

Б. Я. Пугач

Динамическая, эволюционирующая Вселенная: исторические и философские аспекты

В основе Вселенной находится бесконечное число всегда движущихся элементов и бесконечное множество их форм.

Левкипп (500-440 до н. э.), древнегреческий философ
Демокрит утверждает, что может существовать и атом, величиной равный всему нашему миру.
Аэций, греческий писатель

В настоящее время релятивистская космология, созданная А. А. Фридманом, подошла к решению глобальных проблем, которые еще недавно считались непознаваемыми и ненаблюдаемыми для теоретического и экспериментального исследования. Назовем некоторые из них. Почему Вселенная начала расширяться? Какими были тогда свойства пространства и времени? Какими процессами в момент начала расширения объясняются самые общие свойства Вселенной? Почему во Вселенной есть вещество? Существуют ли другие Вселенные? Почему Вселенная именно такая, какой мы ее наблюдаем, а не обладает другими характеристиками? Может ли завершиться наблюдаемый нами Большой Взрыв? Как создавалось наблюдаемое многообразие форм и размеров объектов существующей Вселенной? Как рождаются звезды? Как эволюционируют планеты и звезды?

В последние годы астрофизика сделала поразительные новые открытия, которые служат весомым аргументом в пользу космологических исследований А. А. Фридмана. Обратимся к основным вехам пути развития представлений о Вселенной и их философскому осмыслению.

С именем знаменитого американского астронома и астрофизика Эдвина Пауэлла Хаббла (1889-1953) связано создание современной внегалактической астрономии и экспериментальное открытие универсальной космологической закономерности – эффекта расширения Вселенной. Ему удалось установить истинную природу

туманностей. Эти достижения определяют место Э. Хаббла в истории астрономии.

В современной космологии одним из центральных понятий являются галактики. Они представляют собой гигантские (до $\sim 10^{13}$ звезд) звездные системы, расположенные вне нашей Галактики. Их называют еще внегалактическими туманностями, так как при наблюдении в телескоп они выглядят туманными пятнышками. Оказалось, что эти размытые пятнышки являются гигантскими звездными системами. Они находятся далеко за пределами Млечного Пути. Данное открытие принадлежит американскому астроному Э. Хабблу. В 1923 г. ученый получил с помощью телескопа фотографии спиральных туманностей, а затем доказал, что они являются звездными системами, расположенными на огромных расстояниях от нашей Галактики.

В 1935 г. А. Эйнштейн, раскрывая эвристические возможности теории относительности, указал на то, что именно туманности (включая и спиральные), «в первую очередь, кажутся предназначенными для пополнения наших знаний о строении пространственно-временного континуума» [1, с. 197].

Исследования Э. Хаббла посвящены изучению галактик – их движению, общей структуре, распределению в пространстве. На смену прежним, зачастую нечетким классификациям галактик (туманностей) предложена первая стройная схема. Она включала спиральные, эллиптические, неправильные внегалактические туманности. Классификация Э. Хаббла (1925) продолжает надежно служить современной науке. Известный американский астроном Джоуэл Стеббинс (1878-1966) обратил внимание на то, что исследования Э. Хаббла значительно расширили объем изучаемого материального мира, решили долгий спор о природе спиралей, представляющих собой гигантские совокупности звезд. Теперь Вселенная предстает перед астрономами пространством, заполненным звездными островами – галактиками.

Э. Хабблу принадлежит фундаментальное открытие в области внегалактической астрономии. С него, по существу, началась современная наблюдательно-экспериментальная космология, которая неожиданно наполнила физическим содержанием математические модели Вселенной, созданные А. А. Фридманом. Эти модели открыли новые пути познания Вселенной.

Решение А. А. Фридмана выдержало проверку опытом. Выяснилось, что фридмановское «динамическое» решение уравнения тяготения не просто существует наряду со статическим эйнштейновским, а именно оно и реализуется в природе. Это признали все, когда Э. Хаббл в 1929 г. представил в «Труды» Национальной академии наук США небольшую заметку под названием «Связь между расстоянием и лучевой скоростью внегалактических туманностей» [2]. Эту краткую статью следует считать одной из самых выдающихся работ за всю историю астрономии.

Э. Хаббл не ограничился классификацией галактик. Он исследовал спектры многих внегалактических объектов и проанализировал их. В излучениях далеких галактик ученый заметил парадоксальное явление: *красное смещение*. Это значит, что спектральные линии сдвинуты к красному концу спектра. Ученый пришел к выводу, что существует прямая зависимость между красным смещением в электромагнитных спектрах галактик и расстоянием до них. Ближайшие из галактик имеют не столь ярко выраженное красное смещение – значит они медленно удаляются от нас. Более далекие галактики обладают намного большими значениями красного смещения. Поэтому они удаляются от Млечного Пути намного быстрее. Отношение «скорость – расстояние» Э. Хаббл построил в виде графика. Известный теоретик, специалист по применению общей теории относительности, профессор Калифорнийского технологического института Ричард Толмен первым назвал пропорциональность красного смещения расстоянию галактик «зависимостью Хаббла».

По данным многочисленных наблюдений, ученому удается установить зависимость между скоростью удаления V внегалактических источников, вызванной расширением Вселенной, и расстоянием до них R :

$$V=HR$$

где H – так называемая *постоянная Хаббла*. Она определяется экспериментальным путем и имеет значение 50-100 км/с на Мпс (Мпс – мегапарсек, один Мпс равен $3 \cdot 10^{19}$ км).

Эта математическая зависимость называется *законом Хаббла*, указывающим на расширение Вселенной. Согласно теории расширяющейся Вселенной, все внегалактические туманности (объекты) удаляются друг от друга по закону Хаббла.

Позже было установлено, что постоянная Хаббла не всегда была величиной неизменной. В начале эволюции Вселенной, когда скорость ее расширения была большей, соответственно, большей была и постоянная Хаббла. Так как данная величина по размерности обратна времени, то ее значение можно выразить и при помощи единицы времени. В этом случае она будет равна 10^{-18} единиц, деленных на секунду. Так как силы гравитации замедляют расширение Вселенной, то в настоящее время величина H по своему значению является меньше, чем в прошлом.

Результаты исследования А. А. Фридмана и Э. Хаббла оказали огромное влияние не только на развитие физики, астрономии, но и науки в целом. *Первое.* Увеличилось количество прямых опытных подтверждений достоверности общей теории относительности. *Второе.* Возникла ясная необходимость дальнейших всесторонних исследований эволюции Вселенной. Благодаря А. Эйнштейну, А. А. Фридману и Э. Хабблу формируется новое научное направление – космология – наука, изучающая Вселенную как целостность, а также ее устройство, возникновение и пути развития.

Одно время в физике и космологии дискуссионным был вопрос о возможной «тепловой смерти» Вселенной [3], [4]. Речь шла о гипотетическом состоянии Вселенной, к которому должно привести ее развитие в результате превращения всех видов энергии в тепловую и равномерного распределения во всем космическом пространстве. Общая теория относительности показала, что благодаря наличию гравитационного поля и структурных элементов все возрастающего порядка сложности в гигантских космических термодинамических системах невозможно достичь равновесного состояния с максимальным значением энтропии. Такого состояния вообще не существует. Поэтому допущение тепловой смерти Вселенной несостоятельно [5], [6], [7].

Более перспективным оказалось обсуждение горячего, «теплового рождения» Вселенной. Оно связано с именем одного из крупнейших ученых XX в. – русско-американского физика, астрофизика Георгия (Джорджа) Антоновича Гамова (1904-1968), ученика профессора А. А. Фридмана по Петрограду.

В 1946 г. Г. А. Гамов создает эволюционную космологическую модель ранней Вселенной, получившей название «теории Большого Взрыва» [8], [9].

Словосочетание, термин «Big Bang» (англ.) – «Большой Взрыв», «Большой Удар», «Большой Хлопок», «Большая Вспышка» ввел в оборот в 1949 г. Фред Хойл, английский астрофизик, один из авторов теории стационарной Вселенной. Он считал идею Большого Взрыва совершенно неудовлетворительной. Так впервые и появилось это выражение. Оно получило очень широкое распространение в научной литературе. В современной астрофизике данное понятие обозначает состояние материи и происходящих в ней процессов вблизи математической точечной сингулярности.

Историю ранней Вселенной, по Г. А. Гамову, можно представить так. Вся современная наблюдаемая Вселенная представляет собой результат катастрофически быстрого взрыва материи, находившейся до того в сверхплотном состоянии, недоступном пока для понимания и описания в рамках современной физики. У нас еще недостаточно информации о генезисе, рождении Вселенной. Но ее история доступна вполне надежному изучению на основании общих физических принципов и законов, начиная с *одной сотой доли секунды* после ее рождения. В этот момент плотность вещества составляла около *десяти миллиардов граммов на один кубический сантиметр*. При возрасте Вселенной в *одну сотую доли секунды* температура равнялась *ста миллиардам кельвинов (градусов)*. Вещество Вселенной состояло из свободных элементарных частиц. В число последних входили электроны, их античастицы – позитроны, а также фотоны, нейтрино, антинейтрино примерно в равном количестве.

