

Тарароєв Яків Володимирович

Від Всесвіту до Мультиверсу.

Однією з основних характеристик сучасного стану розвитку людського суспільства є стрімкий динамічний характер зміни фактично усіх аспектів людського буття. Стрімко міняється система суспільних цінностей, технології та наші уявлення про навколишній світ. Космологія, у цьому сенсі, не є виключенням. У ній, як ні в жодній з природничих наук, за останню четверть століття відбулися такі грандіозні зміни, що їх, у деякому сенсі, можна уподібнити новому "коперниканському перевороті", що істотно розширив і збагатив не тільки наші уявлення про *фізичну структуру* світу, але і про його найбільш загальні, фундаментальні, *онтологічні властивості*. Про деякі з цих змін, і про ті уявлення, у яких їх можна виразити, і піде мова в даній роботі.

Однак перш, ніж звернутися до них, нагадаємо, яким бачився більшості наукового співтовариства навколишній Всесвіт ще три десятки роки тому. В основі цього бачення лежала релятивістська космологія, яка, у свою чергу, ґрунтувалася на *загальній теорії відносності* (ЗТВ, 1916 р.). Основною тезою релятивістської космології була теза про нестационарність Всесвіту¹, тобто про його еволюцію. Спочатку мова йшла тільки про *метричну еволюцію* простору-часу, і тільки пізніше, з розвитком Г. Гаммовим з колегами² теорії "Гарячого Всесвіту", що мала на увазі, насамперед, теоретичну модель *синтезу елементів*, можна було говорити про якісну еволюцію Всесвіту. У самому загальному випадку можна стверджувати, що теорія Гамова припускала *ідентичність* всіх *еволюційних процесів* як у Всесвіті в цілому, так і у будь-якій його частині. І для цього малися досить істотні підстави, пов'язані з *темпами метричної еволюції*. На самих ранніх етапах еволюції Всесвіту релятивістська космологія виділяла дві основних "епохи" - епоху домінування

¹ Процес ствердження цієї ідеї сам по собі повний драматизму. Загальновідомо, що сам творець ЗТВ А. Ейнштейн, одержавши вперше нестационарне рішення для метрики Всесвіту, відразу ж відмовився від нього, ввівши у відповідні рівняння т.зв. λ член. І тільки через кілька років радянський математик О.О. Фрідман знову одержав нестационарні рішення, з якими пізніше погодився Ейнштейн, і які лягли в основу релятивістської космології. Докладніше про це див. наприклад Пайс А. *Научная деятельность и жизнь Альберта Эйнштейна. Пер. с англ.* – М.: Наука, 1989 – 558 с., або Шаров А.С., Новиков И.Д. *Человек, открывший взрыв Вселенной.* – М.: Наука, 1989. – 208 с.

² Одна з найбільш значимих статей Гамова по цій темі, написана разом з Альфером і Бете (що дозволило жартівливо називати цю теорію теорією Альфера, Бетова, Гамова) вийшла в журналі *Physical Review* у 1948 році. Докладну бібліографію публікацій Гамова за цей час див. у Вайнберг С. *Гравитация и космология: Пер.с англ.* – Волгоград: Платон, 2000. – 696 с.

випромінювання, яка продовжувалася приблизно від 10^{-10} до 10^2 сек. від початку розширення Всесвіту, та епоху домінування речовини, яка починалася слідом за першою, і, як вважалося, продовжується і до теперішнього часу³. Однак, і в епоху домінування випромінювання, і в епоху домінування речовини, темп розширення Всесвіту мав *степенний* характер. В епоху домінування випромінювання закон розширення був $a(t) \sim t^{1/2}$, а в епоху домінування речовини $a(t) \sim t^{2/3}$, де t - час, що пройшов від початку розширення Всесвіту, а $a(t)$ - масштабний фактор⁴. Степенний характер розширення дозволяв умовно назвати темп розширення "квазістабільним", оскільки його "швидкість"⁵ досить швидко спадає - тобто Всесвіт розширюється з уповільненням. Подібний темп розширення пояснював принцип однорідності та ізотропії Всесвіту. В процесі всіх етапів еволюції темп розширення дозволяв здійснити *фізичну взаємодію* між усіма його частинами, що й забезпечувало *ідентичність* еволюційних процесів. Це наочно ілюструє⁶ модель закритого Всесвіту. Нагадаємо, що ця модель припускає *кінцевий* (тобто його величина є кінцеве число), хоча і *необмежений* фізичний *обсяг* Всесвіту. При степенному розширенні величина цього обсягу буде збільшуватися *відносно* незначно, а сам він буде таким, що дозволить здійснювати фізичну взаємодію⁷ між будь-якими його частинами під час усього процесу еволюції.

