**Введение**

Издавна человеческая мысль пытается разрешить проблему происхождения нашего мира, возникновения и дальнейшей судьбы вселенной. Этот вопрос относится к числу вечных вопросов, и, наверное, никогда не перестанет волновать умы людей. В разные времена предлагались и различные решения указанной проблемы. Согласно одним из них, мир был сотворен и когда-то начал свое существование; согласно другим – мир вечен и не имеет начала. Известны и такие точки зрения, согласно которым вселенная периодически возникает и уничтожается.

**Происхождение и эволюция Вселенной**

Вселенная возникла примерно 20 млрд. лет тому назад из некоего плотного и горячего протовещества. Сегодня можно только предполагать, каким было это прародительское вещество Вселенной, как оно образовалось, каким законам подчинялось, и что за процессы привели его к расширению. Существует точка зрения, что с самого начала протовещество с гигантской скоростью начало расширяться. На начальной стадии это плотное вещество разлеталось, разбегалось во всех направлениях и представляло собой однородную бурлящую смесь неустойчивых, постоянно распадающихся при столкновениях частиц. Остывая и взаимодействуя на протяжении миллионов лет, вся эта масса рассеянного в пространстве вещества концентрировалась в большие и малые газовые образования, которые в течение сотен миллионов лет, сближаясь и сливаясь, превращались в громадные комплексы. В них в свою очередь возникали более плотные участки – там впоследствии и образовались звезды и даже целые галактики. В результате гравитационной нестабильности в разных зонах образовавшихся галактик могут сформироваться плотные «протозвездные образования» с массами, близкими к массе Солнца. Начавшийся процесс сжатия будет ускоряться под влиянием собственного поля тяготения. Процесс этот сопровождает свободное падение частиц облака к его центру – происходит гравитационное сжатие. В центре облака образуется уплотнение, состоящее из молекулярного водорода и гелия. Возрастание плотности и температуры в центре приводит к распаду молекул на атомы, ионизации атомов и образованию плотного ядра протозвезды. Существует гипотеза о цикличности состояния Вселенной. Возникнув когда-то из сверхплотного сгустка материи. Вселенная, возможно, уже в первом цикле породила внутри себя миллиарды звездных систем и планет. Но затем неизбежно Вселенная начинает стремиться к тому состоянию, с которого началась история цикла, красное смещение сменяется фиолетовым, радиус Вселенной постепенно уменьшается и в конце концов вещество Вселенной возвращается в первоначальное сверхплотное состояние, по пути к нему безжалостно уничтожив всяческую жизнь. И так повторяется каждый раз, в каждом цикле на протяжении вечности! К началу 30-х годов сложилось мнение, что главные составляющие Вселенной – галактики, каждая из которых в среднем состоит из 100 млрд. звезд. Солнце вместе с планетной системой входит в нашу Галактику, основную массу звезд которой мы наблюдаем в форме Млечного Пути. Кроме звезд и планет. Галактика содержит значительное количество разреженных газов и космической пыли. Конечна или бесконечна Вселенная, какая у нее геометрия – эти и многие другие вопросы связаны с эволюцией Вселенной, в частности с наблюдаемым расширением. Если, как это считают в настоящее время, скорость «разлета» галактик увеличится на 75 км/с на каждый миллион парсек, то экстраполяция к прошлому приводит к удивительному результату: примерно 10–20 млрд. лет назад вся Вселенная была сосредоточена в очень маленькой области. Многие ученые считают, что в то время плотность Вселенной была такая же, как у атомного ядра. Проще говоря, Вселенная тогда представляла собой одну гигантскую «ядерную каплю». По каким-то причинам эта «капля» пришла в неустойчивое состояние и взорвалась. Последствия этого взрыва мы наблюдаем сейчас как системы галактик. Самый серьезный удар по незыблемости Вселенной был нанесен результатами измерений скоростей удаления галактик, полученными известным американским ученым Э. Хабблом. Он установил, что любая галактика удаляется от нас в среднем со скоростью, пропорциональной расстоянию до нее. Это открытие окончательно разрушило существовавшее со времен Аристотеля представление о статичной, незыблемой Вселенной, уже, впрочем, пошатнувшееся в связи с открытием эволюции звезд. Значит, галактики вовсе не являются космическими фонарями, подвешенными на одинаковых расстояниях друг от друга, и, более того, раз они удаляются, то когда-то в прошлом они должны были быть ближе к нам. Около 20 млрд. лет тому назад все галактики, судя по всему, были сосредоточены в одной точке, из которой началось стремительное расширение Вселенной до современных размеров. Но где же находится эта точка? Ответ: нигде и в то же время повсюду; указать ее местоположение невозможно, это противоречило бы основному принципу космологии. Еще одно сравнение, возможно, поможет понять это утверждение. Согласно общей теории относительности, присутствие вещества в пространстве приводит к его искривлению. При наличии достаточного количества вещества можно построить модель искривленного пространства. Передвигаясь по земле в одном направлении, мы в конце концов, пройдя 40000 км, должны вернуться в исходную точку. В искривленной Вселенной случится то же самое, но спустя 40 млрд. световых лет; кроме того, «роза ветров» не ограничивается четырьмя частями света, а включает направления также вверх-вниз. Итак, Вселенная напоминает надувной шарик, на котором нарисованы галактики и, как на глобусе, нанесены параллели и меридианы для определения положения точек; но в случае Вселенной для определения положения галактик необходимо использовать не два, а три измерения. Расширение Вселенной напоминает процесс надувания этого шарика: взаимное расположение различных объектов на его поверхности не меняется, на шарике нет выделенных точек. Чтобы оценить полное количество вещества во Вселенной, нужно просто подсчитать все галактики вокруг нас. Поступая, таким образом, мы получим вещества меньше, чем необходимо, чтобы, согласно Эйнштейну, замкнуть, «воздушный шарик» Вселенной. Существуют модели открытой Вселенной, математическая трактовка которых столь же проста и которые объясняют нехватку вещества. С другой стороны, может оказаться, что во Вселенной имеется не только вещество в виде галактик, но и невидимое вещество в количестве, необходимом, чтобы Вселенная была замкнута; полемика по этому поводу до сих пор не затихает.

**Креативная роль физического вакуума**

Произнося слово «вакуум», мы обычно представляем себе чрезвычайно разреженную среду, которую либо исследуют в специальных лабораториях, либо наблюдают в космическом пространстве. Однако вакуум это не пустота, а нечто совершенно иное: особое, ненаблюдаемое в повседневной жизни состояние материи, называемое физическим вакуумом.

Обычных (реальных) частиц в пустом объеме, конечно, нет, но квантовая теория предсказывает существование множества других частиц, называемых виртуальными. Такие частицы способны при определенных условиях превращаться в реальные.

Время жизни для частиц с массой me около с. Эта величина очень мала и говорит они не столько о «жизни», сколько о кратковременном всплеске жизни весьма странных частиц и связанных с ними полей.



Итак, море ненаблюдаемых частиц, готовых при определенных условиях превратиться в обычное.

Состояние физического вакуума можно охарактеризовать наименьшим значением энергии таких квантовых полей, как скалярное поле, которое должно существовать в вакууме. Этому полю ставится в соответствие гипотетическая частица хиггс (по имени ученого Хиггса, ее предложившего), которая является примером сверхтяжелого бозона, масса которого, возможно, в раз больше массы протона. Такие частицы могут рождаться при температуре K. Существуют проекты огромных ускорителей, где, наблюдая взаимодействие частиц, ученые надеются подтвердить реальность существования хиггсов.



