –354 с.
95. Ассовская А.С., Ложкин О.В. Барions и эволюция Вселенной

- /Новое в жизни, науке, технике. Серия “Физическая” – Москва: Знание, 1991. - №8. – 54 с.
96. Валь О., Королюк С., Мельничук С. Основы теорії відносності та космології. - Тернопіль: Підручники і посібники, 2003. - 336 с.
97. [http://phys.web.ru/db/msg/1186750/;](http://phys.web.ru/db/msg/1186750/)
[http://phys.web.ru/db/msg.html?mid=1182646.](http://phys.web.ru/db/msg.html?mid=1182646)
98. Чернин А.Д. Космический вакуум //Успехи физических наук – 2001.- Т.171, №11. - С.1153-1175;
[http://www.ufn.ru/russian/annual_r.html.](http://www.ufn.ru/russian/annual_r.html)
99. Miralda-Escuda J. The dark age of the universe// Science.-2003.- V.300, №5627.-P.1904- 1909;
<http://www.sciencemag.org/cgi/content/abstract/300/5627/1904?rfvtrToken=9259e664827bc44381148a20531422afa5c15f57;>
[http://www.nasa.gov/centers/marshall/news/news/releases/2004/04-144.html.](http://www.nasa.gov/centers/marshall/news/news/releases/2004/04-144.html)
100. Линде А.Д. Физика элементарных частиц и инфляционная космология. - Москва: Наука, 1990.- 275 с.
101. Линде А. Раздувающаяся Вселенная// Успехи физических наук.-1984.-Т.144, В.2.- С.177-189.
102. Зельдович Я.Б. Возможно ли образование Вселенной «из ничего»?// Природа.-1988.-№4.- С.16-24.
103. Сажин М., Шульга В. Загадки космических струн//Наука и жизнь. -1998. - №6. - С.35-39;
[http://nauka.relis.ru/cgi/nauka.pl?00+0400+00407000+shtml.](http://nauka.relis.ru/cgi/nauka.pl?00+0400+00407000+shtml)
104. Розенталь И.Л. Вероятность возникновения Метагалактики //Земля и Вселенная. – 1992.- №1.- С.3-7.
105. Спиридонов О.П. Фундаментальные физические постоянные. - Москва: Высшая школа, 1991.- 236 с.
106. Новиков И.Д., Полнарев А.Г., Розенталь И.Л. Числовые значения фундаментальных постоянных и антропный принцип// Изв. АН ЭССР. -1982. -Т. 31, № 3.-С. 32-38.
107. Гусейханов М.К. Антропный космологический принцип// Соросовский общеобразовательный журнал. - 2000.- Т.6, №6. -С.59-64;
[http://www.issep.rssi.ru/cgi-bin/soros/readdb.pl?f=TOM2.](http://www.issep.rssi.ru/cgi-bin/soros/readdb.pl?f=TOM2)
108. Розенталь И.Л. Физические закономерности и численные значения фундаментальных постоянных // Успехи

- физических наук. -1980. -Т. 131, В2.- С. 239-256.
109. http://www.znanie-sila.ru/online/issue_2012.html.
110. <http://www.astronet.ru/db/msg/1171366>;
<http://www.astronet.ru/db/msg/1163075>.
111. Барашенков В. Сколько сторон света у нашей Вселенной? //Знание-сила. - 2001.- №2.-С.45-48.
112. <http://www.sciteclibrary.ru/rus/catalog/pages/2458.html>;
<http://phys.web.ru/db/msg/1177057/>;
<http://phys.web.ru/db/msg/1168803/>;
<http://goldzub.narod.ru/physics/BasicPhysConstVar.htm>.
113. Клапдор-Клайнгротхаус Г.В., Штаудт А. Неускорительная физика элементарных частиц. - Москва: Наука. Физматлит, 1997. - 479 с.
114. Ройзен И. Новый сюрприз Вселенной: темная энергия//Наука и жизнь. –2004.-№3.- С. 23-27.
<http://nauka.relis.ru/cgi/nauka.pl?05+0403+05403038+HTML>;
<http://www.nasa.gov/centers/marshall/news/news/releases/2004/04-144.html>.
115. <http://www.scientific.ru/journal/news/0205/aph280205.html#top>.
116. <http://news.battery.ru/theme/science/?id=46741>;
http://news.bbc.co.uk/hi/russian/sci/tech/newsid_1279000/1279872.stm.
117. Long J.C., Chan H.W., Churnside A.B., Gulbis E.A., Varney M.C., Price J.C. Upper limits to submillimetre-range forces from extra space-time dimensions// Nature.-2003.-Т.421.- С.922-925.
http://www.nature.com/cgi-taf/DynaPage.taf?file=/nature/journal/v421/n6926/abs/nature01432_fs.html.
118. Мадера А. Какую форму имеет наша Вселенная //Наука и жизнь. - 2002.- №8.- С.82-89;
<http://nauka.relis.ru/cgi/nauka.pl?00+0400+00407000+shtml>;
<http://www.astronet.ru/db/msg/1195719>.
119. <http://www.pereplet.ru/nauka/9698.html#9698>.
120. Dicke R.H. Dirac's cosmology and Mach's principle // Nature. - 1961. -V. 192, №4801. - P.440-441.
121. Картер Б. Совпадения больших чисел и антропологический принцип в космологии/ Космология: Теории и наблюдения (Материалы симпозиума). – Москва: Мир, 1978. - С. 369-379.