Через три секунды температура вещества составляла *миллиард кельвинов*. Происходит процесс образования атомных ядер из протонов и нейтронов. К концу первых четырех минут во Вселенной химический состав вещества выглядел следующим образом: на три ядра водорода приходилось одно ядро гелия.

Через *один миллион лет* после расширения Вселенной температура вещества падает до *нескольких тысяч кельвинов*. Происходит процесс объединения электронов с ядрами и образование атомов водорода и гелия. Что же касается фотонов, нейтрино и антинейтрино, то их количество во Вселенной сохраняется и с тех пор является практически неизменным. Но их концентрация и температура впоследствии значительно понизились. Эти частицы являются остатком, реликтом раннего

состояния Вселенной. По предложению И. С. Шкловского их называют реликтовыми.

Такова в общих, самых главных, принципиальных чертах реконструированная теорией Г. А. Гамова история ранней Вселенной. Существенный вклад в новый взгляд на Природу внесли его ученики Ральф Альфер и Роберт Герман. Эффективную помощь в вычислениях ядерных превращений вещества оказал знаменитый итальянский физик Энрико Ферми (1901-1954).

Они создали термодинамику Вселенной, объяснили ее тепловую эволюцию на основе данных статистической физики, доказали, что среднее космическое соотношение между водородом и гелием (*три к одному*) сложилось в первые три минуты жизни Вселенной. Г. А. Гамов вместе со своими сотрудниками Р. Альфером и Р. Германом в 1948 году предсказал, что должно наблюдаться и остывшее первичное изотропное электромагнитное излучение – тепловое с температурой около 5 К (5 градусов в абсолютной шкале температур Кельвина). Однако развитию теории в значительной степени препятствовало общее скептическое отношение астрофизиков тех лет к возможности решения столь фантастической задачи – понять «начало истории всей Вселенной в целом». С другой стороны, уловить в мировом пространстве с помощью имевшейся измерительной аппаратуры тепловое радиоизлучение такой низкой температуры специалисты-радиофизики считали совершенно невозможным уже из-за того, что подобный сигнал был бы заглушен радиоизлучением звезд, галактик, межзвездной среды, то есть космическим радиошумом.

Какова же дальнейшая судьба теории Г. А. Гамова? Историки астрономии А. И. Еремеева и Ф. А. Цицин отмечают: «Почти два десятилетия концепция Большого Взрыва для большинства астрономов оставалась «игрой ума» немногих физиков и космологов. И только позднее стало ясно, что более раннему решению проблемы в немалой степени помешал тот разрыв в научных контактах, который все еще существует между современными теоретиками и наблюдателями. Сыграла существенную негативную роль и дифференцированность науки из-за которой специалисты, даже работающие в близких областях, порой мало знают о проблемах своих соседей» [10].

Труды Г. А. Гамова открыли космологии блестящие перспективы. Они принесли теории А. А. Фридмана бесспорное

доказательство и подтверждение. Ученому удалось вернуть космологии достойное место в системе научного познания, утвердить всеобщее признание теории расширяющейся Вселенной, показать ее истинность и достоверность.

Эвристическая ценность «горячей» теории Г. А. Гамова состоит в том, что она предсказала существование реликтовых частиц в современной Вселенной. Более того, логическим следствием этой концепции является оценка температуры реликтового излучения. Она вычисляется из требования правильной пропорции водорода и гелия в космическом пространстве. Теоретические результаты прогнозируют температуру реликтовых частиц. Например, для фотонов она должна быть близкой к абсолютному нулю – всего на несколько кельвинов выше нуля.

С. Вайнберг однажды заметил, что изучение ранней Вселенной считалось многими далеко не актуальной задачей, которой должен заняться уважающий себя ученый. Высоко оценивая философский, эвристический потенциал теории горячей Вселенной, разработанной Г. А. Гамовым, а также результаты, полученные радиоастрономией в 1965 г., он убежден в том, что «Гамов, Альфер и Херман заслуживают колоссального уважения помимо всего прочего за то, что они серьезно захотели воспринять раннюю Вселенную и исследовали то, что должны сказать известные физические законы о первых трех минутах». Но им не удалось убедить «радиоастрономов, что те должны искать фон микроволнового излучения. Самое важное, что сопутствовало окончательному открытию в 1965 году трехградусного фона излучения, заключалось в том, что это открытие заставило всех нас всерьез отнестись к мысли, что ранняя Вселенная *была*» [11, с. 123-124]. Можно согласиться с тем, что теория Г. А. Гамова не смогла целенаправленно усилить усилия астрономов на поиск совершенно нового вида излучения. Но мы глубоко уверены в том, что эпистемологический императив А. Эйнштейна: «только теория решает, что именно можно наблюдать», играет исключительно важную роль в современной науке.

Обратимся к вопросу об истории обнаружения реликтового излучения горячей Вселенной. Эту историческую проблему С. Вайнберг называет «загадочной и поразительной». Дело в том, что экспериментальное открытие фона космического микроволнового излучения (1965) является одним из самых важных

научных фактов XX века. Ученый ставит такой вопрос: «Почему не было систематических поисков этого излучения задолго до 1965 года?». С. Вайнберг считает, что к этому времени уже существовали достаточно чувствительные экспериментально-технические устройства – радиотелескопы, способные выявить это явление природы. Он указывает на то, что «измеренные современные значения температуры фона излучения и плотности массы Вселенной позволяют нам предсказать космическую распространенность легких элементов, находящуюся в хорошем согласии с наблюдениями. Задолго до 1965 года можно было провести обратное вычисление, предсказать фон космического излучения и начать его поиски» [11, с. 116].

Как свидетельствует история науки, эта перспективная ситуация нашла свое воплощение значительно позже. Что же касается реликтового излучения, то радиоастрономы просто не знали ни о нем, ни о способах и методах его обнаружения. Почему так произошло? Обратимся к некоторым достоверным фактам, изложенным в книге С. Вайнберга «Первые три минуты» [11, с. 120-124].

Во-первых. Теория горячей Вселенной, построенная Г. А. Гамовым и его сотрудниками, предполагала, что не только гелий, но и все без исключения ядра, химические элементы (включая тяжелые) образовались в природе путем синтеза в самом начале расширения Вселенной. Подчеркнем, только самые легкие элементы ведут свое происхождение (рождаются) с первых мгновений расширения, а тяжелые элементы синтезированы в звездах. Имея ввиду эту трудность, теоретики совершенно не желали серьезно относиться к расчету образования гелия в такой теории. Эта неточность подрывала доверие к теории в целом.

Во-вторых. Разрыв связи между теоретиками и экспериментаторами. Большинство теоретиков никогда не считало, что трехградусный фон излучения может быть когда-нибудь обнаружен. Г. А. Гамов в письме к американскому ученому П. Дж. Пиблсу (1967) подчеркнул, что он не рассматривал возможности детектирования излучения, оставшегося после Большого Взрыва. Вместе с тем, некоторые советские астрофизики, например, Я. Б. Зельдович (1964) правильно ставили вопрос о вероятности фиксирования в эксперименте микроволнового излучения. Но отдельные неточные термины, как, например,

«температура неба», вводили в заблуждение исследователей. Поэтому теоретики не представляли, что реликтовое излучение может быть обнаружено в наблюдении. С другой стороны, экспериментаторы – А. Пензиас и К. Вильсон – авторы открытия этого вида излучения даже в 1964 г. не слышали и не знали о том, что такое излучение следует искать.

В-третьих, теория Большого Взрыва не привела к поиску трехградусного фона потому, что физикам было очень трудно воспринять любую теорию ранней Вселенной. С. Вайнберг указывает в связи с этим: «Я говорю так отчасти по воспоминаниям о моем собственном отношении к этому [событию – Б. П.] до 1965 года. – И продолжает. – Первые три минуты столь удалены от нас по времени, условия на температуру и плотность так незнакомы, что мы стесняемся («относимся с предубеждением» – Б. П.) применять наши обычные теории статистической механики и ядерной физики». Автор обращает внимание на то, что «наша ошибка не в том, что мы воспринимаем наши теории слишком серьезно, а в том, что мы не относимся к ним достаточно серьезно. Всегда очень трудно осознать, что числа и уравнения имеют какое-то отношение к реальному миру. Часто кажется, что существует общее соглашение, будто некоторые явления еще не годятся для того, чтобы стать предметом солидных теоретических и экспериментальных исследований» [11, с. 123].

Некоторые интересные факты указывают на то, что ученые прошли длительный, трудный и противоречивый путь к открытию реликтового излучения. Так, например, в 1941 г. канадский астроном Эндрю Мак-Келлар (1910-1960), анализируя линии поглощения, вызываемые в спектре звезды 2 Змееносца межзвездными молекулами циана (соединения углерода и азота), пришел к выводу, что эти линии могут возникать только при поглощении света вращающимися молекулами циана. Причем вращение их должно возбуждаться излучением с температурой около 2,3 Кельвина. Ни сам Э. Мак-Келлар, ни другие не могли предположить, что вращение молекул вызвано реликтовым излучением. Заметим, что и теория горячей Вселенной еще не была создана. Только после открытия космического фонового излучения в теоретических работах И. С. Шкловского, Дж. Филда, Р. Тадеуша был раскрыт механизм возбуждения вращения межзвездных молекул циана и показано, что он обусловлен реликтовым

излучением. Итак, впервые было обнаружено косвенное проявление реликтового излучения – его влияние на состояние вращения в межзвездных молекулах циана. Этот факт можно считать одним из первых в истории открытия интересного явления во Вселенной.