Один из проектов американские инженеры и физики планируют осуществить в конце века. Это будет очень мощный ускоритель на встречных пучках, причем для уменьшения потребляемой энергии в кольцевой установке с длиной окружности 84 км будут использованы сверхпроводящие магниты. Будущий ускоритель назван сверхпроводящим суперколлайдером SSC.

Одно из удивительных свойств физического вакуума связано с тем, что он создает отрицательное давление и, стало быть, сможет оказаться источником сил отталкивания в природе. Это свойство играет исключительно важную роль в сценарии «раздувающейся Вселенной».

**Парадоксы стационарной Вселенной**

В 1744 г. швейцарский астроном Жан Филипп де Шезо открыл фотометрический парадокс, связанный с предполагаемой бесконечностью вселенной. Суть его в следующем: если в бесконечной вселенной бесчисленное множество звезд, то по любому направлению взгляд земного наблюдателя непременно наталкивался бы на какую-нибудь звезду, и тогда небосвод имел бы яркость сравнимую с яркостью солнца, чего в действительности не наблюдается. В 1826 г. немецкий астроном Генрих Ольберс независимым путем пришел к тем же выводам. С тех пор фотометрический парадокс носит имя парадокса Шезо-Ольберса. Ученые пытались различными путями устранить указанный парадокс, предполагая неравномерность расположения звезд или поглощение света газопылевыми межзвездными облаками, как это пытались сделать Шезо и Ольберс. Однако, как было позже показано, газопылевые облака должны были нагреться и сами переизлучать поглощенные лучи, и этот факт не позволял избежать фотометрического парадокса.

В 1895 г. немецкий астроном Хуго Зеелигер открыл гравитационный парадокс, также связанный с предполагаемой бесконечностью вселенной. Суть его такова: если в бесконечной вселенной бесчисленное множество равномерно распределенных звезд (масс), то сила тяготения их, действующая на любое тело, становится или бесконечно большой или неопределенной (в зависимости от способа расчета), чего не наблюдается. И в этом случае предпринимались попытки избежать гравитационного парадокса, предполагая в законе тяготения другую формулу для гравитационной силы, или, считая, что плотность масс во вселенной близка к нулю. Но точные наблюдения за движением планет солнечной системы опровергли эти предположения. Парадокс оставался в силе.

В 1865 г. немецкий физик Рудольф Клаузиус на базе открытого им второго начала термодинамики обнаружил термодинамический парадокс, связанный с предполагаемой вечностью вселенной. Суть его состоит в том, что за бесконечное время вселенная должна была достигнуть состояния теплового равновесия с максимумом энтропии, когда световая энергия звезд перейдет в теплоту. Это эквивалентно «тепловой смерти» вселенной, когда все звезды погаснут, и никакие процессы в мире уже не могут происходить. Термодинамический парадокс пытался опровергнуть Людвиг Больцман, предполагая, что Земля и весь видимый космос – это маловероятная флюктуация от обычного состояния остальной бесконечной и вечной вселенной, пребывающей в тепловой смерти. Внутри этой флюктуации возможны наблюдаемые нами активные процессы.

Во вселенной, ограниченной в пространстве и имеющей начало во времени, сотворенной или нестационарной расширяющейся, устраняются все три космологических парадокса.

**Основные положения теории относительности Эйнштейна**

Частная теория относительности – это основа физического учения о пространстве, времени и движении. В её рамках пространство и время удается объединить. Частная теория относительности позволяет в самом общем виде и весьма простыми средствами представить физическое учение о движении как проявление геометрии пространства-времени. Частная теория относительности изучает свойства пространства-времени, «справедливые с той точностью, с какой можно пренебрегать действием тяготения», то есть специальная теория рассматривает инерциальные системы отсчета.

## Инерциальной называется система отсчета, в которой справедлив закон инерции: материальная точка, когда на нее не действуют никакие силы (или действуют силы взаимно уравновешенные), находится в состоянии покоя или равномерного прямолинейного движения. Всякая система отсчета, движущаяся по отношению к ней поступательно, равномерно и прямолинейно, есть также инерциальная.

В основе теории относительности лежат два положения: принцип относительности, означающий равноправие всех инерциальных систем отсчета («все системы отсчета одинаковы и нет какой-либо одной, имеющей преимущество перед другими»), и закон распространения света постоянство скорости света в вакууме, ее независимость от скорости движения источника света.

Эти два постулата определяют формулы перехода от одной инерциальной системы отсчета к другой – это преобразования Лоренца (преобразования описывают связь между координатами и временем конкретного события в двух различных инерциальных системах отсчета):

,



где с-параметр преобразования, имеющий смысл предельной скорости движения и, соответственно, равный скорости света в вакууме.

Характерно, что при таких переходах изменяются не только пространственные координаты, но и моменты времени (относительность времени). Из преобразований Лоренца получаются основные эффекты специальной теории относительности:

* существование предельной скорости передачи любых взаимодействий – максимальной скорости, до которой можно ускорить тело, совпадающей со скоростью света в вакууме;
* относительность одновременности (события, одновременные в одной инерциальной системе отсчета, в общем случае не одновременны в другой);
* замедление течения времени в быстро движущемся теле и сокращение продольных – в направлении движения – размеров тел («Время в системе координат, движущейся со скоростями, близкими к скорости света, относительно наблюдателя растягивается, а пространственная протяженность (длина) объектов вдоль оси направления движения – напротив, сжимается»).

Все эти закономерности теории относительности надежно подтверждены на опыте.

**Нестационарная Вселенная Фридмана**

Первые принципиально новые революционные космологические следствия общей теории относительности раскрыл выдающийся советский математик и физик-теоретик Александр Александрович Фридман (1888–1925). Основными уравнениями общей теории относительности являются «мировые уравнения» Эйнштейна, которые описывают геометрические свойства, или метрику, четырехмерного искривленного пространства – времени. Решение их позволяет в принципе построить математическую модель Вселенной. Первую такую попытку предпринял сам Эйнштейн. Считая радиус кривизны пространства постоянным (т.е. исходя из предположения о стационарности Вселенной в целом, что представлялось наиболее разумным), он пришел к выводу, что Вселенная должна быть пространственно конечной и иметь форму четырехмерного цилиндра. В 1922–1924 гг. Фридман выступил с критикой выводов Эйнштейна. Он показал необоснованность его исходного постулата – о стационарности, неизменности во времени Вселенной. Проанализировав мировые уравнения, Фридман пришел к заключению, что их решение ни при каких условиях не может быть однозначным и не может дать ответа на вопрос о форме Вселенной, ее конечности или бесконечности. Исходя из противоположного постулата – о возможном изменении радиуса кривизны мирового пространства во времени, Фридман нашел нестационарные решения «мировых уравнений». В качестве примера таких решений он построил три возможные модели Вселенной. В двух из них радиус кривизны пространства монотонно растет, и Вселенная расширяется (в одной модели – из точки, в другой – начиная с некоторого конечного объема). Третья модель рисовала картину пульсирующей Вселенной с периодически меняющимся радиусом кривизны. Встретив сначала решения Фридмана с большим недоверием, Эйнштейн затем убедился в его правоте и согласился с критикой молодого физика. Две первые модели Вселенной Фридмана уже вскоре нашли удивительно точное подтверждение в непосредственных наблюдениях движений далеких галактик – в так называемом эффекте «красного смещения» в их спектрах. Он свидетельствует о взаимном удалении всех достаточно далеких друг от друга галактик и их скоплений. Если обратить картину во времени, то это приводит к заключению о существовании «начала» обнаруженного общего расширения пространства Вселенной! Такие выводы и были сделаны уже в конце 20-х годов бельгийским астрономом аббатом Ж. Леметром (о расширении Вселенной из точки, из «атома-отца») и А. Эддингтоном (предположившим, что расширение началось от состояния плотного сгустка конечных размеров). Все это ломало привычные, тысячелетиями складывавшиеся представления, прежде всего о «вечности» Вселенной, поскольку она отождествлялась со «всей существующей материей».