Однак, по мірі удосконалювання спостережливої техніки і розширення границь спостереження, дане уявлення про темпи еволюції Всесвіту усе більш входило в

³ У 1998 році було відкрито прискорене розширення Всесвіту. Це відкриття дозволяє говорити про двокомпонентну модель Всесвіту, де наряду з речовиною, суттєву, і навіть більшу роль в складовій Всесвіту відіграє інший вид матерії. Цим видом може бути або фізичний вакуум, або квінтесенція, або ще щось. Детальніше про прискорене розширення Всесвіту див. наприклад: Чернин А.Д. *Космический вакуум. Успехи физических наук* – 2001. – Том 171, №11. – С.1153-1174., Ellis By John. *Dark Matter and Dark Energy: Summary and Future Directions* // arXiv: astro-ph/0304183v1, Peebles P.J.E. *The Cosmological Constant and Dark Energy*. // arXiv: astro-ph/0207347 v2., Deustua Susana E., Caldwell Robert, Garnavich Peter, Hui Lam, Refregier Alexandre. *Cosmological Parameters, Dark Energy and Large Scale Structure* // arXiv:astro-ph/0207293 v1 Gonzalez-Diaz Pedro F. *You need not be afraid of phantom energy*. // arXiv:astro-ph/0305559 v1. та інше.

⁴ Зміст масштабного фактора $a(t)$ - *ненормована* відстань між двома будь-якими крапками простору. Як розумівається у *Фізика космоса: Маленькая энциклопедия* / Редкол.: Р.А. Сюняев (гл. ред.), Ю.Б. Дрожжин-Лабинский, Я.Б. Зельдович, В.Г. Курт, Р. З. Сагдеев. – 2-е изд., - М.: Советская энциклопедия, 1986. - 783 с. "Якщо в початковий момент часу положення будь якої частки характеризувалося значенням r_0 (тривимірним вектором, що є нормувальним множником - Т.Я.), то надалі воно змінюється за законом $r(t) = r_0 a(t)$ " - стор. 96.(Переклад мій – Т.Я).

⁵ Мається на увазі перша похідна за часом.

⁶ Мова йде саме про наочну ілюстрацію. Усе вище і нижче сказане справедливо і для відкритої моделі, однак у ній воно не настільки наочно.

⁷ Нагадаємо, що відповідно до одного з постулатів Спеціальної теорії відносності, максимальна швидкість фізичної взаємодії як максимальна швидкість передачі сигналу (інформації) є швидкість світла c .

суперечність зі спостережними даними, і вже до кінця 70-их років XX сторіччя в космології сформувалася нова проблема, яка була названа "Проблемою обрїю". Її суть⁸ полягала в тїм, що ми спостерїгаємо рїзні області простору, настїльки вїддаленї одна вїд одної, що вони стають *причинно незв'язними*. Іншими словами, цї області знаходяться настїльки далеко одна вїд одної, що за час, який пройшов вїд початку розширення Всесвіту, і при умовї того, що максимальна швидкїсть фізичної взаємодїї є скїнчена величина, цї області *не могли взаємодїяти мїж собою на жодному з етапів еволюцїї Всесвіту*. Тим часом у них спостерїгається ідентичнїсть фізичних законів і явищ, вони не вїдрїзняються одна вїд одної фактично нїчим, крім просторового мїсця розташування. Це означає те, що в попереднї етапи еволюцїї мїж цими областями устигло вїдбутися фізична взаємодїя, і як наслїдок цього установитися визначена рївновага, чого не могло вїдбутися, якби Всесвіт еволюцїонував тїльки по *степенному* закону.