В 1956 г. сотрудник Института общей физики Академии наук СССР (Пулково, Ленинград) Т. А. Шмаонов под руководством известных радиоастрономов С. Э. Хайкина и Н. Л. Кайдановского проводил измерения радиоизлучения из космоса на длине волны 3,2 см. Эти измерения выполнены с помощью рупорной антенны, которая была использована значительно позже А. Пензиасом и Р. Вильсоном. Советскому ученому удалось зарегистрировать в эксперименте радиоизлучение космического фона в температурном интервале от 3,7 до 4,2 К (градусов Кельвина). Можно предположить, что в Пулково знали труды Г. А. Гамова, который и предсказал существование остаточного излучения. Один из основоположников экспериментальной радиоастрономии С. Э. Хайкин (1901-1968) отметил важность результатов Т. А. Шмаонова. Однако никто из астрофизиков и космологов не обратил внимания на этот существенный факт, так как они ничего не знали о существовании реликтового излучения и не придали должного значения результатам этих измерений, а затем просто забыли о них. Сейчас мы понимаем, что Т. А. Шмаонов наблюдал именно реликтовое излучение [12]. Только в 1983 г. ученый выступил по этому вопросу с докладом на Бюро отделения общей физики и астрономии АН СССР. Это произошло спустя 27 лет после самих измерений и 18 лет после опубликования результатов А. Пензиаса и Р. Вильсона.

Таким образом, предыстория открытия микроволнового фонового излучения является весьма поучительной. Измерить, «увидеть» какое-либо свойство природы – еще не значит его открыть. Исследователь должен всесторонне осознать обнаруженную характеристику Вселенной, правильно ее объяснить, интерпретировать с позиций новейших теоретических представлений (программа А. А. Фридмана, теория Г. А. Гамова). Все это требует огромного творческого поиска, труда, колоссальных знаний, настойчивости в доведении своих результатов до сознательного осмысления научным сообществом.

В 1964 г. советские астрофизики Андрей Георгиевич Дорошкевич и Игорь Дмитриевич Новиков рассчитали спектр

реликтового излучения с учетом расширения Вселенной. Они пришли к заключению, что в области сантиметровых и миллиметровых волн оно может быть обнаружено на двадцатифутовом рупорном рефлекторе лаборатории «Белл», как наиболее подходящем приборе [13]. Ученые указали, что открытие такого излучения может служить надежным средством проверки модели горячей Вселенной, предложенной Г. А. Гамовым более 20 лет назад. Теоретические результаты авторов остались незамеченными ни теоретиками, ни экспериментаторами, но они являются интересной страницей в поиске необычного микроволнового излучения.

Интерес к низкотемпературному фоновому излучению начал особенно проявляться в 60-е годы XX ст. в связи с возможностью изучения вопроса о формировании химических элементов во Вселенной на ранних этапах ее расширения. В результате дискуссий американский физик-космолог и радиопизик Р. Дикке начал подготовку к проведению экспериментов по проверке концепции Большого Взрыва. В 1960 г. в США была построена антенна для приема отраженных радиосигналов от спутника «Эхо». Когда к 1963 г. антенна выполнила свою роль, два радиоинженера Вильсон Роберт Вудро (р. 1936) и Пензиас Арно Аллан (р. 1933) переделали ее в радиоастрономический телескоп. Вместе с новейшим приемным устройством этот радиотелескоп был в то время самым чувствительным инструментом в мире для измерения радиоволн. Его точная калибровка и высокая чувствительность были идеальны для измерения интенсивности внеземных радиоисточников. Он предназначался в первую очередь для измерения радиоизлучения межзвездной среды нашей Галактики. Наблюдения велись на длине волны 7,35 см. Все источники помех, связанные с поверхностью Земли, атмосферой, самой антенной, электрическими цепями, приемниками были тщательно проанализированы и учтены. Это позволило измерять интенсивность фонового излучения любой области неба вблизи внеземных источников. Тщательные наблюдения А. Пензиаса и Р. Вильсона показали, что их антенна принимала из всех направлений космоса какое-то радиоизлучение постоянной интенсивности.

В это же время в Принстонском университете космологи-теоретики Роберт Дикке и Джон Пибблс работали над моделью

Большого Взрыва. В 1965 г., когда А. Пензиас и Р. Вильсон завершали свои измерения, они ознакомили со своими результатами принстонских коллег. Эта встреча теоретиков и экспериментаторов завершилась весьма успешно. Оказалось, А. Пензиас и Р. Вильсон обнаружили остаточное, реликтовое излучение ранней Вселенной, предсказанное теорией Г. А. Гамова. В результате обсуждения экспериментального материала появилось два сообщения в *Astrophysical Journal*: одно – экспериментаторов об открытии реликтового фонового излучения с температурой около 3 К (кельвинов), а второе – теоретиков, объяснивших это явление.

Через некоторое время А. Пензиас и Р. Вильсон обратились к исследованиям совсем другого рода. Их заинтересовала возможность использования лазера на углекислом газе (прибор, усиливающий свет и генерирующий интенсивный монохроматический луч), чтобы пробиться сквозь туман. Совместно с физиком-атомщиком Кейтом Джеффертсом ученые создали приемник, способный обнаружить излучение длиной волны порядка 1 мм. В 1970 г. они соединили свой приемник со вновь построенным 36-футовым радиотелескопом Национальной радиоастрономической обсерватории. Когда телескоп был нацелен на туманность Ориона, на дисплее приемника немедленно появилась спектральная линия (характерное излучение) окиси углерода. Позднее А. Пензиас со своими коллегами выявили еще *шесть* межзвездных молекул.

Открытие фонового микроволнового излучения американскими астрофизиками А. Пензиасом и Р. Вильсоном интерпретировалось как реликт, остаток ранней Вселенной. По своему значению оно стоит в одном ряду с открытием Э. Хабблом красного смещения. «За открытие космического микроволнового фонового излучения» А. Пензиас и Р. Вильсон удостоены Нобелевской премии (1978) [14], [15], [16], [17]. А. И. Еремеева и Ф. А. Цицин подчеркивают: «Открытие реликтового излучения стало величайшим достижением в астрономии XX в. и в значительной степени явилось результатом развития радиоастрономической техники и того, что Вселенная (Метагалактика) действительно эволюционирует. Наконец, открытие реликтового излучения стало мощным стимулом для дальнейшей разработки идеи Большого Взрыва» [10, с. 285].

Таким образом, экспериментальным путем доказана объективная реальность ранней Вселенной. Эволюционная, глобальная космология А. А. Фридмана получила свое дальнейшее развитие в теоретической концепции Г. А. Гамова, а также подтверждена фундаментальными фактами, полученными в опытах Э. Хаббла, А. Пензиаса, Р. Вильсона и др.

За последнее время реликтовое излучение удалось основательно изучить. Наблюдения проводятся на различных длинах волн. Определяемая ими температура составляет по самым точным современным измерениям 2,725 К (кельвинов). Обнаружена очень высокая степень равномерности, изотропии реликтового фона [18].

Возникновение космического микроволнового фонового излучения (КМФИ) на раннем этапе развития Вселенной, когда она представляла раскаленный сгусток, клубок плазмы, можно выразить в образной, метафорической форме: *КМФИ до сих пор озаряет все вокруг, как очень далекий огонь.*

В истории науки, в том числе физике, нередки примеры, когда предсказание новых объектов и явлений делалось задолго до появления технических возможностей их обнаружения. Создание новых научных приборов позволяло затем проверить теоретические предположения. Так, например, еще в 1933 году из исходных положений современной теории элементарных частиц, в частности уравнения П. А. М. Дирака в качестве логического следствия предполагалось существование антипротона – античастицы по отношению к протону. Но тогда еще не было возможности обнаружить его опытным путем. Первые экспериментальные указания на существование антипротона были получены при исследовании космического излучения (1947). Эти данные, однако, не имели доказательной силы из-за неоднозначности в интерпретации наблюдавшихся явлений. Через 20 лет после предсказания был построен ускоритель (элементарных частиц) для проверки гипотетического положения П. А. М. Дирака. Доказательство реальности антипротона впервые было экспериментально установлено Оуэном Чемберленом, Эмилио Джино Сегре совместно с Клайдом Вигандом и Томом Ипсилантисом, наблюдавшими рождение античастицы в соударении протонов с нуклонами ядра-мишени на ускорителе «Беватрон» (Беркли, США, 1955) [19]. С. Вайнберг приходит к выводу о том, что «антивещество должно состоять из антиядер,

построенных из антипротонов и антинейтронов и окруженных облаком позитронов. Маловероятно, чтобы в доступной наблюдению части Вселенной присутствовало сколько-нибудь существенное количество антивещества» [11, с. 221].