В ходе споров, с одной стороны, постепенно уточнялись и усложнялись сами фундаментальные понятия, фигурирующие в космологии: конечность и ограниченность, бесконечность и безграничность, наконец, неоднозначность таких понятий, как «вся Вселенная», «Вселенная в целом», неправомерность отождествления таких понятий, как «Вселенная» и «Метагалактика». С другой стороны, наблюдения подтвердили факт расширения всей наблюдаемой области Вселенной. Большинство современных космологов понимают это расширение, как расширение действительно всей мыслимой и существующей Вселенной… К сожалению, ранняя смерть не позволила гениальному теоретику Вселенной А.А. Фридману, идеи которого более полувека направляют мысль космологов, самому принять участие в дальнейшем революционном развитии процесса обновления космологической картины мира. Опыт истории развития знаний о мире подсказывает, однако, что и современная релятивистская космологическая картина мира, будучи результатом экстраполяции на все мыслимое «целое» знаний об ограниченной части Вселенной, неизбежно неточна. Поэтому можно думать, что она скорее отражает свойства ограниченной части Вселенной (которую и можно назвать Метагалактикой), причем, возможно, лишь один из этапов ее развития (что допускает релятивистская космология и что может проясниться с уточнением средней плотности материи в Метагалактике). В настоящее время, однако, в этом пункте картина мира остается неопределенной.

**Закон Хаббла**

Закон Хаббла (закон всеобщего разбегания галактик) – эмпирический закон, связывающий красное смещение галактик и расстояние до них линейным образом:

c z = D H0,

где z – красное смещение галактики, D – расстояние до нее, H0 – коэффициент пропорциональности, называемый постоянная Хаббла. При малом значении z

c z = Vr,

где Vr – скорость галактики вдоль луча зрения наблюдателя, и закон принимает классический вид:

.



С помощью этого закона можно рассчитать так называемый Хаббловский возраст Вселенной (в предположении, что «разбегание» галактик действительное):

;



этот возраст с точностью до множителя 2 соответствует возрасту Вселенной, рассчитываемому по стандартной космологической модели Фридмана.

Закон Хаббла установлен экспериментально Э. Хабблом в 1929 для галактик с помощью 100» телескопа, который разрешает ближайшие галактики на звезды. Среди них были цефеиды, используя зависимость «период-светимость» которых, Хаббл измерил расстояние до них, а также красное смещение. Полученный Хабблом коэффициент пропорциональности составлял около 500 км/с на мегапарсек. Современное значение составляет 74,2 ± 3,6 км/с на мегапарсек. Столь существенную разницу обеспечивают два фактора: отсутствие поправки нуль-пункта зависимости «период-светимость» на поглощение (которое тогда ещё не было открыто) и существенный вклад собственных скоростей в общую скорость для местной группы галактик.

**«Горячая» Вселенная Гамова**

На основании первых наблюдений преобладания красных смещений в спектрах далеких галактик, еще до установления линейного закона «красного смещения» (закон Хаббла, 1929 г.) бельгийский астроном Ж. Леметр, независимо от А.А. Фридмана, выдвинул в 1927 г. свою знаменитую идею возникновения Вселенной из одного «атома-отца» и ее расширения. В такой форме гипотеза была весьма удобной для религиозного истолкования природы и встретила, поэтому резко критическое отношение со стороны философов-материалистов. В 30-е годы концепция Леметра была развита Эддингтоном (стоявшим на позициях Эйнштейна) как модель расширения Вселенной из первоначального плотного сгустка обычного вещества. Тогда же Милн, опираясь на собственную «кинематическую теорию относительности», дал свою интерпретацию разбегания галактик как результата взрыва сверхплотного сгустка некой особой «первичной» материи, из которой «на ходу» формировались затем звезды, галактики, планеты. Но формирование более конкретной физически разработанной эволюционной космолого-космогонической модели расширяющейся Вселенной, получившей название теории «Big Bang» (Большого Взрыва), связано в первую очередь с именем одного из крупнейших ученых современности, американского физика русского происхождения Джорджа (Георгия Антоновича) Гамова (1904–1968). Он был специалистом по атомной и ядерной физике, но внес фундаментальный вклад и в астрофизику и, кроме того, в генетику. Одним из первых он использовал успехи ядерной физики, включая свои собственные результаты, для решения проблемы источников внутризвездной энергии и для развития теории эволюции звезд. Дж. Гамов построил первую ядерную теорию эволюции звезд. В 1939 г. он предложил нейтринную теорию сверхновых звезд. Совместно с М. Шенбергом в 1940–1941 гг. он раскрыл существенные стороны ядерного механизма взрывов сверхновых, указав на большую роль в этом процессе нейтрино. В 1942 г. Гамов построил детальную теорию эволюции наиболее крупных звезд – красных гигантов. Но для формирования современной астрономической картины мира наиболее значительным его вкладом стала выдвинутая им в 1946 г. и развитая впоследствии вместе со своими учениками теория Большого Взрыва. Согласно этой теории, конкретизировавшей на материале ядерной физики идеи расширяющейся Вселенной Фридмана – Леметра, вся современная наблюдаемая нами Вселенная представляет собою результат катастрофического взрыва материи, находившейся до того в чудовищно сжатом сверх-сверхплотном состоянии, недоступном пока для понимания и описания в рамках современной физики. Начавшееся при этом «взрыве» расширение материн, вернее, чудовищно быстрый вначале разлет ее в форме неразделимой смеси – высокотемпературного излучения и вещества – элементарных частиц, обладавших релятивистскими скоростями, наблюдается и в наши дни в виде эффекта хаббловского линейно-изотропного «расширения Вселенной» или «красного смещения».