122. Шкловский И.С. Вселенная, жизнь, разум. - Москва: Наука, 1988. – 320 с.
123. Зельманов А.Л. Некоторые философские аспекты современной космологии и смежных проблем физики// Диалектика и современное естествознание. - Москва: Наука, 1970.- 396 с.
124. Идлис Г.М. Основные черты наблюдаемой астрономической Вселенной как характерные свойства обитаемой космической системы // Известия Астрофиз. ин-та АН КазССР.-1958. - Т.7.- С. 39-54.
125. Идлис Г.М. Революции в астрономии, физике и космологии. Москва: Наука, 1985. – 232 с.
126. Идлис Г.М. Структурная бесконечность Вселенной и Метагалактика как типичная обитаемая космическая система (тезисы доклада) // Труды VI совещ. по вопросам космогонии (5-7 июня 1957 г.) Внегалактическая астрономия и космология Москва: АН СССР, 1959. - С. 270-271.
127. Ефремов Ю. Вглубь Вселенной. Звезды, галактики и мироздание. - Москва: Едиториал УРСС, 2003. – 264 с;
<http://lnfm1.sai.msu.ru/~efremov/efrbook.html>.
128. Уиллер Д. Выступление и дискуссии// Космология: теория и наблюдения. - Москва: Мир, 1978. - С.386-397.
129. Вернадский В.И Химическое строение биосферы Земли и ее окружения.- Москва: Наука, 1987.- 339 с.
130. Циолковский К.Э. Грезы о Земле и небе. - Тула: Приокское книжное издательство, 1986.- 276 с.
131. Фадеев Е.Т. К.Э. Циолковский о бесконечности развития Вселенной// Труды V-VI чтений К.Э.Циолковского. Секция «Исследование творчества К.Э.Циолковского». – Москва: Наука, 1972. – С.26-39.
132. Салливан У. Мы не одни. - Москва: Мир, 1967.- 270 с.
133. Кардашев Н.С. Астрофизический аспект проблемы поиска внеземных цивилизаций // Внеземные цивилизации. - Москва: Наука, 1969. -С. 48.
134. Лесков Л.В. Космические цивилизации: проблемы эволюции. - Москва: Знание, 1985. –39 с.
135. Лем С. Сумма технологий. - Москва: Мир, 1968.- 608 с.
136. Гиндилис А.М. Астросоциологический парадокс в проблеме

