

## Ноосферні ідеї В.І. Вернадського та сучасні космологічні моделі Всесвіту

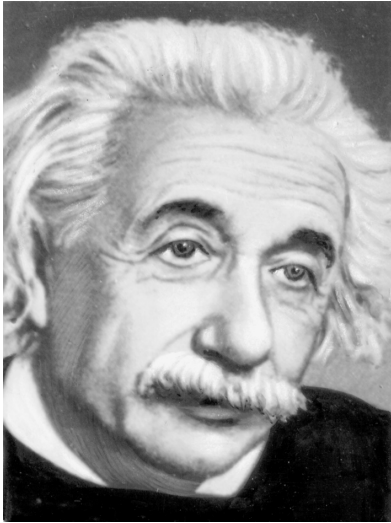
*«Наукова побудова моделі Всесвіту –  
кінцеве наукове завдання знання»  
В. І. Вернадський*

Для наукової діяльності В.І. Вернадського характерні широта інтересів, постановка кардинальних наукових проблем, наукові передбачення. В першій половині ХХ ст. він створив учення про ноосферу, в основу якого поклав ідею про гармонійне входження людини та її господарської діяльності у біогенний кругообіг речовин. Ідеї Вернадського про біосферу та ноосферу віддзеркалюють нерозривний зв'язок людини і Всесвіту. Подібний підхід відомий в історії культури з найдавніших часів. У самотній світоглядній традиції язичницьких слов'ян космос сприймався як єдиний і натхненний. З приходом на Русь християнства таке світорозуміння на тривалий час виявилось не затребуваним.

В.І. Вернадський проаналізував і узагальнив величезний матеріал з історії природознавства, від перших наукових праць до побудови М. Коперником геліоцентричної системи світу [1]. В 1902–1903 рр. він прочитав у Московському університеті курс лекцій з історії наукового світогляду в контексті розвитку природознавства. У цей час з'явилася і перша його публікація з всесвітньої історії природознавства «Про науковий світогляд», в якій він передбачив неминучість зміни старого наукового світогляду новим ще до настання того моменту, коли така зміна фактично почалася [2]. В цей

період закладалися основи квантової теорії та теорії відносності, і В.І. Вернадський фактично передбачив неминучість зміни наукової картини світу на початку ХХ ст. Коли розгорнулася наукова «боротьба» навколо перших «кроків» нового наукового світогляду, він виступив як один з його прихильників. Більш того, він намагався дати науково-філософське обґрунтування теорії його виникнення та розвитку. Початок ХХ ст. В. І. Вернадський характеризував так: *«Майбутній історик науки, безсумнівно, відзначить наш час як епоху виняткової і давно небувалої зміни та поглиблення людської свідомості ... Час, який ми переживаємо - дивовижний. Рівного йому за значенням в історії людської думки ми повинні шукати в далекі століття, коли в людській свідомості прийняли зручну для наукової роботи форми такі основні положення, як час, простір, атоми, матерія, рух. Нині ми знову підійшли в області явищ природи до перегляду цих основних положень... Це - час інтенсивної перебудови нашого наукового світогляду, глибокої зміни картини світу»* [2].

Початок ХХ ст. виявився переламним етапом і для космології. Фундамент сучасної науки про Всесвіт було закладено загальною теорією відносності Ейнштейна в 1915 р. Вона встановила зв'язок між «простором-часом» і матерією, згідно з яким, матерія визначає геометрію про-



А. Ейнштейн

простору-часу. В загальній теорії відносності простір-час не плоский, а викривлений, тому для нього можна застосувати математичний апарат неевклідової геометрії. А. Ейнштейн визначив геометрію простору-часу, записавши рівняння тяжіння

$$R_k - \frac{1}{2} g_k R = \frac{8\pi G}{c^4} T_k .$$

Тут  $R_k$  – тензор Річчі;  $R = R_k g_k$ ;  $T_k$  – тензор енергії-імпульсу матерії. Рівняння Ейнштейна пов'язує  $g_k$  з величинами, що характеризують матерію, яка створює поле тяжіння. В. І. Вернадський відзначав, що наукове значення теорії відносності ґрунтується не на ній, а на тому новому дослідному та спостережуваному матеріалі, який пов'язаний з новими відкриттями зоряної астрономії.