Совместно со своими учениками и сотрудниками – физиками Р. Альфером и Р. Германом, Дж. Гамов в 1948 г. развил теорию образования в ранней Вселенной химических элементов тяжелее водорода в результате ядерного синтеза (теория нейтронного захвата), происходившего, уже в начальный период расширения и остывания горячего «начального» вещества, за которое они принимали сначала нейтроны. Предполагалось, что их распад (на протоны и электроны) и дальнейшие комбинации получавшихся частиц обеспечили формирование современного химического состава Вселенной, в котором главное место занимает водород (70–80%), но дальнейшие наблюдения заставили астрофизиков допустить, что часть гелия образовалась уже на ранней, дозвездной стадии расширения Вселенной, а доступное пониманию начальное вещество Вселенной состояло из равного числа нейтронов и протонов. Огромное обилие водорода в наблюдаемой Вселенной заставляет предположить, что в начальной фазе ее расширения она была заполнена главным образом высокотемпературным излучением (фотонами), хотя уже содержала и некоторое число частиц и античастиц. После их взаимной аннигиляции остался некий избыток (имевшийся изначально) частиц – тяжелых (барионов: нейтронов и протонов) и легких (лептонов: электронов и нейтрино). Это исходное соотношение между числом фотонов, нейтрино, барпонов и электронов сохраняется и в современной Вселенной. По наблюдаемому обилию легких элементов (Н и Не) оно было оценено Альфером и Германом как 109:10:1:1. Из наблюдаемой плотности в Космосе ядерных, тяжелых частиц Гамов, Альфер и Герман предсказали в 1948 г., что в современной Вселенной это остывшее первичное излучение должно наблюдаться как тепловое, соответствующее температуре около 5 К, т.е. с максимумом в сантиметровом диапазоне радиоволн. В 50-е годы ряд обстоятельств помешал группе Гамова продолжить эти исследования, а главное – осуществить проверку теории наблюдением – поисками остаточного излучения. Развитию теории препятствовали и недостаток наблюдательных сведений о распространенности различных химических элементов во Вселенной, и – главное – общее скептическое отношение «серьезных» астрофизиков и многих физиков тех лет к возможности самой постановки, а тем более решения столь фантастической проблемы, как начало истории всей Вселенной в целом! Проверить же предсказание о сохранившемся первичном тепловом радиоизлучении с современной температурой около 5К специалистам радиофизикам представлялось невозможным: все были уверены, что такой слабый сигнал нельзя выделить, по крайней мере, с имевшейся аппаратурой, из общего радиошума – радиоизлучения звезд, галактик, межзвездной среды. Полтора десятка лет концепция Большого Взрыва оставалась курьезом, игрой ума немногих физиков и космологов. Проблема холодного или горячего начального состояния современной Вселенной вызывала уже острые дискуссии, и сама становилась «горячим», дискуссионным элементом в астрономической картине мира. В результате американский радиофизик Дикке даже начал подготовку к наблюдательной проверке концепции Большого Взрыва… Поэтому, когда в 1964 г. американские радиоинженеры, не слыхавшие о теории Гамова, А. Пензиас и Р. Уилсон при испытании рупорной антенны для наблюдения американского спутника «Эхо» открыли случайно существование микроволнового (на волне 7,35 см) космического радиошума, не зависящего от направления антенны, это открытие сразу же попало в центр внимания американских астрофизиков – космологов Дикке, Пиблса и др. Последние сразу поняли, что речь идет о предсказанном группой Гамова первичном остаточном радиоизлучении и что теория горячей Вселенной получила важнейшее наблюдательное подтверждение. Это величайшее в астрономии XX в. открытие, по существу, коллективное и в значительной степени ставшее результатом созревшей для его восприятия научной атмосферы, или картины мира, сделало достоверным фактом, по меньшей мере, то, что у нашей Вселенной (Метагалактики) имелась ее ранняя история, т.е. что она действительно эволюционирует.

## Этапы эволюции горячей Вселенной, неоднозначность сценария. Антропный принцип

Космология – раздел астрофизики, изучающий строение и эволюцию Вселенной в целом. Современная космология возникла в начале XX века. Данные астрофизических наблюдений показывают, что крупнейшими структурными единицами Вселенной являются большие скопления и сверхскопления галактик. Их размеры достигают десятков миллионов парсек. В еще больших масштабах (сотни мегапарсек) вещество во Вселенной распределено однородно.

Эйнштейн построил на основе своей теории космологическую модель статичной Вселенной. Исходной гипотезой было предположение о том, что Вселенная однородна и изотропна.

В 1922 г. А.А. Фридман доказал, что статичный мир Эйнштейна всего лишь частный случай решения уравнений ОТО. В общем же случае эти уравнения приводят не к статичным моделям, а к моделям, зависящим от времени. Однородная и изотропная Вселенная должна эволюционировать, т.е. непрерывно изменяться со временем.

В конце 20-х гг. Э. Хаббл установил, что галактики удаляются друг от друга. Это означает, что Вселенная расширяется.

Будет ли расширение Вселенной неограниченно продолжаться в будущем? Расширение тормозится силами тяготения. Тяготение определяется средней плотностью вещества во Вселенной. Критическое значение плотности, при котором расширение в будущем сменится сжатием, равно . Средняя плотность по данным наблюдений ниже критической раз в десять. Следовательно, Вселенная должна расширяться все время.



Однако во Вселенной, возможно, имеется много невидимого вещества, и средняя плотность может быть близка критической.

Поскольку наблюдения показывают, что галактики удаляются друг от друга, значит, в прошлом они были расположены теснее, а еще ранее не могло быть отдельных галактик и вообще отдельных небесных тел. Вещество было распределено почти равномерно, а плотность его была очень большой. Вселенная начала расширяться млрд. лет назад. При этом центра расширения не было. Все точки во Вселенной равноправны. Что было до начала расширения Вселенной, пока до конца не выяснено, так как при очень больших плотностях материи вступают в действие еще не известные нам законы природы.



В настоящее время большинство исследователей считают, что в начале расширения Вселенной материя была очень плотной и очень горячей – теория горячей Вселенной. Согласно этой теории Вселенная напоминала гигантский ускоритель «элементарных» частиц. Началом работы этого ускорителя частиц был Большой Взрыв, следствием которого является наблюдаемый в настоящий момент разлет галактик и их скоплений. В отличие от обычного взрыва астрономический взрыв произошел сразу во всем существовавшем тогда пространстве. Пока мало что известно о том, что происходило в первую секунду после начала расширения и еще меньше о том, что было до начала расширения. Общая схема последующей эволюции Вселенной представляется следующим образом: эра адронов длилась примерно от Атомов не было, но существовали нуклоны (протоны и нейтроны), мюоны, электроны и нейтрино различных типов (электронные, мюонные, тау-нейтрино), а также античастицы и электромагнитное излучение (фотоны), которое находилось в термодинамическом равновесии с веществом. Число частиц и античастиц вещества в единице объема было равно числу находящихся там же фотонов.



Главным событием адронной эры был процесс аннигиляции нуклонов и антинуклонов (адронов). Нуклонов было несколько больше, чем антинуклонов, поэтому часть вещества осталась в качестве строительного материала для ядер будущих атомов.

Эра лептонов длилась примерно от Температура уменьшилась до K, а плотность стала равной Лептоны аннигилировали: мюон-антимюон, электрон-позитрон с образованием нейтрино. В результате, качественно изменился состав плазмы и приобрели самостоятельность нейтрино, которые с этого момента перестали участвовать во взаимодействиях. После аннигиляции тяжелых частиц их энергия перешла к более легким частицам и тратилась на нагрев излучения, а после аннигиляции легких частиц освободившаяся энергия стала расходоваться в основном на повышение температуры излучения. В конце лептонной эры произошло образование ядер гелия путем слияния протонов и нейтронов, которых стало около 25%, остальная плазма (75%) состояла из ядер водорода.



Эра радиации длилась от t=10 с до примерно 300 000 лет. К концу этой эры плотность стала равной а температура уменьшилась до 3000K. Одно из важнейших событий – отрыв излучения от вещества: присоединение электронов к протонам стало преобладать над отрывом электронов от протонов. В результате среда стала прозрачной для излучения.



Эра вещества длится до сих пор. После отрыва излучения от вещества наша Вселенная довольно спокойно расширялась, а главные события, происходившие в ней, были связаны с рождением галактик, звезд и планет.