Теория «горячей» Вселенной открыла новые горизонты в космологии, указала пути подхода к самой фундаментальной проблеме современной науки – вопросу о происхождении Вселенной. Ключом к этой загадке могут стать реликтовые частицы – фотоны, нейтрино, антинейтрино, которые существовали во Вселенной в первые мгновения ее жизни, а затем либо сохранились, либо исчезли, но оставили определенный след в различных формах.

Реликтовые фотоны были непосредственно обнаружены и зарегистрированы в экспериментах в 1965 г. Если пользоваться языком волн, то трехградусным фотонам необходимо сопоставить электромагнитное излучение в диапазоне коротких – микроволновых – радиоволн (длины волн от 0,01 до 10 см). Такие волны распространяются во Вселенной в различных направлениях, и реликтовое излучение равномерно распределяется во всем пространстве, создавая общий космический фон.

Реликтовое излучение – очень важное, можно сказать, решающее подтверждение того факта, что мы живем в расширяющейся Метагалактике. Возникает такой вопрос: имеет ли это расширение какое-то значение не только для науки, исследующей картину эволюции Вселенной, но и для каждого из нас?

Хотя разбегание галактик, которое можно обнаружить лишь весьма точными астрономическими приборами, никто непосредственно из нас не ощущает и не наблюдает это явление, которое, как ни удивительно, имеет самое прямое отношение к существованию человечества и, прежде всего, к зарождению жизни на Земле.

Модель инфляционной Вселенной представляет собой гипотезу о физическом состоянии и законе расширения очень ранней Вселенной (когда ее температура превышала 10^{28} К). В ее основе находятся современная теория элементарных частиц, квантовая теория поля, космология. Задача этой модели состоит в объяснении причин первоначального расширения Вселенной и свойств современного наблюдаемого мира.

А. Д. Линде подчеркивает, что специалисты по теории элементарных частиц и космологи прокладывают туннель навстречу друг другу. Если им удастся встретиться на своем пути и построить внутренне согласованную теорию всех процессов в микро- и макромире, то это еще не будет означать правильность теоретической системы. Но вместе с тем, указывает ученый, «необходимость и плодотворность такого союза сейчас очевидна. Нужно отметить, что инфляция вовсе не является магическим словом, которое автоматически решает все наши проблемы и открывает все двери. В некоторых теориях элементарных частиц обеспечить раздувание Вселенной не удастся, – продолжает размышлять А. Д. Линде, – в то время как ряд других теорий приводят к космологическим следствиям, противоречащим наблюдательным данным, несмотря на инфляцию» [20, с. 261].

В силу незавершенности инфляционной теории (гипотезы), ее противоречивости, несоответствия теоретических предсказаний наблюдательным данным (например, теоретическая плотность энергии отличается от наблюдательных данных «всего» в 10^6 раз), возникает нетривиальный вопрос: в каком направлении двигаться дальше по формированию такой системы утверждений, принципов, понятий, адекватно отражающих реальные процессы многослойной Вселенной? «Путь к созданию последовательной космологической теории, – считает А. Д. Линде, – может оказаться еще очень долгим, и не исключено, что многие детали существующего сейчас сценария в дальнейшем будут отброшены как ненужные строительные леса. Однако наличие инфляционной стадии представляется сейчас необходимым элементом будущей теории» [20, с. 261-262].

Оказалось, что вблизи космологической сингулярности решения релятивистских уравнений не применимы, так как на этом уровне проявляются квантовые свойства гравитации. Поэтому важной стадией формирования квантовой теории тяготения является создание инфляционной космологии. Она возникает в качестве гипотезы, способной раскрыть сложные процессы в первые мгновения становления материи. В основе настоящей гипотезы находится представление о существовании невероятно большой силы космического отталкивания, оно и разорвало начальное состояние материи, вызвало ее расширение, которое продолжается и сейчас. Теоретики утверждают, что физический

вакуум явился начальным состоянием материи. Большой вклад в становление основных идей инфляционного подхода внесли советские астрофизики: Я. Б. Зельдович, А. А. Старобинский, А. Д. Линде (эмигрировавший в Швейцарию в 1978 г., а через два года – в США), Э. Б. Глинер, П. И. Фомин, Д. А. Киржниц; среди зарубежных ученых – С. Хокинг (Великобритания), А. Гус (США) и другие.

Вопрос об образовании космических объектов в результате нестационарных процессов и самоорганизации Вселенной окончательно не решен. Кроме того, одна из важных проблем современного естествознания состоит в том, чтобы установить, в каком физическом состоянии находилось вещество до начала расширения Вселенной. Видимо, это было состояние чрезвычайно высокой плотности. Для описания явлений, происходящих при столь высокой плотности, современные фундаментальные физические теории не применимы. При таких условиях проявляются не только гравитационные, но и квантовые эффекты, характерные для процесса микромира, а теории, которая объединяла бы их, пока нет – ее предстоит создать.

Инфляционная космология существует в виде различных моделей, в которых синтезируются принципы и понятия теории струн, суперсимметрии, супергравитации, фазовых переходов, топологии. Все они обобщают нестационарную релятивистскую космологию [20], [21]. Определение вероятного протекания процессов в первые мгновения рождения и существования Вселенной представляет собой одно из самых выдающихся достижений теоретического естествознания XX в. Научное познание приближается к разгадке пожалуй самой интересной и сложной тайны природы – начальному периоду «сотворения мира». Но пока наши представления об этом отрезке истории Вселенной основаны во многом на гипотетических экстраполяциях, которые являются спорными, дискуссионными, а иногда и умозрительными.

В основе инфляционной космологии находится понятие физического вакуума, играющего важную роль в квантовой теории. Вакуум представляет собой состояние физического поля с наименьшей энергией, когда реальные частицы отсутствуют. В нем все время рождаются и исчезают (аннигилируют) виртуальные частицы, которые влияют на физические процессы (что обнаружено экспериментально). Поэтому ни один результат квантовой

электродинамики и физики элементарных частиц нельзя понять без введения в рассмотрение виртуальных частиц. Они являются реальными квантовыми объектами, которые непосредственно не наблюдаемы в эксперименте. Виртуальные частицы не менее реальны, чем определяемые ими физические процессы и явления [22].

Физический вакуум – специфическая форма существования материи, характеризуется активностью, возникновением и уничтожением виртуальных частиц. При определенных условиях он способен «рождать» вещественные, материальные частицы без нарушения законов сохранения материи и движения.

Возбужденное состояние физического вакуума способно создать природную гигантскую загадочную силу космического гравитационного отталкивания. Поэтому первоначальный сгусток материи возник из физического вакуума. Космическое отталкивание вызвало стремительное, чрезвычайно быстрое расширение, раздувание вакуумной квантовой «пены», «пузырей пространства» (зародышей нескольких Вселенных).

Данный тип раздувания был назван *инфляцией*. Такое быстрое расширение означает, что все части Вселенной разлетаются как при взрыве. В период квантовой космологии, т. е. с 10^{-43} с по 10^{-34} с произошло формирование пространственно-временных характеристик Вселенной. Барри Паркер, раскрывая содержание теории раздувания, созданной Аланом Гусом (1980), подчеркивает: «Через 10^{-35} с после образования Вселенная не содержала ничего, кроме черных мини-дыр и «обрывков» пространства. Поэтому при резком расширении образовалась не одна вселенная, а множество. Каждый из участков пены превратился в отдельную вселенную, и мы живем в одной из них. Отсюда следует, что может существовать много других вселенных, недоступных для нашего наблюдения» [23].

Инфляционная модель находится в процессе своего становления. Вместе с тем, она уже сейчас позволяет указать контуры некоторых космологических закономерностей. Речь идет о том, что перестает быть загадкой Большой Взрыв. Исследуется общая схема рождения и расширения Вселенной, состав вещества, заполняющего ее пространство. Предпринимается новый виток объяснений крупномасштабной однородности и изотропности Вселенной, образования структур галактик и их скоплений, по-

новому осмысливается проблема целостности и единства мира, продолжаются дискуссии о будущем Вселенной [24]; [25]; [26]; [27]; [28]; [29]; [30].

Остаются нерешенными кардинальные философские вопросы устройства Вселенной и ее истории. Пока еще не удастся объяснить саму первопричину возникновения Вселенной. Не ясен вопрос о проявлении физических законов природы в момент зарождения материи, пространства, времени. Дискуссионной является проблема космологического горизонта Вселенной. Представляют значительный научный интерес сценарии будущего Вселенной: открытые и закрытые ее модели.

В настоящее время сложились научные основания исследования проблемы внеземных цивилизаций. Она носит комплексный, междисциплинарный характер, решается совместными усилиями специалистов в области естественных, технических, социально-гуманитарных и философских наук. Поиск внеземных цивилизаций осуществляется по таким направлениям: развитие мировоззренческих и теоретических оснований проблемы существования иных цивилизаций во Вселенной, разработка способов и методов их обнаружения; поиск возможных сигналов от внеземных существ.