Загальна теорія відносності зумовила розвиток космології як вчення про Всесвіт у цілому. Перехід від картини світу Ньютона до релятивістських моделей Всесвіту характеризувався не тільки виникненням нових ідей, концепцій і понять, але й новими способами мислення, новою мовою формул, зміни її духу в цілому. В.І. Вернадський так характеризував зміни наукового мислення початку

XX ст.: «Живий, сміливий, молодий дух охопив наукове мислення. Під його впливом гнеться і трясеться, валиться і змінюється сучасний науковий світогляд. Попереду, на далеких висотах, відкриваються негадані горизонти. До них прагне в даний час великий порив людської творчості. Цей історичний перелом повинен бути пережитий сміливою і вільною думкою. Необхідно далеко відкинути від себе старі «істини», які швидко на наших очах перетворюються в старі забобони. Необхідно розчистити ґрунт від накопичених від минулого непотрібних тепер підпірок і побудов» [1, с. 415].

У 1917 р. А. Ейнштейн, застосувавши загальну теорію відносності до Всесвіту як цілого, запропонував першу релятивістську модель Всесвіту, започаткувавши тим самим релятивістську космологію. В статті «Про принцип відносності і його наслідки» [5] А. Ейнштейн дійшов висновку, що «*ньютонівський Всесвіт взагалі не міг би існувати*», і модифікував теорію Ньютона, створивши свою модель Всесвіту. Будуючи космологічну модель Всесвіту, що ґрунтувалася на загальній теорії відносності, А. Ейнштейн також розглянув деякі існуючі загальні точки зору на Всесвіт. Насамперед він дотримувався того, що структура Всесвіту повинна бути максимально простою, зокрема вважав, що Всесвіт як єдине ціле повинен бути однорідним (розподіл речовини в ньому скрізь однаковий за густиною). «*Якщо говорити про структуру простору в цілому, то ми можемо уявити матерію нібито рівномірно розподіленою по дуже великій області простору...*», – писав він. – *В даному випадку ми робимо так, як геодезисти, які дуже складну в деталях поверхню Землі замінюють приблизно еліпсоїдом*», [5, т. 1, с. 608]. Простір, в якому вся речовина розподілена рівномірно має бути однорідним, тобто скрізь однаковим за своїми геометричними властивостями. А. Ейнштейн водночас

вважав, що разом з однорідністю світу існує його ізотропія, тобто рівноправність усіх напрямків у просторі. Необхідно зазначити, що А. Ейнштейн у наведеній праці запропонував гіпотезу, за якою в світі поряд із звичайною речовиною, частинки якої взаємно притягуються, існує інше середовище, яке створює не притягання, а антипритягання. Математично це виражається введенням у рівняння загальної теорії відносності  $\Lambda$ -члена (космологічної сталої), внаслідок чого його рівняння набуло вигляду:

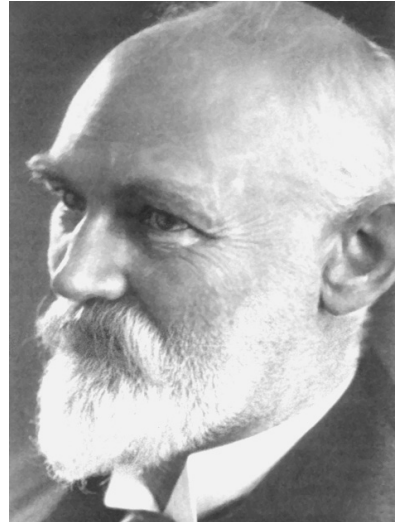
$$R_k - \frac{1}{2} g_k R - \Lambda_{gik} = \frac{8\pi G}{c^4} T_k.$$

Це середовище впливає на звичайну речовину і здатне компенсувати взаємне притягання його частинок.

Всесвіт Ейнштейна являє собою тривимірний сферичний простір із сталою позитивною кривиною і скінченим об'ємом: «Світовий континуум повинен по відношенню до своїх просторових розмірів розглядатися як замкнений континуум, що має скінчений просторовий (тривимірний) об'єм» [5, т. 1, с. 605]. Всесвіт Ейнштейна стаціонарний, незмінний і нескінченний у часі, він може містити матерію, розподілену однорідно і зі скінченим значенням густини.

Принципово нова постановка і розв'язання космологічної проблеми Ейнштейном у рамках його загальної теорії відносності зробили революційний переворот в уявленнях про Всесвіт. Його теорія використовує фундаментальну ідею відносності всіх видів руху, що приводить до розгляду фізичних законів у будь-яких системах просторово—часових координат.