Возраст Солнечной системы около 4,6 млрд. лет. Возраст самых старых звезд близок возрасту нашей и других галактик – 10–15 млрд. лет. В прошлом далекие внегалактические радиоисточники излучали больше, чем сейчас. Распространенность химических элементов близка к соотношению, которое возникло во времена первичного термоядерного синтеза, но главным подтверждением теории «горячей Вселенной» считается открытие реликтового излучения. После «отрыва» излучения от вещества и последующего расширения Вселенной температура излучения падала, но его характер (спектр) сохранился до наших дней, напоминая о далекой молодости Метагалактики. Вот поэтому астрофизик И.С. Шкловский предложил назвать это излучение реликтовым. А. Пензиас и Р. Вильсон получили в 1978 году Нобелевскую премию за открытие этого излучения (1965).

Не все ученые согласны с идеей Большого Взрыва. К их числу относятся такие известные астрофизики, как Х. Альвен (Швеция), Д. Нарликар (Индия) и др. Со времен Коперника люди стали понимать, что наша планета и ее обитатели не занимают какого-либо привилегированного положения в Солнечной системе, Галактике и Метагалактике. Однако мы обитаем в наиболее удобной для этого области Солнечной системы и Галактики, а фундаментальные свойства Вселенной удивительно «подстроены» под тот жесткий набор требований, без которого не могли бы возникнуть ни галактики, ни звезды, ни планеты, ни жизнь и разум во Вселенной.

Мы живем в эволюционирующей Вселенной. Появление жизни и разума в нашей Вселенной стало возможным на определенном этапе ее эволюции. Если бы эволюция космический материи происходила несколько иначе, то не было бы ни наблюдаемой структуры Вселенной, ни нас как наблюдателей.

По существу, в современной космологии появился новый взгляд на Вселенную, новый принцип. Согласно известному ранее космологическому принципу, Вселенная выглядит почти одинаково из любой точки пространства (идеальный принцип требует, чтобы Вселенная выглядела совершенно одинаково и в любой момент времени). Теперь же к этому принципу добавляется новый – его называют *антропным принципом*. Сформулировать его можно разным способом, например: это принцип отбора только тех начальных условий (из всех имеющихся на ранней стадии Вселенной), которые совместимы с существованием разумной жизни.

Антропный принцип не есть новый фундаментальный физический закон. Принцип вообще не эквивалентен закону, а представляет собой один из уровней философского основания науки.

**Реликтовое излучение Вселенной**

*Реликтовое излучение*–космическое электромагнитное излучение с высокой степенью изотропности и со спектром, характерным для абсолютно черного тела с температурой ≈ 2,725*K*. Реликтовое излучение было предсказано Г. Гамовым, Р. Альфером и Р. Германом в 1948 году на основе созданной ими первой теории Большого взрыва. Альфер и Герман смогли установить, что температура реликтового излучения должна составлять 5*K*, а Гамов дал предсказание в 3*K*. Хотя некоторые оценки температуры пространства существовали и до этого, они обладали несколькими недостатками. Во-первых, это были измерения лишь эффективной температуры пространства, не предполагалось, что спектр излучения подчиняется закону Планка. Во-вторых, они были зависимы от нашего особого расположения на краю Галактики и не предполагали, что излучение изотропно. Более того, они бы дали совершенно другие результаты, если бы Земля находилась где-либо в другом месте Вселенной. Ни сам Г. Гамов, ни многие его последователи не ставили вопрос об экспериментальном обнаружении реликтового излучения. По видимому, они считали, что это излучение не может быть обнаружено, так как оно «тонет» в потоках энергии, приносимых на землю излучением звезд и космических лучей.

Возможность обнаружения реликтового излучения на фоне излучения галактик и звезд в области сантиметровых радиоволн была обоснована расчетами А.Г. Дорошкевича и И.Д. Новикова, выполненными по предложению Я.Б. Зельдовича в 1964 г., т.е. за год до открытия А. Пепзиаса и Р. Вилсона.

В 1965 году Арно Пензиас и Роберт Вудроу Вильсон построили радиометр Дикке, который они намеревались использовать не для поиска реликтового излучения, а для экспериментов в области радиоастрономии и спутниковых коммуникаций. При калибровке прибора выяснилось, что антенна имеет избыточную температуру в 3,5 *K*, которую они не могли объяснить. Небольшой шумовой фон не менялся ни от направления, ни от времени работы. Сначала решили, что это шум, свойственный аппаратуре. Радиотелескоп демонтировали, еще и еще раз испытали его «начинку». Самолюбие инженеров было задето, и поэтому проверка шла до последней детали, до последней пайки. Устранили все. Собрали снова – шум возобновился. После долгих раздумий теоретики пришли к выводу, что это излучение могло быть ничем иным, как постоянным фоном космического радиоизлучения, заполняющего Вселенную ровным потоком. Получив звонок из Холдмдейла, Дикке остроумно заметил: «Мы сорвали куш, парни». Встреча между группами из Принстона и Холмдейла определила, что такая температура антенны была вызвана реликтовым излучением. Астрофизики рассчитали, что шум соответствует температуре, равной примерно 3 градусам Кельвина, и «прослушивается на различных частотах. В 1978 году Пензиас и Вилсон получили Нобелевскую премию за их открытие. Можно себе представить, как возрадовались сторонники «горячей» модели, когда пришло это сообщение. Это открытие не только укрепило позиции «горячей» модели. Реликтовое излучение позволило со ступеньки времени квазаров (8–10 миллиардов лет) опуститься на ступеньку, соответствующую 300 тысячам лет от самого «начала». Одновременно подтверждалась мысль, что некогда Вселенная имела плотность в миллиард раз более высокую, чем сейчас. Известно, что нагретое вещество всегда излучает фотоны. Согласно общим законам термодинамики, в этом проявляется стремление к равновесному состоянию, при котором достигается насыщение: рождение новых фотонов компенсируется обратным процессом, поглощением фотонов веществом, так что полное число фотонов в среде не меняется. Этот «фотонный газ» равномерно заполняет всю Вселенную. Температура газа фотонов близка к абсолютному нулю – около 3 кельвинов, но энергия, содержащаяся в нем, больше световой энергии, испущенной всеми звездами за время их жизни. На каждый кубический сантиметр пространства Вселенной приходится приблизительно пятьсот квантов излучения, а полное число фотонов в пределах видимой Вселенной в несколько миллиардов раз больше полного числа частиц вещества, т.е. атомов, ядер, электронов, из которых состоят планеты, звезды и галактики. Это общее фоновое излучение Вселенной называют с легкой руки И.С. Шкловского, реликтовым, т.е. остаточным, представляющим собой остаток, реликт плотного и горячего начального состояния Вселенной. Предположив, что вещество ранней Вселенной было горячим, Г. Гамов предсказал, что фотоны, которые находились тогда в термодинамическом равновесии с веществом, должны сохраниться в современную эпоху. Эти фотоны и удалось непосредственно обнаружить в 1965 г. Испытав общее расширение и связанное с ним охлаждение, газ фотонов образует сейчас фоновое излучение Вселенной, приходящее к нам равномерно со всех сторон. Квант реликтового излучения не имеет массы покоя, как всякий квант электромагнитного излучения, но обладает энергией, а следовательно, по знаменитой формуле Эйнштейна *Е=Мс²*, и массой, соответствующей этой энергии. Для большинства реликтовых квантов эта масса очень мала: гораздо меньше массы атома водорода – самого распространенного элемента звезд и галактик. Поэтому, несмотря на значительное преобладание по числу частиц, реликтовое излучение уступает звездам и галактикам по вкладу в общую массу Вселенной. В современную эпоху плотность излучения составляет 3•10-34 г/см3, что приблизительно в тысячу раз меньше усредненной плотности вещества галактик. Но так было не всегда – в далеком прошлом Вселенной фотоны давали главный вклад в ее плотность. Дело в том, что в ходе космологического расширения плотность излучения падает быстрее плотности вещества. В этом процессе убывает не только концентрация фотонов (в том же темпе, что и концентрация частиц), но уменьшается и средняя энергия одного фотона, так как при расширении падает температура газа фотонов. В ходе последующего расширения Вселенной температура плазмы и излучения падала. Взаимодействие частиц с фотонами уже не успевало за характерное время расширения заметно влиять на спектр излучения. Однако даже при полном отсутствии взаимодействия излучения с веществом в ходе расширения Вселенной чернотельный спектр излучения остаётся чернотельным, уменьшается лишь температура излучения. Пока температура превышала 4000 *K*, первичное вещество было полностью ионизовано, пробег фотонов от одного акта рассеяния до др. был много меньше горизонта Вселенной. При *T* ≈ 4000*K* произошла рекомбинация протонов и электронов, плазма превратилась в смесь нейтральных атомов водорода и гелия, Вселенная стала полностью прозрачной для излучения. В ходе её дальнейшего расширения температура излучения продолжала падать, но чернотельный характер излучения сохранился как реликт, как «память» о раннем периоде эволюции мира. Это излучение обнаружили сначала на волне 7,35 см, а затем и на др. волнах (от 0,6 мм до 50 см).