- SETI / Астрономия и современная картина мира. - Москва: ИФ РАН, 1996. – 247 с;
<http://www.philosophy.ru/iphras/library/zizin.html>.
137. Тартер Д. Обзор экспериментальных исследований по поиску сигналов внеземных цивилизаций (в радио и оптическом диапазоне) «космический стог сена» и современные программы SETI в США// Проблема поиска жизни во Вселенной. - Москва: Наука, 1986.- С.170-182, 220-225;
<http://www.astronet.ru/db/msg/1201149>;
<http://lnfm1.sai.msu.su/SETI/koi/articles/invest.html>.
138. Троицкий В.С. Внеземные цивилизации и опыт/ Астрономия и современная картина мира. –Москва: ИФ РАН, 1996. –247 с;
<http://www.philosophy.ru/iphras/library/zizin.html>.
139. Троицкий В.С. Научные основания проблемы и поиска внеземных цивилизаций // Проблема поиска жизни во Вселенной. - Москва: Наука, 1986. - С. 10-11.
140. Шкловский И.С. Проблемы современной астрофизики. - Москва: Наука; Главная ред. физ.-мат. лит., 1982. – 224 с.
141. <http://www.membrana.ru/lenta/index.html?3713>;
<http://www.membrana.ru/articles/global/2002/09/26/201700.html>;
<http://www.membrana.ru/articles/technic/2002/01/15/195900.html>.
142. Пармон В.Н. Новое в теории появления жизни //Химия и жизнь.-2005. - №5.- С.11-17;
<http://elementy.ru/lib/25618/25620>.
143. <http://www.membrana.ru/articles/global/2001/12/20/174000.html>.
144. Капица С. П. Феноменологическая теория роста населения земли// Успехи физических наук. - 1996.-Т.166. - С. 63-80;
http://www.ufn.ru/russian/annual_r.html.
145. Инопланетяне! Где вы? (По материалам журнала Scientific American)// Инженер. - 2000.- № 3.- С.34-37.
146. Липунов В.М. О вероятности контакта с технологической цивилизацией// Астрономический журнал. - 1988.- Т.65.- С.433-438.
147. Липунов В.М. Научно открываемый Бог//Успехи физических наук.-2001.-Т.171, №10. – С.1155-1160;

- <http://www.ufn.ru/abstracts/oblgin.html>.
148. <http://www.membrana.ru/themes/nanotech/>.
149. Белокуров В.В., Тимофеевская О.Д., Хрусталеv О.А. Квантовая телепортация - обыкновенное чудо. - Ижевск: Научно-издательский центр «Регулярная и хаотическая динамика», 2000.- 172 с.
<http://www.cryptography.ru:8200/pubd/2003/01/15/0001169219/teleporting.pdf>.
150. <http://www.membrana.ru/themes/teleportation/>.
151. <http://psi-world.narod.ru/>.
152. http://www.nanonewsnet.ru/index.php#Common_Articles.
153. Harrison E.R. The natural selection of universes containing intelligent life// Quater. J. RAS.-1995.-V.36. - С.193-203.
154. Вигнер Е. Непостижимая эффективность математики в естественных науках//Успехи физических наук.-1968.- Т.94, №3.- С.353-362.
155. <http://www.seti.org/site/pp.asp?c=ktJ2J9MMIsE&b=178025>.
156. Черепашук А.М. Планеты во Вселенной// Соросовский общепобразовательный журнал. - 2001.- Т.7, №4. - С. 76-82;
<http://www.issep.rssi.ru/cgi-bin/soros/readdb.pl?f=TOM2>.
157. Сурдин В.Г. Каталог экзопланет// Природа. - 2000. - №7. - 21-22; www.obspm.fr/encycl/catalog.Html.
158. Букалов А.В. Количество обитаемых планет в Галактике и Вселенной в свете SETI. Стратегии развития цивилизаций //Физика сознания и жизни, космология и астрофизика.- 2003. - №.2 (10)- С.3-7;
<http://socionics16.narod.ru/physics/fistext/asplanet.html>.
159. Букалов А.В. Жизнь во вселенной, SETI и развитие цивилизации // Вселенная. Пространство. Время. – 2005.- №7 (14).- С. 16-21.
160. Запарий В.В., Нефедов С.А. История науки и техники. - Екатеринбург, 2003.- 57 с;
<http://www.vipdiplom.ru/books/27/148/1/>.
161. Железняков В.В. Проблемы современной астрофизики// Соросовский общепобразовательный журнал. - 1996.- №6. -С. 83-91;
<http://www.astronet.ru/db/msg/1203023>;
<http://www.astronet.ru/db/msg/1191481>.
162. Гиндилис Л.М. Космическое сознание: научный подход

- через призму SETI/ Доклад на конференции «Космическое мировоззрение – новое мышление XXI века» Секция «Наука и новая система познания». - Москва: Наука, 2003. –С. 26.
163. Козлов М.К. Астрал как результат деятельности астросоциального фактора// Философские исследования. - 1999. - №4. - С. 33-41;
<http://lnfm1.sai.msu.su/SETI/koi/articles/kozlov.html>.
164. Моисеев Н.Н. Универсальный эволюционизм//Вопросы философии. - 1991. - №3.- С.3-28.
165. Моисеев Н.Н. Восхождение к разуму: Лекции по универсальному эволюционизму и его приложениям. – Москва: ИздАТ, 1993. – 120 с.