Загальна теорія відносності Ейнштейна викликала гостру полеміку в науковому середовищі, започатковану В. де Сіттером, який у тому ж 1917 р. запропонував свою космологічну модель Всесвіту [6]. Його модель, як і модель Ейнштейна, задовольняла загальну теорію віднос-



В. де Сіттер

ності. В ній простір був скінченим, мав позитивну кривину при середній густині, що дорівнювала нулю. Властивості простору в ній не змінюються з часом, але галактики розбігаються під дією додаткових космологічних сил. Всесвіт де Сіттера — однорідний та ізотропний і з будь-якої точки «виглядає» однаково. Простір-час визначається як чотиривимірною поверхню в п'ятивимірному просторі і геометрія Всесвіту де Сіттера розглядається на сфері, зануреній у п'ятивимірний евклідовий простір. Метагалактика де Сіттера повинна бути абсолютно порожньою, тобто не містити речовини або випромінювання.

В 1918 р. А. Ейнштейн розкритикував модель де Сіттера: «Якщо розв'язок де Сіттера був би справедливим скрізь, то тим самим було б показано, що запровадження « $\Lambda$ -члена» не досягає наміченою мною мети, — зазначив А. Ейнштейн. — Річ у тому, що, на мою думку, загальна теорія відносності тільки в тому випадку являє собою задовільну схему, якщо на її основі фізичні властивості простору повністю визначаються тільки матерією. Таким чином, жодне поле, тобто жодний



О.О. Фрідман

*просторово-часовий континуум, не може існувати без матерії, що його породжує» [5, т. 1, с. 648].*

Першим, кому вдалося на основі рівнянь Ейнштейна одержати принципово нові висновки про структуру Всесвіту, був О. О. Фрідман. Його дослідження показали, що рівняння загальної теорії відносності Ейнштейна не дають однозначної моделі Всесвіту незалежно від значення космологічної сталої й відкрили можливість існування нестационарного Всесвіту. В статті 1922 р. «Про кривину простору» він знайшов новий космологічний розв'язок рівнянь загальної теорії відносності й показав, що Всесвіт може бути нестационарним [7]. Для випадку нестационарного Всесвіту О.О. Фрідман проаналізував три можливі варіанти: монотонний світ першого роду, коли радіус кривини в початковий момент дорівнює нулю; монотонний світ другого роду, коли радіус кривини в початковий момент не дорівнює нулю (для цих двох випадків радіус кривини – це зростаюча функція від часу); третій випадок – періодичний світ, коли радіус кривини – періодична функція. Наприкінці статті О.О. Фрідман зазначив: «Дані, які ми ма-

*ємо, недостатні для вирішення питання про те, яким світом є наш Всесвіт» [7, с. 386].*

У 1924 р. О.О. Фрідман опублікував другу статтю – «Про можливість світу зі сталою від'ємною кривиною простору», де навів два розв'язки рівнянь Ейнштейна, кожний з яких залежить від середньої густини матерії у Всесвіті [8]. Якщо середня густина менша або дорівнює деякій величині, то остання може бути як нескінченною, так і скінченною, але розширення Всесвіту триватиме постійно. Якщо середня густина більша за цю величину, то обов'язково одержимо замкнений Всесвіт, причому сили гравітації в ньому згодом повинні зупинити розширення Всесвіту, і він почне стискатися. Розв'язки, отримані О.О. Фрідманом, включали як стаціонарний випадок, так і нестационарний, що відповідає зміні в часі радіуса кривини простору. Для світу з від'ємною стаціонарною кривиною про-



Ж. Леметр

стору він знайшов нові розв'язки, які відповідали «нульовій або від'ємній густині речовини».

У 1927 р. вийшла стаття «Однорідний Всесвіт сталої маси і зростаючого радіуса, який пояснює радіальні швидкості

позагалактичних туманностей» Ж. Леметра, де було висунуто ідею розширення Всесвіту [9]. Згідно з нею космологічна стала повинна бути дещо більшою за те значення, при якому Всесвіт перебуває в стаціонарному стані. В цій моделі масштабний фактор зростає від нуля необмежено, але протягом деякого часу його значення змінюється несуттєво, тобто відбувається ніби «застигання». В статті Ж. Леметра, аналізуючи світ Ейнштейна, отримав такі самі рівняння для радіуса світу, як і О. О. Фрідман у статті 1922 р.