Дана проблема була однїєю з кїлькох серйозних проблем, що згодом привели до виникнення нової парадигми в космологїї, і, ширше говорячи, до принципово нової картини свїту. Ця парадигма одним з її творцїв - радянським фізиком А.Д. Лїнде, була названа "інфляцїйної"⁹. У її основу була покладена ідея про те, що метрична еволюцїя Всесвіту на раннїх етапах вїдбувалася по *показовому*, а не *степенному* закону. Показовий, точнїше експонентний закон розширення $a(t) \sim e^t$ є одним з формальних рїшень¹⁰ рївняння Ейнштейна. Характерною рисою цього закону є дуже швидкий, стрїмкий темп роздування простору. Інфляцїйна "епоха" продовжувалася дуже недовго - усього 10^{-35} с., однак, за рїзними оцїнками масштабний фактор змїнився за цей час вїд 10^{-33} до 10^{100} , 10^{10^4} , $10^{10^{12}}$, і навїть $10^{10^{64}}$ одиниць, а далї еволюцїя Всесвіту вже йшла по степенним законам. Таким чином, у

⁸ Докладнїше див. наприклад Лїнде А.Д. *Физика элементарных частиц и инфляционная космология*. - М.: Наука, 1990. - 256с. та Долгов А.Д., Зельдович, Я.Б., Сажин М.А. *Космология ранней вселенной*. - М.: Издательство Московского университета, 1988. - 244с.

⁹ Інфляцїйним ми можемо назвати такий процес, у якому швидкїсть його протїкання прямо пропорцїйна кїлькїсному вираженню тїєї величини, що змїнюється. Окремим випадком є процес грошової інфляцїї, де швидкїсть збїльшення грошової маси прямо пропорцїйна її кїлькостї. Сам закон змїни даної величини (наприклад, грошової маси) буде мати *показовий* характер, точнїше кажучи, його буде описувати експонентна функцїя. Докладнїше і про саму назву, і про становлення цїєї парадигми див. Лїнде А.Д. *Физика элементарных частиц и инфляционная космология*. - М.: Наука, 1990. - 256с.

¹⁰ Іншими рїшеннями є вищевказанї степеннї закони розширення.

випадку закритої моделі¹¹ Всесвіту можна говорити про те, що ми спостерігаємо¹² неймовірно малу, фактично нескінченно малу частину Всесвіту.

Експонентний закон розширення (або роздування) реалізується в особливих умовах, описуваних екзотичним рівнянням стану $p = -\varepsilon$, де p - тиск, а ε - щільність енергії. Однією з задач цієї парадигми й стало найбільш повне пояснення подібного стану матерії. Рядом вчених¹³ було висловлене припущення, що такою специфічною матерією може бути високоенергетичний фізичний вакуум. В даний час це припущення розділяють більшість фахівців. Однак значний інтерес представляє не тільки воно саме, але і його наслідки. Розвиваючи ідею народження Всесвіту з фізичного вакууму, А.Д. Лінде створив ще більш цікаву теорію, яку він назвав "теорією хаотичної інфляції". Її суть полягає в тому, що з фізичного вакууму виникає не одна наша, а нескінченна розмаїтість всесвітів, причому процес виникнення цих всесвітів не мав початку в часі, і не буде мати кінця¹⁴. В даний час ці ідеї А.Д. Лінді розділяють значна частина фахівців космологів. Для позначення сукупності всесвітів були запропоновані нові терміни. Так, наприклад, автор цих рядків запропонував¹⁵ використовувати поняття "Гигасвіт", за аналогією з мікросвітом, макросвітом, мегасвітом. Останнім часом в англійській літературі¹⁶ усе більш широке поширення здобуває термін "Мультиверс", (за аналогією з Універсумом: Уні - одне, Мульти - багато), у якому підкреслюється якісна різноманітність світу. Таким чином, космологія від картини одиничності й однорідності Всесвіту, що була природною для неї ще чверть сторіччя назад, у даний час перейшла до картини множинності і якісної розмаїтості. Однак такий погляд на світ викликає ряд питань. Деякі з них будуть розглянуті нижче.

Як уже говорилося, в даній картині світу вважається досить ймовірним те, що в перші миті своєї еволюції, за мізерно малий проміжок часу, Всесвіт роздувся від

¹¹ А вона, у даний час є більш прийнятною, чим відкрита.

¹² В даний час ми здатні спостерігати об'єкти, що знаходяться від нас на відстані не далі $\sim 10^{28}$ см.

¹³ Вперше ідею про народження Всесвіту з фізичного вакууму (правда, виходячи з кілька інших розумінь) висловив П.И. Фомін, (див. *Гравитационная неустойчивость вакуума и космологическая проблема. // Препринт "Института Теоретической Физики" №73 – 137 Стр, Киев. 1973.*), з 1981 р. член-корр. АН УРСР та НАН України.