Эпохальные открытия в области естествознания (астрономии, биологии, радиофизики) во второй половине XX в. позволяют вести экспериментально-теоретические исследования в области контакта с другими цивилизациями во Вселенной. Так, например, в США обсуждается проект по созданию комплекса для приема космических радиосигналов, состоящего из тысячи синхронных радиотелескопов, установленных на расстоянии 5 км друг от друга. Это сложное соединение экспериментально-технических средств представляет собой гигантский параболический радиотелескоп с площадью зеркала 20 км^2 . Проект будет реализован в течение ближайших 10-20 лет. Предполагаемая стоимость будущего сооружения составит 10 млрд. долларов. Комплекс радиотелескопов позволит принимать искусственные радиосигналы в радиусе 1000 световых лет [31, с. 121].

Вселенная беспредельна и безгранична в многообразии, неисчерпаемости своих процессов, свойств, характеристик, состояний. Мы знаем только живую материю, зародившуюся на нашей планете. Вполне вероятно, что в бесконечном пространстве

Вселенной существует множество других совершенных и сложных форм движения и организации материи, о которых мы не знаем и даже не подозреваем. Проблема иных цивилизаций представляет несомненный интерес как с точки зрения их обнаружения, так и с позиций более глубокого исследования развития материальных систем на Земле [32].

Специалист в области физики элементарных частиц из Гарвардского университета Ховард Джорджи свое отношение к проблеме инфляционной гипотезы квантовой космологии сформулировал и выразил так: «Это великолепный научный миф, который по меньшей мере так же хорош, как любой другой миф о творении» [33, с. 172].

Современная наука находится на пороге открытия, способного изменить наши представления о Мире. Речь идет о природе темной материи и темной энергии. По мнению ученых, они являются фундаментальными сущностями Вселенной. Гипотезу о темной материи (или скрытой массе) выдвинул американский астрофизик, космолог Франц Цвикки (1898-1974) в 1933 г. Теоретические расчеты свидетельствуют о том, что Вселенная состоит из:

а) *обычного вещества* – 4%. Оно включает в себя звезды, планеты, живые организмы и т. д.;

б) *темной материи* – 22%. Это вещество, которое не обладает ни излучающей, ни поглощающей способностью. Оно прямо не наблюдаемо, а обнаружено косвенно, по его силе гравитации. Темная материя влияет на развитие гравитационного потенциала Вселенной и своим притяжением должна удерживать быстро вращающиеся галактики;

в) *темной энергии* – 74%, которая проявляется по ее антигравитационному эффекту (отвечает за отталкивание и ускоренное расширение Вселенной). Темная энергия обнаружена космологами в 1998 г. в наблюдениях сверхновых звезд, проведенных в рамках проекта Supernova Cosmology Project [34], [35]. Позже результаты этих наблюдений были подтверждены другими источниками: измерениями космического микроволнового фонового излучения, гравитационного линзирования, процессами развития Вселенной сразу же после Большого Взрыва, постоянной Хаббла.

Заметим, что представление о существовании в Природе темной энергии можно считать событием номер один на грани XX –

XXI вв. как в космологии, так и в физике элементарных частиц. Темная энергия как физическая субстанция заполняет, пронизывает все пространство доступной познанию части Вселенной. Поэтому данная проблема является очень актуальной, острой и в то же время продолжает оставаться далеко не ясной и не решенной до конца, в значительной степени загадочной.

В настоящее время ученые ведут поиск темной материи в таких двух основных направлениях:

1) Среди массивных астрофизических компактных объектов (MAssive Compact Halo Object – MACHO).

2) Среди слабо взаимодействующих массивных частиц (Weakly Interacting Massive Particles – WIMP).

Кандидатами для MACHO могут стать такие астрономические объекты: не очень массивные *черные дыры*, обладающие колоссальной плотностью; *темные карлики*, обладающие чрезвычайно слабой яркостью; старые *нейтронные звезды*, почти не излучающие энергию.

Кандидатами для WIMP могут стать частицы: холодные – движущиеся со скоростями, значительно меньше скорости света (теория холодной скрытой массы); горячие – обладающие скоростью, близкой к скорости света (теория горячей скрытой массы).

Компьютерное моделирование эволюции Вселенной на основе холодных WIMP-частиц дает почти такие же структуры галактик и их скоплений, которые наблюдаются экспериментально. Однако холодные WIMP-частицы (нейтралыно, аксион) пока существуют в мысленных, компьютерных экспериментах и еще не обнаружены эмпирическим путем. Пока не будет получено прямых, достоверных опытных доказательств, поиск темной материи останется одной из самых интересных, волнующих тем для научных исследований в астрономии.

В 1998 г. исследователи измерили скорость расширения Вселенной в разные моменты ее истории при изучении сверхновых. Они были удивлены тем, что Вселенная расширялась ускоренно, а не замедленно, как это следовало из общей теории относительности. Это явилось первым парадоксом загадочной

темной материи – неизвестной силы, которая противодействует гравитации и отталкивает галактики друг от друга.

В феврале 2003 г. с помощью высокочувствительного спутника – зонда анизотропии микроволнового излучения имени Вилкинсона (Wilkinson Microwave Anisotropy Probe – WMAP) были получены снимки наиболее раннего этапа в истории Вселенной, когда ей было всего 400 тыс. лет. Удалось определить и возраст Вселенной (13,7 миллиарда лет). Опытные данные подтвердили странную и сложную картину Вселенной, которая действительно состоит из обычного вещества, темной материи и темной энергии. Космическая миссия WMAP признана одной из наиболее продуктивных за всю историю человечества. Ее открытия касаются эволюции и структуры Вселенной.

Результаты миссии WMAP поиска темной энергии и темной материи можно найти в таких содержательных научных обзорах: [36], [37], [38], [39], [40], [41], [42], [43], [44], [45]. Характеристика многих триумфальных успехов современной науки представлена в оригинальной книге А. В. Волкова «Тайны открытий XX века» [46].

Строгое доказательство существования темной энергии возможно только на базе дальнейшего совершенствования экспериментально-технических устройств и научных приборов, способных обеспечить чрезвычайно высокую точность измерения скорости расширения Вселенной. *Решение проблемы темной энергии является одной из наиболее фундаментальных задач современной космологии и науки в целом.*

Ответ на вопрос о существовании темной энергии ведет к постановке новых и сложных вопросов. Например, из чего состоит темная энергия, какова ее природа, в чем проявляется связь темной энергии с рождением и эволюцией Вселенной? [47], [48], [49].

Недавно американский астроном Бредли Шефер изучил яркость 52-х гамма-вспышек (всплесков) и расстояние до них. Это дало возможность построить диаграмму «звездная величина – красное смещение». Результаты наблюдений свидетельствуют о том, что темная энергия изменяется с течением времени. Результаты Б. Шефера широко обсуждаются в научной среде. В частности, высказывается точка зрения, согласно которой гамма-всплески не являются чувствительными по отношению к темной энергии. Поэтому они не могут выступать в качестве критерия ее изменчивости и непостоянства [50], [51].

В ближайшее время в США предполагают проведение новых экспериментов с целью более точного исследования свойств темной энергии. Программа включает в себя следующие проекты: космический телескоп Advanced Dark Energy Physics Telescope (ADEPT), космический телескоп Dark Energy Space Telescope (Destiny), зонд SuperNova/Acceleration Probe (SNAP), Большой синоптический (наземный) телескоп (Large Synoptic Space Telescope – LSTT) [52], [53], [54].

С целью воспроизведения более точной модели Вселенной особое внимание уделяется проблеме нейтрино. В 1931 г. выдающийся австрийско-швейцарский физик Вольфганг Паули (1900-1958) высказал гипотезу о существовании нейтрино, а затем сформулировал и обосновал его основные свойства. В 1933 г. Энрико Ферми (Нобелевский лауреат по физике, 1938 г.) назвал эту частицу «нейтрино» (от итал. *нейтрончик*). Только через 25 лет, в 1956 г. американский физик Фредерик Райнес экспериментальным путем доказал существование электронного нейтрино (Нобелевская премия 1995 г. «За экспериментальный вклад в физику лептонов»). Характерным свойством нейтрино является то, что он и сегодня является самым неуловимым объектом среди элементарных частиц, остается «частицей-невидимкой». Нейтрино, которые возникают при термоядерных реакциях с образованием гелия из водорода внутри Солнца и других звезд, не имеют электрического или сильного заряда и практически не взаимодействуют с веществом, другими частицами. Они участвуют только в слабом и гравитационном взаимодействиях. Поэтому нейтрино свободно проходят сквозь толщу Земли и беспрепятственно движутся во Вселенной почти со скоростью света, преодолевая гигантские расстояния. Например, тысячи миллиардов нейтрино проходят через нас каждую секунду, но мы этого не замечаем. Через площадку в один квадратный сантиметр проходит примерно сто миллиардов нейтрино в секунду.