Свій вибір Ж. Леметр зупинив на моделі, в якій початковий стан – це світ Ейнштейна, а кінцевий – світ де Сіттера, обґрунтовуючи свій вибір тим, що інші космологічні моделі повинні бути відхилені, оскільки дають коротку часову шкалу космічної еволюції [12, с. 489]. У цій праці розвинуто новий підхід до космології. Вперше було показано, що не зорі, а галактики є основними структурними елементами Всесвіту. Галактики ніби молекули, які складають розріджений газ, що рівномірно заповнює весь фізичний об'єм Всесвіту. Цього не було ні у А. Ейнштейна, ні у О. О. Фрідмана. В їх моделях характеристикою світу була середня густина речовини, яка розглядалася у вигляді суцільного середовища. З чого вона складається, в якому фізичному стані перебуває, чим визначається її густина – все це до праці Ж. Леметра було не зрозуміло.

У висновках до своєї роботи Ж. Леметр зазначив: маса Всесвіту незмінна і пов'язана з космологічною сталою співвідношенням:

$$\sqrt{\Lambda} = \frac{2\pi^2}{kM};$$

радіус Всесвіту необмежено збільшується від асимптотичного значення  $R_0$ ; швидкості позагалактичних туманностей, які віддаляються, зумовлені космологічним наслідком розширення Всесвіту [10, с. 59]. Але розширення Всесвіту стало за-

гально прийнятим після виходу статті Е. Хаббла 1929 р. [11]. В ній він показав лінійну залежність між променевими швидкостями галактик і відстанями до них. Віддалення галактик проявляє себе в червоному зміщенні лінії в їх спектрах (зсув ліній в бік червоного краю). В основі природної її інтерпретації лежить ефект Доплера – зміна довжини хвилі при відносному русі джерела та приймача. Якщо джерело та приймач зближуються, то довжини хвиль скорочуються, якщо вони віддаляються один від одного, то довжини хвиль збільшуються. Зміна довжини хвилі тим більша, чим більша відносна швидкість руху.

В. де Сіттер у 1933 р. про теорію розширення Леметра писав: «*Твердження, що Всесвіт може бути статичним, але повинен перебувати в неперервній еволюції, може бути скептично сприйнято деякими з нас. Але той факт, що еволюція виявилася необхідною і була описана математично, а також і те, що за допомогою цієї нової теорії явно суперечливі дані спостережень були узгоджені та пояснені, роблять її одним з найважливіших останніх досягнень*» [10, с. 30].

У 1931 р. вийшла невеличка публікація Ж. Леметра «Початок Всесвіту з точки зору квантової теорії» [14], якою започатковано теорію Великого вибуху. В ній початковий стан вже не описується моделлю Ейнштейна, як у попередній праці, а являє собою космологічну сингулярність. Еволюція Всесвіту починається з моменту, коли вся маса простору сконцентрована в Первинному атомі. Тут Ж. Леметр писав: «*Ми могли б уявити собі початок Всесвіту у вигляді єдиного атома, атомна вага якого дорівнює загальній масі Всесвіту. Вкрай нестабільний атом розділюється б на все менші і менші атоми під дією свого роду надрадіоактивного процесу*» [14]. Це припущення зустріло скептичну реакцію з боку вчених того часу, оскільки нагадувало християнський догмат тво-

ріння, який неможливо перевірити. Важко було сприйняти слова Ж. Леметра, що початок світу відбувся незадовго до початку часу і простору. Тільки через два роки в 1933 р., коли Ж.Леметр зустрівся з А. Ейнштейном і деталізував свою теорію, А. Ейнштейн висловився так: *«Це найбільш задовільне пояснення творіння, яке я міг чути»*.

У такій ситуації в космології виходить фундаментальна багатоаспектна праця В.І. Вернадського «Наукова думка як планетне явище», яку він написав у 1936 – 1938 рр., але опубліковано її було після смерті автора. На думку багатьох сучасних учених, ця праця є вершиною філософських поглядів В. І. Вернадського, де узагальнено його глибокі роздуми про наукове пізнання і науковий світогляд, яскраво та аргументовано розкрито взаємозв'язок науки та філософії, обґрунтовано єдність космічних, геологічних, біологічних і антропогенних процесів. Багато в чому саме ідеї, закладені в цій праці, є основою створеного В.І. Вернадським вчення про ноосферу [2]. Прогноз В.І. Вернадського, описаний у цій праці, в подальшому підтвердився. Створення космічних апаратів, вихід людини в космос, дослідження ближніх і далеких частин Всесвіту за допомогою супутників і космічних апаратів, оптичних, радіо- та космічних телескопів дали можливість збільшити обсяг знань про будову Сонячної системи та Всесвіту, про еволюцію зір та галактик, про виникнення та розвиток Всесвіту.