Ни звёзды и радиогалактики, ни горячий межгалактический газ, ни переизлучение видимого света межзвёздной пылью не могут дать излучения, приближающегося по свойствам к микроволновому фоновому излучению: суммарная энергия этого излучения слишком велика, и спектр его не похож ни на спектр звёзд, ни на спектр радиоисточников. Этим, а также почти полным отсутствием флуктуации интенсивности по небесной сфере (мелкомасштабных угловых флуктуации) доказывается космологическое, реликтовое происхождение микроволнового фонового излучения.

Фоновое излучение изотропно лишь в системе координат, связанной с «разбегающимися» галактиками, в т. н. сопутствующей системе отсчёта (эта система расширяется вместе с Вселенной). В любой другой системе координат интенсивность излучения зависит от направления. Этот факт открывает возможность измерения скорости движения Солнца относительно системы координат, связанной с микроволновым фоновым излучением. Действительно, в силу Доплера, эффекта фотоны, распространяющиеся навстречу движущемуся наблюдателю, имеют более высокую энергию, нежели догоняющие его, несмотря на то, что в системе, связанной с м. ф. и., их энергии равны. Поэтому и температура излучения для такого наблюдателя оказывается зависящей от направления. Дипольная анизотропия реликтового излучения, связанная с движением Солнечной системы относительно поля этого излучения, к настоящему времени твердо установлена: в направлении на созвездие Льва температура реликтового излучения на 3,5 мК превышает среднюю, а в противоположном направлении (созвездие Водолея) на столько же ниже средней. Следовательно, Солнце (вместе с Землёй) движется относительно м. ф. и. со скоростью около 400 км/с по направлению к созвездию Льва. Точность наблюдений столь высока, что экспериментаторы фиксируют скорость движения Земли вокруг Солнца, составляющую 30 км/с. Учёт скорости движения Солнца вокруг центра Галактики позволяет определить скорость движения Галактики относительно фонового излучения Она составляет ≈600 км/с. Спектрофотометр дальнего инфракрасного излучения (FIRAS) установленный на спутнике NASA Cosmic Background Explorer (COBE) выполнил точные измерения спектра реликтового излучения. Эти измерения стали наиболее точными на сегодняшний день измерениями спектра абсолютно черного тела. Наиболее подробную карту реликтового излучения удалось построить в результате работы американского космического аппарата WMAP.

Спектр наполняющего Вселенную реликтового излучения соответствует спектру излучения абсолютно черного тела с температурой 2,725 *K*. Его максимум приходится на частоту 160,4 ГГц, что соответствует длине волны 1,9 мм. Оно изотропно с точностью до 0,001% – среднеквадратичное отклонение температуры составляет приблизительно 18 мкК. Это значение не учитывает дипольную анизотропию (разница между наиболее холодной и горячей областью составляет 6.706 мК), вызванную доплеровским смещением частоты излучения из-за нашей собственной скорости относительно системы координат, связанной с реликтовым излучением. Дипольная анизотропия соответствует движению Солнечной системы по направлению к созвездию Девы со скоростью ≈ 370 км/с.

**Инфляционная модель Вселенной**

Помимо вопроса о происхождении Вселенной, современные космологи сталкиваются с рядом других проблем. Чтобы стандартная теория большого взрыва могла предсказать то распределение материи, которое мы наблюдаем, ее исходное состояние должно характеризоваться очень высокой степенью организованности. Физик А. Гут из Массачусетского технологического института предложил свою версию теории большого взрыва, которая объясняет спонтанное возникновение этой организации, устраняя необходимость искусственно вводить точные параметры в уравнения, описывающие исходное состояние Вселенной. Его модель была названа «инфляционной Вселенной». Суть ее в том, что внутри быстро расширяющейся, пере гретой Вселенной небольшой участок пространства охлаждается и начинает расширяться сильнее, подобно тому, как переохлажденная вода стремительно замерзает, расширяясь при этом. Эта фаза быстрого расширения позволяет устранить некоторые проблемы, присущие стандартным теориям большого взрыва. Однако модель Гута тоже не лишена недостатков. Чтобы уравнения Гута правильно описывали инфляционную Вселенную, ему пришлось очень точно задавать исходные параметры для своих уравнений. Таким образом, он столкнулся с той же проблемой, что и создатели других теорий. Он надеялся избавиться от необходимости задавать точные параметры условий большого взрыва, но для этого ему пришлось вводить собственную параметризацию, оставшуюся необъясненной. Гут и его соавтор П. Штайнгарт признают, что в их модели «расчеты приводят к приемлемым предсказаниям только в том случае, если заданные исходные параметры уравнений варьируют в очень узком диапазоне. Большинство теоретиков (включая и нас самих) считают подобные исходные условия маловероятными». Далее авторы говорят о своих надеждах на то, что когда-нибудь будут разработаны новые математические теории, которые позволят им сделать свою модель более правдоподобной. Эта зависимость от еще не открытых теорий – другой недостаток модели Гута. Теория единого поля, на которой основывается модель инфляционной Вселенной, полностью гипотетична и «плохо поддается экспериментальной проверке, так как большую часть ее предсказаний невозможно количественно проверить в лабораторных условиях». Другой недостаток теории Гута – это то, что в ней ничего не говорится о происхождении перегретой и расширяющейся материи. Гут проверил совместимость своей инфляционной теории с тремя гипотезами происхождения Вселенной. Сначала он рассмотрел стандартную теорию большого взрыва. В этом случае, по мнению Гута, инфляционный эпизод должен был произойти на одной из ранних стадий эволюции Вселенной. Однако эта модель ставит перед нами неразрешимую проблему сингулярности. Вторая гипотеза постулирует, что Вселенная возникла из хаоса. Некоторые ее участки были горячими, другие – холодными, одни расширялись, а другие сжимались. В этом случае инфляция должна была начаться в перегретой и расширяющейся области Вселенной. Правда, Гут признает, что эта модель не может объяснить происхождение первичного хаоса. Третья возможность, которой Гут отдает предпочтение, заключается в том, что перегретый расширяющийся сгусток материи возникает квантово-механическим путем из пустоты. В статье, появившейся в журнале «Сайентифик Америкэн» в 1984 году, Гут и Штайнгарт утверждают: «Инфляционная модель Вселенной дает нам представление о возможном механизме, при помощи которого наблюдаемая Вселенная могла появиться из бесконечно малого участка пространства. Зная это, трудно удержаться от соблазна сделать еще один шаг и прийти к выводу, что Вселенная возникла буквально из ничего».