Исследователи Рэймонд Дэвис (США) и Масатоши Кошиба (Япония) использовали мельчайшие составляющие Вселенной – нейтрино – для углубления нашего понимания самых больших объектов – Солнца, звезд, галактик и сверхновых. Полученные данные изменили наш взгляд и мировоззрение на Вселенную. Так, Р. Дэвис предложил использовать для регистрации нейтрино совершенно новый тип детектора – огромную емкость,

содержащую 600 тонн жидкости и помещенную в шахту. За тридцать лет ему удалось зарегистрировать в общей сложности 2000 нейтрино от Солнца. Доказано, что термоядерный синтез служит источником энергии Солнца [55]. Используя другой гигантский детектор, получивший название *Камиоканде*, группа японских ученых под руководством Масатоши Кошибы подтвердила результаты Р. Дэвиса. Им также удалось зарегистрировать нейтрино от далекой сверхновой, вспыхнувшей 23 февраля 1987 г. Зарегистрировано 12 из 10^{16} нейтрино, которые прошли через детектор [56].

Результаты Р. Дэвиса и М. Кошибы привели к неожиданным открытиям и положили начало новой перспективной области – *нейтринной астрономии*. Возникает вопрос о дальнейших путях ее развития. М. Кошиба считает, что наиболее актуальная задача состоит в обнаружении реликтового излучения космических нейтрино с температурой 1,9 К. Это излучение несет информацию о Вселенной спустя 1 секунду после начала расширения.

Ненулевая масса нейтрино означает, что нейтрино низких энергий могут полностью отражаться при очень низких температурах. Это чудесный подарок экспериментаторам, дающий возможность построения параболического зеркала для фокусирования нейтринного потока. Однако регистрация таких низкоэнергетических нейтрино представляет собой поистине грандиозную задачу [56, с. 426].

В настоящее время известно, что каждому заряженному лептону соответствует своя пара «нейтрино – антинейтрино» – свой аромат (flavor):

- электронное нейтрино и электронное антинейтрино,
- мюонное нейтрино и мюонное антинейтрино,
- тау-нейтрино и тау-антинейтрино.

В экспериментах удалось установить не точные массы нейтрино, а только их верхние оценки: для электронного нейтрино – 5 эВ, мюонного нейтрино – 170 КэВ и тау-нейтрино – 17 ГэВ.

В 1998 г. доказано, что нейтрино может часто переходить из одного состояния (электронное нейтрино) в другое (мюонное или тау-нейтрино) и обратно – нейтринные осцилляции (колебания).

В последнее время ведутся интенсивные экспериментальные исследования нейтринных осцилляций с разными источниками нейтрино: на Солнце, в земной атмосфере, в ядерных реакторах и ускорителях [57].

В национальной лаборатории Гран-Сассо (Италия) зарегистрированы мюонные нейтрино, которые были произведены на ускорителе в ЦЕРНе (Швейцария) и направлены в детектор OPERA с расстояния 730 км сквозь толщу Земли. Детектор расположен в горном туннеле и в настоящее время состоит из 60000 модулей, изготовленных из чередующихся слоев свинца и пленок ядерной эмульсии, в которой при взаимодействии с нейтрино рождаются каскады частиц. Продукты реакций изучаются мюонными спектрометрами. К настоящему времени в Гран-Сассо зарегистрировано около 300 ускорительных нейтрино. По мере увеличения объема детектора до 150000 модулей и дальнейшего накопления данных в эксперименте планируется с высокой точностью исследовать эффект нейтринных осцилляций: превращений мюонных нейтрино в тау-нейтрино и обратно. Эксперимент OPERA проводится международным коллективом с участием российских ученых [58], [59].

Совсем недавно нашел объяснение и доказательство парадокс солнечного нейтрино. Получены прямые экспериментальные подтверждения перехода нейтрино из одного состояния в другое (осцилляции). Оказалось, что «пропавшие» солнечные нейтрино способны изменять свой аромат. Ученые обсерватории **Sudbury Neutrino Observatory (SNO)** в Садбэри, провинция Онтарио (Канада), использовали сферу с 1000 тонн тяжелой воды на глубине около 2 км. Исследователям удалось подсчитать число солнечных электронных нейтрино и общее число нейтрино. Оказалось, что на пути к детектору нейтрино изменяли свое состояние. Если нейтрино обладают массой, то они могут менять аромат. Электронные нейтрино меняют свой аромат при движении к Земле [60], [61], [62].

Согласно современным теоретическим представлениям в земной коре при радиоактивном распаде некоторых элементов (например, урана и тория) генерируются *антинейтрино*. Из-за своего происхождения они получили название *геонейтрино*. В последние годы ученым обсерватории Камиока в Японии с помощью нейтринного детектора KamLAND удалось впервые

зарегистрировать антинейтрино, образовавшиеся при радиоактивном распаде химических элементов внутри Земли. Нейтринный детектор KamLAND представляет собой емкость диаметром 13 метров, которая содержит 1000 тонн жидкостисцинтиллятора. Подчеркнем, что сложность и точность эксперимента были очень высокими. Ученым в течение двух лет удавалось регистрировать в среднем только по одному геонейтрино в месяц [63].

В 2002 г. ученые Рэймонд Дэвис из Университета Пенсильвания (США) и Масатоши Кошиба из Университета Токио (Япония) отмечены Нобелевской премией «За изыскания в области астрофизики, в частности за обнаружение космических нейтрино» [64].

Важным шагом на пути построения модели ранней Вселенной может стать открытие гравитационных волн в случае успешного проведения международного космического эксперимента «Planck» (2008).

В 1989 г. спутник COBE (от COsmic Background Explorer – Исследователь Космического Фона), запущенный Национальным агентством по авиации и исследованию космического пространства (NASA, USA) предоставил ряд доказательств в пользу сценария происхождения Вселенной, основанного на теории Большого Взрыва. История проекта COBE является новым этапом развития современной космологии, созданной А. А. Фридманом.

Ученым удалось измерить спектр и анизотропию космического микроволнового фонового излучения (КМФИ), обнаружить космическое инфракрасное фоновое излучение. COBE доставил решающее свидетельство о том, что теория Большого Взрыва верно описывает раннюю Вселенную и показал, что ранняя Вселенная была очень однородной. Благодаря зондам COBE (1992) и WMAP (2003) удалось составить карту распределения температуры КМФИ.

Точные измерения позволили исследователям установить фундаментальный факт: космическое микроволновое фоновое излучение (КМФИ, или реликтовое излучение) имеет спектр почти идеально черного тела с температурой равной $2,725 \pm 0,001$ К и это излучение изотропно (одинаково во всех направлениях).

Как подчеркивает координатор проекта COBE Джон Мазер, «излучение интерпретируется как след чрезвычайно горячей и плотной ранней стадии эволюции Вселенной. В такой горячей и

плотной фазе рождение и уничтожение фотонов, а также установление равновесия между ними и со всеми другими формами материи и энергии происходило бы очень быстро по сравнению с характерным масштабом времени расширения Вселенной. Такое состояние произвело бы чернотельное излучение. Расширяющаяся Вселенная должна сохранять чернотельный характер этого спектра. Поэтому измерение любого значительного отклонения от идеального спектра излучения черного тела сделало бы несостоятельной всю идею Большого Взрыва» [65, с. 1278].

Перед COBE стояла также еще одна задача: поиск малых вариаций температуры в разных направлениях (это то, к чему относится термин «анизотропия»). Очень малые различия в температуре космического фонового излучения – в пределах сотысячных долей градуса – дают важный ключ к пониманию того, как возникли галактики. Вариации (изменения) температуры показывает нам, как вещество во Вселенной начало «сгущиваться». Это сгущивание необходимо, чтобы могли возникать и развиваться галактики и звезды, а, в конечном итоге, и жизнь, подобной нашей. Без этого механизма вещество приняло бы совершенно иную форму, равномерно распределяясь во Вселенной. Открытие температуры космического реликтового излучения привело к утверждению стандартной космологической модели, в которой геометрия пространства плоская (соответствует критической плотности), темная энергия и темная материя доминируют и есть лишь немного обычного вещества.

Успех COBE – итог работы огромного коллектива, включавшего более 1000 ученых, инженеров. В 2006 г. два ключевых сотрудника COBE Джон К. Мазер (NASA) [65] и Джорж Ф. Смут (Калифорнийский университет, Беркли) [66] отмечены Нобелевской премией «за открытие чернотельной формы спектра и анизотропии космического микроволнового фонового излучения» [67].

Космический проект *Planck* выполняется Европейским космическим агентством (ЕКА) и его реализация планируется на 2008 г. Предусматривается построение карт всего неба на нескольких частотах в диапазоне от 30 до 857 ГГц и измерение анизотропии реликтового излучения. Нобелевский лауреат за 2006 г. Дж. Ф. Смут оптимистически оценивает перспективы космических экспериментов, которые укажут направление и пути

философского и научного мышления в XXI веке. Он подчеркивает: «Planck превзойдет WMAP в 10 раз по чувствительности, от 2 до 3 раз по угловому разрешению и в 6 раз по частотному покрытию. Ожидается, что точное измерение РИ (реликтового излучения – Б. П.) в проекте Planck с угловым разрешением в 19' позволит ограничить физические теории на масштабе энергии свыше 10^5 ГэВ и произведет настоящую революцию в космологии» [66, с. 1314.].