У 1946–1948 рр. Дж. Гамов розвинув ідеї Леметра у своїй моделі гарячого Всесвіту [17, 18]. Він перший застосував ідеї ядерної фізики та термодинаміки до космології. Епоха, що відповідає температурі  $10^{10}$ – $10^8$  К та часу розширення в 1 с, є найбільш ранньою, про яку є спостережні свідчення. В ту епоху повинен відбуватися синтез ядер гелію та дейтерію з протонів і нейтронів. Після утво-



Дж. Гамов

рення ядер легких елементів речовина ще являла собою плазму. В термодинамічній рівновазі з плазмою перебувало випромінювання. Високі густина та температура випромінювання не дозволяли утворюватися нейтральним атомам. Після зниження температури до 4000 К електрони могли з'єднуватися з ядрами елементів: це епоха розділення речовини та випромінювання. Фотони перестали активно взаємодіяти з речовиною, почали поширюватися вільно і нині спостерігаються у вигляді мікрохвильового фонових випромінювання (реліктового випромінювання). У космології Дж. Гамова історія Всесвіту поділяється на дві епохи: ранню, коли переважає випромінювання, та пізню, в якій переважає речовина. Він вважав, що протягом перших двох сотих часток своєї історії розширення Всесвіту «керувалося» випромінюванням, тоді як після головної ролі відіграла речовина. Навесні 1965 р. зареєстровано це фонове теплове радіовипромінювання, що підтвердило теорію гарячого Всесвіту.

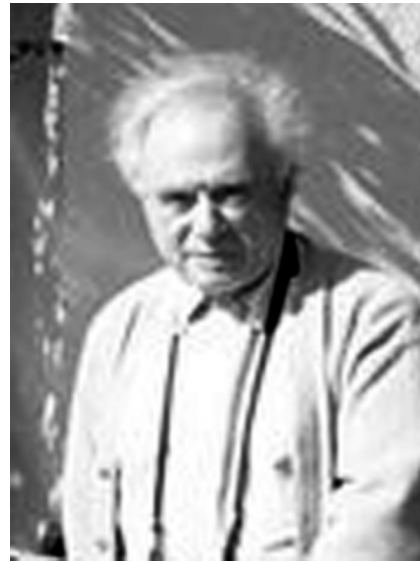
З середини ХХ ст. почали бурхливо розвиватися зазнала космонавтика – наука про польоти літальних апаратів у космосі, а також сукупність наукових і тех-

нічних напрямів, що забезпечують його освоєння. Передбачення В.І. Вернадського стосовно переходу біосфери в ноосферу справдились. Відкриття, зроблені в результаті польотів штучних супутників Земля та автоматичних станцій, змінили наші уявлення про фізику космосу і багато процесів, що відбуваються в ньому. Від гіпотез про природу планет, заснованих виключно на наземних спостереженнях, вчені перейшли до всебічного вивчення небесних тіл засобами ракетно-космічної техніки. А це відіграло в подальшому її визначну роль у розвитку космології [19]. Саме практична космонавтика, астрофізика та дані астрономічних спостережень слугують емпіричною основою космології.

В другій половині ХХ ст. почалася розробка так званих інфляційних моделей Всесвіту, характерною рисою яких є введення в розгляд надзвичайно короткої фази на ранній стадії еволюції Всесвіту – роздування, або інфляції, що передувала фрідманівському розширенню, коли масштаби його збільшувалися за експоненціальним законом.



**О.О. Старобінський**



**Е.Б. Глінер**

Першу версію інфляційного сценарію запропонував у 1979 р. О.О. Старобінський в Інституті теоретичної фізики ім. Л.Д. Ландау [20]. Ідея його підходу полягає в тому, що Всесвіт на ранніх стадіях своєї еволюції міг перебувати в нестійкому вакуумноподібному стані з великою густиною енергії. При цьому, згідно з рівняннями Ейнштейна, він повинен розширюватися експоненціально. Згодом за рахунок нестійкості відбувається розпад вакуумноподібного стану, енергія переходить у теплову, і Всесвіт розігрівається до надзвичайно високої температури. З цього моменту еволюція Всесвіту описується стандартною теорією.