¹⁴ Див. *Линде А.Д. Физика элементарных частиц и инфляционная космология. - М.: Наука, 1990. - 256с.*

¹⁵ *Тарароев Я.В. Проблема понятия «Вселенная» в квантовой космологии // Вісник Харківського національного університету ім. В.Н. Каразіна Серія: Теорія культури та філософія науки – 2003. - №587 – С.17-19.*

¹⁶ Дивись наприклад *Tegmark Max. Parallel Universes. // arXiv:astro-ph/0302131 v1 та Рис М. Наша космическая обитель. Пер с англ. – Москва–Ижевск: Институт компьютерных исследований, 2002 – 192 стр.*

планковських (10^{-33} см.), до неймовірно великих розмірів. Припущення такого роздування не несе в собі ніяких конфліктів з відомими нам фізичними законами. Воно навіть не суперечить тезі про те, що швидкість світла є максимально можливою швидкістю фізичної взаємодії, оскільки швидкість світла є максимальна швидкість *передачі інформації*, у той час як у цьому процесі *розширюється сам простір*, і цей процес не припускає ніякого інформаційного обміну. Крім того, це припущення гарне вирішує проблему обрїю, та ряд інших проблем. Однак, на наш погляд, у випадку його прийняття має сенс інше питання, а саме питання про еволюцію Всесвіту як цілого, після закінчення стадії інфляції. Дійсно, до початку роздування Всесвіту всі його області були причинно зв'язані тому що між ними здійснювалася фізична взаємодія. Однак у процесі стрімкого розширення вони перестали бути такими, тобто стали причинно не зв'язаними, оскільки, у силу збільшення відстаней, між ними фізична взаємодія вже не могла здійснюватися. Але еволюційні процеси у всіх областях Всесвіту продовжувалися і після закінчення інфляції, і вони проходили не менш масштабно. У "епохи", наступні за "ерою" інфляції відбулося формування фактично основних фізичних властивостей Всесвіту: послідовний поділ сильних, слабких і електромагнітних взаємодій, формування речовини і випромінювання в їхньому сучасному виді, баріонна асиметрія¹⁷, і деякі інші. Однак усе це уже відбувалося у причинно незв'язних областях, що дає нам право припустити, що хоча б деякі з цих процесів у різних областях могли протікати по різному, і отже, могли привести до різних результатів. А це, у свою чергу, дозволяє висунути припущення, що Всесвіт у понад великих масштабах¹⁸ може бути істотно неоднорідний. Однак, *принаймні*, у межах спостережень (проблема обрїю) це не так, і в цих межах Всесвіт однорідний. Одне з пояснень цьому може бути в тім, що під час *відсутності фізичних зв'язків* після закінчення інфляції між причинно незв'язаними областями Всесвіту залишаються *логічні зв'язки*, які і є "відповідальні" за однорідність, яка спостерігається і передбачається. Дану тезу можна розширити і на Мультиверс (або гигасвіт), і стверджувати, що ті "інваріантні" властивості різних всесвітів, що можуть бути

¹⁷ Перевага речовини над антиречовиною.

¹⁸ Оцінити, у яких саме - сама по собі цікава теоретична задача.

властиві їм, є такими завдяки логічним зв'язкам між ними, тому що говорити про фізичні зв'язки після їх "народження" досить проблематично.

Власне, сама проблема логічних зв'язків у науці не нова. Вона виникла ще в середині ХХ сторіччя в зв'язку з парадоксом Ейнштейна - Подольського - Розена (парадокс ЕПР). Про самий парадокс ЕПР існує маса літератури, і як зауважує автор однієї з них: "Сьогодні число згадувань і посилань на цей парадокс у філософській і науковій літературі уступає хіба що посиланням на Біблію"¹⁹(переклад мій – Т.Я). Основна суть цього парадокса полягає в наявності між квантовими системами *кореляцій у відсутності між ними фізичних зв'язків*. У 30-их роках минулого століття, коли цей парадокс був сформульований, він носив характер уявного експерименту, однак наприкінці ХХ сторіччя був проведений ряд фізичних експериментів, що підтвердили його наявність. Однак ще до цих експериментів академіком В.А. Фоком було запропоноване пояснення цього парадокса, що виходить з логічних зв'язків між квантовими системами, або як ще назвав їх Фок "несилових взаємодій між ними"²⁰. Звичайно ж, такі поняття як "логічний" або "несиловий" дуже широкі по обсягу і вимагають спеціального уточнення. Імовірно, таких уточнень може бути кілька. Одне з найбільш удалих, на наш погляд, дає сучасний напрямок у філософії науки, що має назву реляційний холізм²¹, що розробляється в Харківському національному університеті школою проф. И.З. Цехмістро. Згідно реляційному холізмові під "логічними" зв'язками в поясненні парадокса ЕПР розуміється "...форма вираження об'єктивної матеріальної закономірності"²²(переклад мій – Т.Я), що базується на "...властивості кінцевої нерозкладності систем на множинність елементів"²³(переклад мій – Т.Я). Таким чином, згідно реляційному холізмові, всякий об'єкт є споконвічно цілісна, нерозкладна система, і всякий поділ його на елементи є, до деякої міри, умовним. Принаймні, і після такого поділу, об'єкт зберігає властивість цілісності, яким б цей поділ не був.