Однако какой бы привлекательной ни была эта идея для ученых, готовых ополчиться на любое упоминание о возможности существования высшего сознания, создавшего Вселенную, при внимательном рассмотрении она не выдерживает критики. «Ничто», о котором говорит Гут, – это гипотетический квантово-механический вакуум, описываемый еще не разработанной теорией единого поля, которая должна объединить уравнения квантовой механики и общей теории относительности. Другими словами, в данный момент этот вакуум невозможно описать даже теоретически.

Вернемся к изначальной проблеме, для решения которой Гут создал инфляционную модель: проблеме точной параметризации исходного состояния Вселенной. Без такой параметризации невозможно получить наблюдаемое распределение материи во Вселенной. Как мы убедились, решить эту проблему Гуту не удалось. Более того, сомнительной представляется сама возможность того, что какая-нибудь версия теории большого взрыва, включая версию Гута, может предсказать наблюдаемое распределение материи во Вселенной. Высокоорганизованное исходное состояние в модели Гута, по его же словам, в конце концов, превращается во «Вселенную» диаметром 10 сантиметров, наполненную однородным сверхплотным, перегретым газом. Она будет расширяться и остывать, но нет никаких оснований предполагать, что она когда-нибудь превратится в нечто большее, чем однородное облако газа. По сути дела, к этому результату приводят все теории большого взрыва. Если Гуту пришлось пускаться на многие ухищрения и делать сомнительные допущения, чтобы в конце концов получить Вселенную в виде облака однородного газа, то можно представить себе, каким должен быть математический аппарат теории, приводящей ко Вселенной в том виде, в каком мы ее знаем! Хорошая научная теория дает возможность предсказывать многие сложные природные явления, исходя из простой теоретической схемы. Но в теории Гута (и любой другой версии теории большого взрыва) все наоборот: в результате сложных математических выкладок мы получаем расширяющийся пузырь однородного газа. Теоретики прибегают к помощи так называемого «антропического принципа.

По их гипотезе, квантово-механический вакуум производит вселенные миллионами. Но в большинстве из них нет условий, необходимых для возникновения жизни, поэтому никто не может исследовать эти миры. В то же время в других вселенных, включая нашу собственную, сложились подходящие условия для появления исследователей, поэтому нет ничего удивительного в том, что в этих вселенных царит такой неправдоподобный порядок. Иначе говоря, сторонники антропического принципа принимают сам факт существования человека за объяснение упорядоченной структуры Вселенной, которая создала условия для возникновения человека. Однако подобные логические увертки ничего не объясняют. Следовательно, любая модель происхождения Вселенной, построенная на основе теории относительности, не способна объяснить наше восприятие времени, и потому все эти модели в их современном виде несовершенны и неприемлемы.

**Будущее Вселенной**

Современная наука, рассматривая дальнейшую судьбу Вселенной, останавливается на двух вариантах – открытой и замкнутой Вселенной. Если предположить, что Вселенная замкнута, в этом случае в течение 40–50 миллиардов лет ничего существенного не произойдет. Галактики будут все дальше разбегаться друг от друга, пока в какой-то момент самые дальние из них не остановятся и Вселенная не начнет сжиматься. На смену красному смещению спектральных линий придет синее. К моменту максимального расширения большинство звезд в галактиках погаснет, и останутся в основном небольшие звезды, беглые карлики и нейтронные звезды, а также черные дыры, окруженные роем частиц – в большинстве своем фотонов и нейтронов. Наконец, через примерно 100 миллиардов лет начнут сливаться воедино галактические скопления; отдельные объекты сначала будут сталкиваться очень редко, но со временем Вселенная превратится в однородное «море» скоплений. Затем начнут сливаться отдельные галактики, и, в конце концов, Вселенная будет представлять собой однородное распределение звезд и других подобных объектов. В течение всего коллапса в результате аккреции и соударений станут образовываться, и расти черные дыры. Будет повышаться температура фонового излучения; в конце концов, она почти достигнет температуры поверхности Солнца и начнется процесс испарения звезд. Перемещаясь на фоне ослепительно яркого неба, они подобно кометам будут оставлять за собой состоящий из паров след. Но вскоре все заполнит рассеянный туман и свет звезд померкнет. Вселенная потеряет прозрачность, как сразу же после Большого взрыва. (В гл. 6 мы видели, что/ранняя Вселенная была непрозрачной, пока ее температура не упала примерно до 3000К; тогда свет стал распространяться без помех.) По мере сжатия Вселенная, естественно, будет проходить те же стадии, что и при создании Вселенной, но в обратном порядке. Температура будет расти, и сокращающиеся интервалы времени начнут играть все большую роль. Наконец галактики тоже испарятся и превратятся в первичный «суп» из ядер, а затем распадутся и ядра. На этом этапе Вселенная станет крохотной и состоящей только из излучения кварков и черных дыр. В последнюю долю секунды коллапс дойдет почти до сингулярности. Что будет дальше – неизвестно, поскольку нет теории, которая годилась бы для описания сверхбольших плотностей, возникающих до появления сингулярности, можно лишь строить предположения.

В теории замкнутой Вселенной появилась так называемая идея «отскока» – внезапного прекращения сжатия, нового Большого Взрыва и нового расширения. Одной из причин первоначального введения идеи отскока была возможность обойти неприятную с точки зрения многих астрономов проблему возникновения Вселенной. Если отскок произошел один раз, то он мог случаться неоднократно, может быть, бесчисленное количество раз, поэтому не нужно и беспокоиться о начале времен. К сожалению, при подробной проработке такой идеи оказалось, что, и отскок не решает проблемы. В интервалах между отскоками звезды излучают значительное количество энергии, которая затем концентрируется при достижении состояния, близкого к сингулярности. Эта энергия должна постепенно накапливаться, из-за чего промежуток времени между последовательными отскоками будет возрастать. Значит, в прошлом эти промежутки были короче, а когда-то, в пределе, промежутка не было вовсе, т.е. мы приходим к тому, чего старались избежать, – проблеме начала Вселенной. Согласно расчетам, от начала нас должно отделять не более 100 циклов расширений и сжатий.

Многие предпринимали попытки обойти эту проблему. Томми Голд, например, разработал теорию, согласно которой в момент наибольшего расширения время начинает течь вспять. Излучение устремится обратно к звездам и Вселенная «омолодится». В таком случае она будет равномерно осциллировать между коллапсом и максимальным расширением. Весьма интересную, но очень спорную теорию предложил Джон Уиллер. Воспользовавшись идеей Хокинга, согласно которой фундаментальные константы «теряют» свои числовые значения при достаточно высоких плотностях, он показал, что цикл осцилляции не обязательно должен удлиняться. Из-за принципа неопределенности значения констант утрачиваются, когда Вселенная сжимается до почти бесконечной плотности. После возможного отскока и нового расширения эти константы могут получить совершенно иные значения. Продолжительность циклов в таких обстоятельствах также будет меняться, но случайным образом; одни циклы станут очень длинными, а другие короткими. Согласно противоположной теории, открытая Вселенная будет расширяться вечно. Первые события будут, конечно, аналогичны тем, которые происходят в замкнутой Вселенной. Звезды постепенно постареют, превратившись с течением времени в красных гигантов, либо взорвутся, либо медленно сколлапсируют и умрут. Некоторые из них, прежде чем погаснуть, столкнутся с другими звездами. Такие столкновения очень редки, и с момента образования нашей Галактики (по крайней мере, в ее внешних областях, где мы обитаем) их было совсем немного. Однако за триллионы и триллионы триллионов лет таких столкновений произойдет множество. Часть из них лишь сбросит в пространство планеты, а в результате других звезды окажутся на совершенно иных орбитах, некоторые даже вне пределов нашей Галактики. Если подождать достаточно долго, то нам покажется, что внешние области галактик испаряются.