Стадія експоненціального розширення Всесвіту відіграє важливу роль для формування великомасштабної структури Всесвіту. Вперше на можливість її існування вказав Е.Б. Глінер [21]. У 1965 р. він показав, що вакуум у якого тиск дорівнює густині енергії з оберненим знаком, Лоренц-інваріантний. Тобто така порожнеча абсолютно не впливає на рух пробних тіл. Вони не відчувають тертя і рухаються по геодезичним ліні-



А. Гат

ям, лямбда-член, введений Ейнштейном, тепер інтерпретувався як енергія вакууму, а Всесвіт описувався метрикою де Сіттера.

У 1981 р. А. Гат із Массачусетського технологічного інституту запропонував здійснити ідею Глінера за рахунок переходу гарячого Всесвіту в вакуумноподобний переохолоджений стан під час фазових переходів у речовині з великою густиною або «космологічної інфляції», як назвав період надзвичайно швидкого (експоненціального) розширення раннього Всесвіту, сам А. Гат [22]. Його модель було виведено з теорії, що інтерпретувала ранній Всесвіт, як серію фазових переходів, і була запропонована в 1972 р. у Фізичному інституті ім. П.М. Лебедева АН СРСР Д.А. Кіржніцем та А.Д. Лінде [23]. За Гатом, Всесвіт виник внаслідок Великого вибуху в дуже гарячому, проте хаотичному стані, високо енергетичні частинки якого рухалися надзвичайно швидко. При такій високій температурі сильні, електромагнітні і слабкі взаємодії стають не розрізняльними. З роздуванням Всесвіт охолоджувався, енергія частинок у ньому зменшувалася, відбувся

швидкий фазовий перехід з порушенням симетрії.

На жаль, як зазначав сам А. Гат, післяінфляційний Всесвіт у такому сценарії надзвичайно неоднорідний. Тому після досліджень цієї моделі впродовж року, він відмовився від неї. Заслуга А. Гата полягала в тому, що він запропонував використовувати властивості космологічних фазових переходів з великим переохолодженням для розв'язання проблем горизонту та площинності.

У 1982 р. А.Д. Лінде запропонував так званий новий сценарій інфляційного Всесвіту [24], який усував основні проблеми моделі Гата, але був складним і не зовсім реалістичним, проте дозволяв розв'язати проблеми великомасштабної однорідності та ізотропії Всесвіту. Рік пізніше А.Д. Лінде запровадив новий сценарій, який назвав хаотичною інфляцією [25]. Згідно з ним у Всесвіті існують місця, які залишаються малими (домени). При цьому ці домени, в яких має місце інфляція, стають експоненціально великими і домінують у загальному об'ємі. *«Для нас важливо лише те, що ймовірність виникнення таких областей в одиниці об'єму не дорівнює нулю, і тому у*



Д.А. Кіржніц





А.Д. Лінде

*відкритому (нескінченному) Всесвіті буде нескінченно багато таких областей, кожна з яких після розширення (і наступного розширення) стане ніби окремим міні-всесвітом з розміром, що перевищує розмір спостережувальної частини Всесвіту —  $l \approx 10^{28}$  см, — писав А. Д. Лінде. — В цьому запропонований сценарій відрізняється від інших підходів до теорії хаотичного Всесвіту, в яких вимагається щоб весь Всесвіт після розширення став однорідним та ізотропним» [25, с.150]. Коли існуючі вже неоднорідності «розгладжуються», інфляція створює нові. Сценарій хаотичного розширення дуже відрізняється від усіх інших варіантів сценарію розширювального Всесвіту, оскільки не ґрунтується на вивченні високотемпературних фазових переходів у теоріях зі спонтанно порушеною симетрією. «Розширення Всесвіту — це не екзотичне явище, ... а природний наслідок хаотичних початкових умов у ранньому Всесвіті, який здійснюється в широкому класі теорій елементарних частинок», — писав А. Д. Лінде [25, с.150].*

Сучасна стандартна космологічна модель Всесвіту —  $\Lambda$ CDM (Лямбда-СіДі-Ем), в якій просторово-плоский Всесвіт