Основная альтернативная теория Большого Взрыва была выдвинута в 1948 г. английскими учеными: Фредом Хойлом, – крупным специалистом в области космологии, совместно с Германом Бонди и Томми Голдом. Они предположили, что никакого Большого Взрыва не было, а нам лишь кажется, что он был. Космологи придерживались идеи устойчивого, стационарного состояния Вселенной. Согласно такому подходу Вселенная всегда была такой, как в настоящее время и будет находиться в устойчивом состоянии. Теория стационарной Вселенной предсказывает неизменность свойств Вселенной во все времена, постулирует непрерывное рождение вещества именно с той скоростью, которая необходима для поддержания повсюду во Вселенной неизменной средней плотности. На первый взгляд, кажется, что данная теория является свободной от наиболее уязвимого аспекта теории Большого Взрыва – в ней отсутствовал начальный момент рождения Вселенной. Как утверждает С. Вайнберг, данная теория на первый взгляд «кажется значительно более привлекательной с философской точки зрения. В этой теории Вселенная была почти такой же, как сейчас. В процессе ее расширения непрерывно рождается новая материя, заполняя промежутки между галактиками. В принципе, на все вопросы о том, почему Вселенная такая, какая она есть, можно ответить в этой теории, показав, что она такая, какая она есть, потому, что это единственный способ, при котором она может оставаться неизменной. *Проблемы ранней Вселенной нет, ранней Вселенной просто не было*» [11, с. 15-16].

По мере накопления информации данная теория вступила в противоречие с огромным массивом экспериментальных фактов. Приведем несколько аргументов. Первый. Речь идет прежде всего о различном возрасте небесных тел, звезд, Солнечной системы, нашей Галактики, Вселенной. Второй. Космология установила, что на далеких окраинах у самого горизонта Вселенной имеются

радиогалактики. Третий. На границе наблюдаемой Вселенной были обнаружены квазары. Четвертый. В 1965 г. теория устойчивого состояния Вселенной была окончательно опровергнута после открытия космического микроволнового фонового излучения, послужившего неопровержимым доказательством существования ранней фазы Вселенной. Сегодня теория стационарной Вселенной представляет интерес лишь с точки зрения истории развития современной космологии.

Отметим еще одно достижение в области космологии, которое явилось основой возникновения нового ее направления. Речь идет о том, что Солнце и другие звезды излучают электромагнитные волны различной длины как в видимом, так и в невидимом диапазоне. Примером могут служить рентгеновские лучи. Для изучения космического рентгеновского излучения, которое поглощается земной атмосферой, необходимо выводить телескопы в космос.

Риккардо Джиаккони (род. в Генуе, Италия, сейчас – гражданин США) сконструировал такие прецизионные, точные приборы. Ему удалось обнаружить космические источники рентгеновских лучей вне Солнечной системы. Ученый впервые обосновал и доказал, что во Вселенной существует рентгеновское фоновое излучение. Он также зарегистрировал космические рентгеновские источники, в которых, как считает значительная часть современных астрономов, находятся черные дыры. Первые рентгеновские телескопы, автором которых является Р. Джиаккони, позволили получить совершенно четкие изображения космических объектов, и тем самым положили начало *рентгеновской астрономии*. Ученому присуждена Нобелевская премия «за пионерский вклад в астрофизику, который привел к открытию космических источников рентгеновского излучения» (2002).

В чем заключается новизна данного открытия? На этот вопрос отвечает сам Р. Джиаккони. Он подчеркивает, что «рентгеновское излучение позволяет изучать астрофизические процессы, в которых вещество разогрето до температур в миллионы градусов. Рентгеновские фотоны особенно подходят для изучения таких процессов, потому что они многочисленны, свободно приходят с космологических расстояний и могут быть сфокусированы специальными телескопами. С более фундаментальной точки зрения астрономия высоких энергий важна для изучения Вселенной

потому, что высокоэнергетические явления играют решающую роль в динамике Вселенной» [68, с. 438]. И в завершении своих исследований ученый обращает внимание на то, что от начального взрыва и до образования галактик и скоплений галактик, от рождения и до смерти звезд высокоэнергетические процессы являются нормой, а не исключением в ходе эволюции Вселенной.

Выдающийся немецкий философ Иммануил Кант (1724-1804) в одном из своих первых исследований, которое называется «Всеобщая естественная история и теория неба» (1755), выдвигает гипотезу о возникновении и развитии солнечной системы из газообразной туманности. Основываясь на всемирном законе гравитации И. Ньютона (1687), делается вывод о том, что «источник образования планет нельзя искать в одном только ньютоновском притяжении». Ученый формулирует совершенно новый Принцип природы – *единство притяжения и отталкивания*. Он «объяснил великий порядок природы силой притяжения и отталкивания – двумя силами, которые одинаково достоверны, одинаково просты и вместе с тем одинаково первичны и всеобщы. На этих основаниях я естественно строю всю свою систему» [69, с. 201].

Философский труд пронизан идеей гармонии Вселенной, которая соединяет друг с другом все ее звенья, связи и параметры. Поэтому сочетание и неисчерпаемость «притягательных и отталкивательных сил» способно породить «новые мироздания», «долговечную жизнь природы», «системное устройство мироздания» [69].

И. Кант впервые раскрывает необходимость и научную значимость исторического взгляда на Вселенную, где естественное единство притяжения и отталкивания занимает центральное место в понимании природы. Новый принцип Вселенной, открытый И. Кантом, обладает высоким эвристическим потенциалом. Современные астрономические наблюдения позволили обнаружить на расстояниях в 5-8 млрд световых лет новый физический феномен – всемирное антигравитационное (антигравитация).

Антигравитационное проявляет себя как космическое отталкивание, испытываемое далекими галактиками, причем отталкивание сильнее гравитационного притяжения галактик друг к другу. По этой причине общее космологическое расширение происходит с ускорением. Антигравитационное создается не галактиками или какими-

либо другими телами природы, а неизвестной ранее формой энергии (массы), получившей название темной энергии [70]. На долю темной энергии приходится 70-80% всей энергии (массы) наблюдаемой Вселенной. На макроскопическом уровне темная энергия описывается как особого рода непрерывная среда, которая заполняет все пространство мира. Эта среда обладает положительной плотностью и отрицательным давлением. Физическая природа темной энергии и ее микроскопическая структура неизвестны – эта одна из самых острых проблем фундаментальной науки наших дней.

Вселенная эволюционирует, динамически развивается, а наука о Вселенной – космология приносит новые фундаментальные знания об окружающем нас мире.

Summary

B. Ya. Poogach. Dynamic, evolving Universe: historical and philosophical aspects.

In this article there is paid attention to philosophical and historical aspects of cognition of dynamic Universe. New discoveries, as theoretical so and experimental, are an important argument of truth and trustworthiness by A. A. Fridman's cosmological investigations. In this work there are some original author's conclusions in understanding of complicated and contradictory phenomena in Universe.

Список литературы

1. Эйнштейн А. Рецензия на книгу Р. Толмена «Относительность, термодинамика и космология» // Эйнштейн А. Собрание научных трудов. – М.: Наука, 1967. – Т. 4. – С. 197.
2. Hubble E. A Relation between Distance and radial Velocity among extra-galactic Nebulae // Proceedings of the National of Science. – 1929. – Vol. 15. – P. 165-170.
3. Ландау Л. Д., Лифшиц Е. М. Теория поля (Теоретическая физика). – М.: Физматгиз, 1962. – Т. 2. – 422 с.
4. Зельдович Я. Б., Новиков И. Д. Релятивистская астрофизика. – М.: Наука, 1967. – 654 с.
5. Базаров И. П. Термодинамика. – М.: Высш. шк., 1991. – 376 с.

6. Базаров И. П. Заблуждения и ошибки в термодинамике. – М.: Едиториал УРСС, 2003. – 120 с.
7. Гельфер Я. М. История и методология термодинамики и статистической физики. – М.: Высш. шк., 1981. – 536 с.
8. Gamov G. The Creation of the Universe. – New York: Vi King, 1951.
9. Гамов Дж. Моя мировая линия. – М.: Наука, 1994. – 304 с.
10. Еремеева А. И., Цицин Ф. А. История астрономии. – М.: Изд-во МГУ, 1989. – С. 283. – 349 с.
11. Вайнберг С. Первые три минуты. Современный взгляд на происхождение Вселенной. – М.: Энергоиздат, 1981. – 208 с.
12. Шмаонов Т. А. Методика абсолютных измерений эффективной температуры радиоизлучения с низкой эквивалентной температурой // Приборы и техника эксперимента, 1957. – №1. – С. 83-86.
13. Дорошкевич А. Г., Новиков И. Д. Средняя плотность излучения в Метагалактике и некоторые вопросы релятивистской космологии // Доклады АН СССР, 1964. – Т. 154. – № 4. – С. 809-811.
14. Пензиас А. Происхождение элементов // Успехи физических наук, 1979. – Т. 129. – Вып. 4. – С. 581-593.
15. Penzias Arno A. The Origin of the Elements: Nobel lecture. December 8, 1978.
16. Вильсон Р. Космическое микроволновое фоновое излучение // Успехи физических наук, 1979. – Т. 129. – Вып. 4. – С. 595-613.
17. Wilson Robert W. The Cosmic Microwave Background Radiation: Nobel lecture, December, 8, 1978.
18. Насельский П. Д., Новиков Д. И., Новиков И. Д. Реликтовое излучение Вселенной. – М.: Наука, 2003. – 390 с.
19. Чемберлен О., Сегре Э., Виганд К., Ипсилантис Т. Наблюдение антипротонов // Успехи физических наук, 1956. – Т. 58. – Вып. 4. – С. 685-692.
20. Линде А. Д. Физика элементарных частиц и инфляционная космология. – М.: Наука, 1990. – 280 с.