¹⁹ Цехмістро И.З. *Холистическая философия науки* - Сумы: Университетская книга, 2002. – 372 с., стр.161.

²⁰ Там же, стор.166 - 167.

²¹ Сам термін "реляційний холізм" був введений американським фізиком Полом Тейлором.

²² Там же, стор. 168.

²³ Там же, стор. 167.

Ефективність застосування цієї концепції до проблем квантової фізики, як і взагалі, пояснення природи цих логічних зв'язків продемонстровано в одній з відносно недавніх робіт²⁴. Їх сутність, по перш за все, носить квантовий характер, та пов'язана з "містеріями" квантової механіки, а саме з первинністю ймовірностей у квантовій фізиці, редукцією хвильової функції, та інше. У всіх цих речах мова йде про системи, які до деякої квантової події²⁵ складала одну, єдину, цілісну квантову систему, а після неї розпалися на самостійні об'єкти, меж якими вже відсутні будь-які фізичні взаємозв'язки. Але, не зважаючи на це, теоретично передбачалася та експериментально підтвердилася дивна річ – деякі фізичні характеристики цих об'єктів продовжували корелювати одна з одною. Як що, наприклад, вдалось виміряти якусь проекцію²⁶ спіну одного з цих об'єктів, то з ймовірністю одиниця можна передбачити ту ж саму проекцію спіну іншого об'єкта, але зробити можна це тільки після вимірювання спіна першого з них. Пояснювання цієї²⁷, та пов'язаних з нею інших "містерій" квантової фізики, може бути дано виходячи з тези про "...квантову властивість світу як неподільної цілісності²⁸" (переклад мій – Т.Я), яка передбачає, яку умову існування цієї цілісності, наявність, "імплікативно-логічних зв'язків між потенційними можливостями квантових систем"²⁹ (переклад мій – Т.Я).

Взагалі, сам процес виникнення Всесвіту з первинного високо енергетичного фізичного вакууму, як і процес еволюції Всесвіту у перші миті його існування є квантовим процесом, і тому основні положення реляційного холізму можуть бути застосовані і до цих процесів. Істотним з погляду розглянутої теми є те, що реляційний холізм може пояснити і кореляцію квантових часток, і космологічну проблему обрїю, і можлива наявність в інших всесвітах "інваріантних" (друг стосовно друга) властивостей. Дійсно, породжена квантовою піною "бульбашка" або протовсесвіт, до свого роздування являє собою єдину, цілісну систему. І в момент роздування, і пізніше, Всесвіт зберігає цю властивість цілісності й умовної

²⁴ Цехмістро И.З. Импликативно-логическая природа квантовых корреляций // Успехи физических наук. – 2001. – Том. 171. №4 - С. 452-458.

²⁵ Такою подією може бути будь-який розпад квантової системи, від спонтанного розпаду атома будь-якого надважкого хімічного елемента, до спонтанного розпаду протона $p \rightarrow e^+ + \pi^0$ або $p \rightarrow e^+ + \pi^+ + \pi^-$.

²⁶ Наприклад проекцію по осі X.

²⁷ Яка, власне кажучи, і становить суть парадоксу ЄПР.

²⁸ Цехмістро И.З. Импликативно-логическая природа квантовых корреляций // Успехи физических наук. – 2001. – Том. 171. №4 - С. 452

²⁹ Там же.

розкладності, завдяки чому і здійснюється кореляція між її причинно несвяанними частинами, у свою чергу завдяки чому в них зберігаються і з'являються загальні властивості. Аналогічно і стосовно Мультиверсу - деякі з загальних властивостей у різних всесвітів можуть бути тому, що вони споконвічно виникли з єдиної, цілісної системи - високоенергетического фізичного вакууму. Саме тому холистическое уявлення про світ за допомогою логічних зв'язків здатно пояснити деякі з властивостей Всесвіту і світу.