заповнений, крім звичайної баріонної матерії, темною енергією (що описується космологічною сталою  $\Lambda$  в рівняннях Ейнштейна) і холодною темною матерією. Ця модель пояснює наявність і структуру космічного мікрохвильового фону, великомасштабну структуру скупчень галактик, розподіл водню, гелію, літію, кисню в нашому Всесвіті, прискорене розширення Всесвіту. Це найпростіша модель, яка в цілому узгоджується з спостережуваними явищами. Згідно з цією моделлю, вік Всесвіту дорівнює 13,75 мільярдів років. У моделі використовується метрика Фрідмана-Леметра-Робертсона-Уокера, рівняння Фрідмана і рівняння стану матерії, щоб описати спостережуваний Всесвіт від часів інфляції до сьогодення. Дослідження багатьох аспектів  $\Lambda$ CDM моделі триває.

В кінці ХХ ст. важливе місце у розумінні виникнення та еволюції Всесвіту посіли космологічні проекти COBE та WMAP. Спостереження, проведені за допомогою абсолютного спектрофотометра в далекому інфрачервоному діапазоні FIRAS, встановленому на COBE, довели, що космічний мікрохвильовий фон є справді реліктовим тепловим випромінюванням раннього Всесвіту. Два наукових керівника програми COBE Джордж Смут і Джон Мазер у 2006 р. були удостоєні Нобелівської премії з фізики «за відкриття анізотропії і чорнотільної структури енергетичного спектру реліктового випромінювання». Згідно з поданням Нобелівського комітету, «результати обсерваторії COBE є відправною точкою космології як точної науки» [26].

Мета проекту WMAP вивчити реліктове випромінювання. Зібрана інформація дозволила побудувати найбільш детальну мапу флуктуацій температури розподілу мікрохвильового випромінювання у Всесвіту [27].

Дані WMAP показали, що розподіл температури реліктового випромінювання у Всесвіті відповідає повністю випад-

ковим флуктуаціям з нормальним розподілом. Параметри функції, яка описує вимірний розподіл, узгоджуються з моделлю Всесвіту, що складається:

на 4% зі звичайного речовини,

на 23% з так званої темної матерії (можливо, з гіпотетичних важких суперсиметричних частинок) і на 73% з темної енергії, яка відповідає за прискорене розширення Всесвіту.

Дані WMAP дозволяють стверджувати, що темна матерія є холодною (тобто складається з важких частинок, а не з нейтрино або інших легких частинок). В іншому випадку легкі частки, що рухаються з релятивістськими швидкостями, розмивали б малі флуктуації густини в ранньому Всесвіті.

Серед інших параметрів, з даних WMAP визначені (виходячи з  $\Lambda$ CDM-моделі, тобто фрідманівської космоло-

гічної моделі з  $\Lambda$ -членом і холодної теплою матерією):

вік Всесвіту:  $(13.73 \pm 0.12) \times 10^9$  років;

стала Хаббла:  $71 \pm 4$  км / с / Мпк;

густина баріонів у даний час:

$(2,5 \pm 0,1) \cdot 10^{-7}$  см<sup>-3</sup>;

параметр площинності Всесвіту (відношення загальної густини до критичної):  $1,02 \pm 0,02$ ;

сумарна маса всіх трьох типів нейтрино:  $<0,7$  еВ.

Місія Європейського космічного агентства «Планк», запуск апарата якої відбувся 14 травня 2009 р., повинна уточнити результати WMAP.

Таким чином, твердження В.І. Вернадського про те, що результати наукової діяльності розширюють можливості людини в дослідженні Всесвіту справджується. Сучасна наука створює більш докладну наукову картину світу.

1. Вибрані наукові праці академіка В.І. Вернадського. Т. 8. Праці з історії, філософії та теорії науки. – К.: Фенікс, 2012

2. *Вернадский В.И.* О научном мировоззрении: Вступ. в курс лекций по истории развития физ-хим. и геол. наук 1902–1903 гг. // Вопросы философии и психологии. – 1902. – Кн. 1 (№ 65). – С. 1409–1465

3. *Вернадский В.И.* Научная революция и философия / Философские мысли натуралиста. – М.: Наука, 1988. – С. 414 – 418 (оригинал в Архиве РАН. – Ф. 518. – Оп. 1. – С. 162. – Арк. 1–12)

4. *Einstein A.* Kosmologische Betrachtungen zur allgemeinen Relativitätstheorie // Sitzungsberichte der Preussischen Akademie der Wissenschaften. – 1917. – № 1. – S. 142–152.