21. Розенталь И. Л. Вселенная и частицы. – М.: Знание, 1990. – 62 с.

22. Бережной Ю. А., Пугач Б. Я. Виртуальные частицы и принцип наблюдаемости // Вісник Харківського національного університету. – Х., 2000. – № 465. – Вип. 23. – С. 24-31.

23. Паркер Б. Мечта Эйнштейна. В поисках единой теории Вселенной. – СПб.: Амфора, 2000. – С. 194.

24. Зельдович Я. Б. Почему расширяется Вселенная // Природа, 1984. – № 2. – С. 66-71.

25. Зельдович Я. Б., Хлопов М. Ю. Драма идей в познании природы. – М.: Наука, 1988. – 240 с.

26. Чарап М. Дж. Объяснение Вселенной. Новая эра физики. – М.: Техносфера, 2007. – 192 с.

27. Новиков И. Д. Эволюция Вселенной. – М.: Наука, 1990. – 192 с.

28. Лінде А. Д. Самовідтворюваний інфляційний Всесвіт // Світ науки, 2001. – № 2. – С. 97-101.

29. Тарароев Я. В. Гносеологические проблемы космологии ранней Вселенной. Дис. канд. философ. наук. – Х., 2002.

30. Гордер Ю. Мир Софии. – СПб.: Амфора, 2007. – 655 с.

31. Карпенков С. Х. Концепции современного естествознания: Справочник. – М.: Высш. шк., 2004. – 632 с.

32. Саган К. Космос: Эволюция Вселенной, жизни и цивилизации. – СПб.: Амфора, 2006. – 525 с.

33. Хорган Дж. Конец науки. – СПб.: Амфора, 2001. – 479 с.

34. **Adam G. Riess, et al.** Observational Evidence from Supernovae for an Accelerating Universe and a Cosmological Constant, *Astron. J.*, 116 (1998) 1009-1038 (<http://xxx.lanl.gov/abs/astro-ph/9805201>)

35. **S. Perlmutter, et al.** Measurements of Omega and Lambda from 42 High-Redshift Supernovae, *Astrophys. J.* 517 (1999) 565-586 (<http://xxx.lanl.gov/abs/astro-ph/9812133>)

36. **S. L. Bridle et al.**, *Science*, A Preposterous Universe, 299, 1532 (2003)

<http://www.sciencemag.org/cgi/content/summary/299/5612/1532>)

37. **A. Gangui.** Precision Cosmology? Not Just Yet, *Science*, 299, 1333 (2003)

<http://www.sciencemag.org/cgi/content/summary/299/5611/1333>)

38. **K. C. Freeman.** The Hunt for Dark Matter in Galaxies, *Science*, 302, 1902 (2003)

<http://www.sciencemag.org/cgi/content/summary/302/5652/1902>)

39. Лукаш В. Н., Михеева Е. В. Темная материя: от начальных условий до образования структуры Вселенной // Успехи физических наук, 2007. – Т. 177. – № 9. – С. 1023-1028.

40. Интерактивный «калькулятор» современных оценок количества темной материи (<http://dendera.berkeley.edu/plotter/entryform.html>)

41. Обзорная статья Particle Data Group о поиске WIMP-частиц (<http://pdg.lbl.gov/2004/listings/s030.pdf>)

42. Портал NASA, посвященный зонду WMAP (<http://map.gsfc.nasa.gov>)

43. **C. L. Bennett et al.** First-Year Wilkinson Microwave Anisotropy Probe (WMAP) Observations: Preliminary Maps and Basic Results, *Astrophys. J. Suppl. Ser.*, 148, 1 (2003) (<http://arxiv.org/abs/astro-ph/0302207>)

44. **D. N. Spergel et al.** First-Year Wilkinson Microwave Anisotropy Probe (WMAP) Observations: Determination of Cosmological Parameters, *Astrophys. J. Suppl. Ser.*, 148, 175 (2003) (<http://arxiv.org/abs/astro-ph/0302209>)

45. **M. R.olta et al.** First-Year Wilkinson Microwave Anisotropy Probe (WMAP) Observations: Dark Energy Induced Correlation with Radio Sources, *Astrophys. J. Suppl. Ser.*, 608, 10-15 (2004) (<http://arxiv.org/abs/astro-ph/0305097>)

46. Волков А. В. Тайны открытий XX века. – М.: Вече, 2006. – 448 с.

47. **M. Tegmark et al.** The 3D Power Spectrum of Galaxies from the SDSS, *Astrophys. J.*, 606, 702-740 (2004) (<http://arxiv.org/abs/astro-ph/0310725>)

48. **J. L. Tonry et al.** Cosmological Results from High-z Supernovae, *Astrophys. J.*, 594, 1 (2003) (<http://arxiv.org/abs/astro-ph/0305008>)

49. **A. V. Filippenko.** The Accelerating Universe and Dark Energy: Evidence from Type Ia Supernovae, *Lect. Notes Phys.*, 646, 191 (2004) (<http://arxiv.org/abs/astro-ph/0309739>)

50. Evolving dark Energy? *Cosmic Variance* (<http://cosmicvariance.com/2006/01/11/evolving-dark-energy>)

51. **O. Bertolami, P. T. Silva.** Gamma Ray Bursts as Cosmological Probes, XV Encontro Nacional De Astronomia e Astrofisica, Lisbon, Portugal, 28-30 July 2005 (<http://arxiv.org/abs/astro-ph/0601507>)

52. Космический телескоп Dark Energy Physics Telescope (<http://destiny.asu.edu>)

53. Миссия SNAP (<http://snap.lbl.gov>)

54. Большой синоптический телескоп Large Synoptic Space Telescope (http://www.lsst.org/lst_home.shtml)

55. Дэвис Р. Полвека с солнечным нейтрино // Успехи физических наук, 2004. – Т. 174. – С. 408-417.

56. Кошиба М. Рождение нейтринной астрофизики // Успехи физических наук, 2004. – Т. 174. – С. 418-426.

57. Уайтхаус Д. Биография Солнца. – М.: Эксмо, 2008. – 368 с.

58. Электронный ресурс: <http://www.infn.it/news/newsen.php?id=441>

59. Беттини А. Физика за пределами стандартной модели. Эксперименты в лаборатории Гран-Сассо // Успехи физических наук, 2002. – Т. 172. – № 3. – С. 332.

60. **Y. Fukuda et al.** Evidence for Oscillation of Atmospheric Neutrinos, *Phys. Rev. Lett.*, 81, 1562 (1988) (<http://arxiv.org/abs/hep-ex/9807003>)

61. **SNO Collaboration.** Direct Evidence for Neutrino Flavor Transformations from Neutral-Current Interactions in the Sudbury Neutrino Observatory, *Phys. Rev. Lett.*, 89, 011301 (2002) (<http://arxiv.org/abs/nucl-ex/0204008>)

62. **SNO Collaboration.** Measurement of Day and Night Neutrino Energy Spectra at SNO and Constraints on Neutrino Mixing Parameters, *Phys. Rev. Lett.*, 89, 011302 (2002) (<http://arxiv.org/abs/nucl-ex/0204009>)

63. **KamLAND Collaboration.** Experimental investigation of geologically produced antineutrinos with KamLAND, *Nature*, 436, 499-503 (2005) (<http://www.nature.com/nature/journal/v436/n7050/abs/nature03980.html>)

64. Речь по поводу вручения Нобелевской премии по физике за 2002 г. (http://nobelprize.org/nobel_prizes/physics/laureates/2002/presentation-speech.html)

65. Мазер Дж. К. От Большого Взрыва до Нобелевской премии // Успехи физических наук, 2007. – Т. 177. – № 12. – С. 1278-1293.

66. Смут Дж.Ф. Анизотропия реликтового излучения: открытие и научное значение// Успехи физических наук, 2007. – Т. 177. – № 12. – С. 1294-1317.

67. Электронный ресурс:
http://nobelprize.org/nobel_prizes/physics/laureates/2006/index.html

68. Джаакони Р. У истоков рентгеновской астрономии // Успехи физических наук, 2004. – Т. 174. – № 4. – С. 427-438.

69. Кант И. Всеобщая естественная история и теория неба // Кант И. Сочинения. – М.: Мысль, 1963. – Т. 1. – С. 115-262.

70. Чернин А. Д. Темная энергия и всемирное антитяготение // Успехи физических наук, 2008. – Т. 178. – № 3. – С. 267-300.