5. *Эйнштейн А.* Собрание научных трудов. – М.: Наука, 1965. – 4 т.

6. *de Sitter W.* On Einstein's Theory of Gravitation, and its Astronomical Consequences // Monthly Notices of the Royal Astronomical Society. – 1917. – V. 78. – P. 3–28.

7. *Friedman A.* Über die Krümmung des Raumes // Zeitschrift für Physik. – 1922. – Bd. 10. – S. 377–386.

8. *Friedman A.* Über die Möglichkeit einer Welt mit konstanter negativer Krümmung des Raumes // Zeitschrift für Physik. – 1924. – Bd. 21. – S. 326–332.

9. *Lemaître G.A.* Un Univers homogène de masse constante et de rayon croissant rendant compte de la vitesse radiale des nébuleuses extra-galactiques // Annales de la Société Scientifique de Bruxelles. – 1927. – T. 47A. – С. 49–59

10. *Lemaître G.A.* Homogeneous Universe of Constant Mass and Increasing Radius accounting for the Radial Velocity of Extra-galactic Nebulae // Monthly Notices of the Royal Astronomical Society. – 1931. – V. 91. – P. 483–490.

11. *Hubble E.* A relation between distance and radial velocity among extra-galactic nebulae // Proceedings of the National Academy of Sciences of the United States of America. – 1929. – V. 15. – P. 168–173

12. *Новиков И.Д., Шаров А.С.* Человек, открывший взрыв Вселенной. – М.: Наука, 1989. – 208 с.

13. *Де Ситтер В.* Расширение Вселенной // Мирозведение. – 1933. – № 4. – С. 24–31

14. *Lemaître G.A.* The Beginning of the World from the Point of View of Quantum Theory // Nature. – 1931. – V. 127. – N. 3210. – P. 706

15. *Midbon M.* A Day Without Yesterday': Georges Lemaître & the Big Bang // Commonweal. – 2000. – March 24. – P. 18–19

16. *Вернадский В.И.* Научная мысль как планетное явление. – М.: Наука, 1991. – 272 с.
17. *Gamow G.* Expanding Universe and the origin of elements // *Physical review.* – 1946. – V. 70. – P. 572–573
18. *Alpher R.A., Bethe H., Gamov G.* The origin of chemical elements // *The physical review.* – 1948. – V. 73. – N. 7. – P. 803–804
19. *Храмов Ю.О.* Фізика. Історія фундаментальних ідей, теорій та відкриттів. – К.: Фенікс, 2012. – 816 с.
20. *Старобинский А.А.* Спектр реликтового гравитационного излучения и начальное состояние Вселенной // *Письма ЖЭТФ.* – 1979. – Т. 30, вып. 11. – С. 719–723.
21. *Глинер Э.Б.* Алгебраические свойства тензора энергии-импульса и вакуумоподобные состояния вещества // *ЖЭТФ.* – 1965. – Т. 49, вып. 2(8). – С. 542–548.
22. *Guth A.H.* Inflationary universe: A possible solution to the horizon and flatness problems // *Physical Review D.* – 1981. – V. 23, № 2. – P. 347–356.
23. *Kirzhnits D.A., Linde A.D.* Macroscopic consequences of the Weinberg model // *Physics Letters B.* – 1972. – V. 42, № 4. – P. 471–474.
24. *Linde A.D.* A new inflationary universe scenario: A possible solution of the horizon, flatness, homogeneity, isotropy and primordial monopole problems // *Physical Letters B.* – V. 108, № 6. – P. 389–393.
25. *Линде А.Д.* Хаотическая раздувающаяся Вселенная // *Письма ЖЭТФ.* – 1983. – Т. 38, вып. 3. – С. 149–151.
26. Офіційний сайт Нобелівської премії: [http://www.nobelprize.org/nobel\\_prizes/physics/laureates/2006/](http://www.nobelprize.org/nobel_prizes/physics/laureates/2006/)
27. *Harrington D., Chandler L.* NASA'S WMAP Project Completes Satellite Operations Mission Observed Universe's Oldest Light: [http://www.nasa.gov/home/hqnews/2010/oct/HQ\\_10-244\\_WMAP.html](http://www.nasa.gov/home/hqnews/2010/oct/HQ_10-244_WMAP.html) В статье