Не выброшенные из галактик звезды в результате столкновений, скорее всего, будут притягиваться к центру, который, в конце концов, превратится в черную гигантскую дыру. Примерно через 10 (18) лет большинство галактик будет состоять из массивных черных дыр, окруженных роем белых карликов, нейтронных звезд, черных дыр, планет и различных частиц.

Дальнейшие события вытекают из современной единой теории поля, называемой теорией великого объединения. Из этой теории следует, что протон распадается примерно за 10 (31) лет. Сейчас ведется несколько экспериментов по обнаружению такого распада, а значит, и по проверке теории, Согласно ей, протоны должны распадаться на электроны, позитроны, нейтрино и фотоны. Отсюда следует, что, в конце концов, все, что состоит во Вселенной из протонов и нейтронов (а их не содержат только черные дыры), распадется на эти частицы. Вселенная превратится в смесь из них и черных дыр, и будет находиться в таком состоянии очень, очень долго. Когда-нибудь испарятся маленькие черные дыры, а вот с большими возникнут трудности. Фоновое излучение к тому времени будет очень холодным, но все же его температура останется чуть выше, чем у черных дыр. Однако по мере расширения Вселенной ситуация изменится – температура излучения станет ниже, чем на поверхности черных дыр, и те начнут испаряться, медленно уменьшаясь в размерах; на это потребуется примерно 10 (100) лет. Затем Вселенную заполнят электроны и позитроны, которые, вращаясь, друг вокруг друга, образуют огромные «атомы». Но постепенно позитроны и электроны, двигаясь по спирали, столкнутся и аннигилируют, в результате чего останутся только фотоны. Во Вселенной не будет ничего, кроме излучения.

Мы рассмотрели судьбу как открытой, так и закрытой Вселенной. Что ее ждет, пока неизвестно. Если даже Вселенная когда-нибудь сколлапсирует, неизвестно, произойдет ли потом «отскок». Одна из трудностей, на которую наталкивается традиционная теория Большого взрыва, – необходимость объяснить, откуда берется колоссальное количество энергии, требующееся для рождения частиц. Не так давно внимание ученых привлекла видоизмененная теория Большого взрыва, которая предлагает I ответ на этот вопрос. Она носит название теории раздувания, и была предложена в 1980 году сотрудником Массачусетского технологического института Аланом Гутом. Основное отличие теории раздувания от традиционной теории Большого взрыва заключается в описании периода с 10 (-35) до 10 (-32) с. По теории Гута примерно через 10 (-35) с Вселенная переходит в состояние «псевдовакуума», при котором ее энергия исключительно велика. Из-за этого происходит чрезвычайно быстрое расширение, гораздо более быстрое, чем по теории Большого взрыва (оно называется раздуванием). Через 10 (-35) с после образования Вселенная не содержала ничего кроме черных мини-дыр и «обрывков» пространства, поэтому при резком раздувании образовалась не одна вселенная, а множество, причем некоторые, возможно, были вложены друг в друга. 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. Хотя в этой теории удается обойти ряд трудностей традиционной теории Большого взрыва, она и сама не свободна от недостатков. Например, трудно объяснить, почему, начавшись, раздувание, в конце концов, прекращается. От этого недостатка удалось освободиться в новом варианте теории раздувания, появившемся в 1981 году, но в нем тоже есть свои трудности.

**Жизнь во Вселенной**

Изучение жизни во Вселенной – одна из сложнейших задач, с которой когда-либо встречалось человечество. Человек еще не побывал на других небесных телах, не видел пи одного внеземного живого организма. Все данные о жизни вне Земли, все без исключения, носят чисто гипотетический характер. Поэтому только глубокое исследование биологических закономерностей, с одной стороны, и космических явлений, – с другой, тщательнейшее сопоставление и анализ разнообразных данных, накопленных различными естественными науками, способны привести к успеху. В последние годы, в связи с успехами астрономии, биологии, физики и техники возникла самостоятельная научная дисциплина – «экзобиология». Ее основная задача – исследование небесных тел, в первую очередь планет солнечной системы и метеоритов, с точки зрения биологии. Кроме того, экзобиология занимается проблемами, близкими к космонавтике: изучением воздействия космических факторов на живые организмы. На первый взгляд может показаться, что вопрос о жизни во Вселенной – в ‘значительной степени отвлеченная проблема. Однако это не так. Исследование внеземных, космических форм жизни помогло бы человеку, во-первых, понять сущность жизни, т.е. то, что отличает все живые организмы от неорганической природы, во-вторых, выяснить пути возникновения и развития жизни и, в-третьих, определить место и роль человека во Вселенной. Кроме того, изучение особенностей жизни во Вселенной, ее приспособляемости к необычным с пашей земной точки зрения условиям намного расширило бы научные представления о жизненных процессах и помогло решить целый ряд практических задач земной биологии, медицины, сельского хозяйства.

Сейчас можно считать достаточно твердо установленным, что на нашей собственной планете жизнь возникла в отдаленном прошлом из неживой, неорганической материи при определенных внешних условиях. Из числа этих условий можно выделить три главных. Прежде всего, это присутствие воды, которая входит в состав живого вещества, живой клетки. Во-вторых, наличие газовой атмосферы, необходимой для газового обмена организма с внешней средой. Правда, можно представить себе и какую-либо иную среду, например, жидкую (в частности, водную), в которой может происходить газовый обмен. Однако все же есть основания предполагать, что газовая среда создает более широкие возможности для прогрессивного развития живых организмов. Третьим условием является наличие на поверхности данного небесного тела подходящего диапазона температур. Помимо этого, необходима внешняя энергия для синтеза молекулы живого вещества из исходных органических молекул, например, энергия космических лучей или ультрафиолетовой радиации или энергия электрических разрядов. Внешняя энергия нужна и для последующей жизнедеятельности живых организмов. В частности, мы сами получаем эту энергию с пищей, которая представляет собой не что иное, как своеобразный «концентрат» солнечной энергии. Условия, необходимые для возникновения жизни, в свое время сложились па нашей планете. И поскольку эти условия сложились естественным путем, в ходе эволюции Земли, нет никаких оснований считать, что они не могут складываться и в процессе развития других небесных тел.

Советский ученый, академик А.И. Опарин, автор популярной теории происхождения жизни, считает, что она должна была появиться тогда, когда поверхность нашей планеты представляла собой сплошной океан. Сначала в результате соединения углерода с водородом и азотом возникли простейшие органические соединения. Затем в водах первичного океана молекулы этих соединений объединились и укрупнились, образуя сложный раствор органических веществ. Наконец, на третьей стадии из этой среды выделились комплексы молекул, которые и дали начало первичным живым организмам.

Поскольку химическую основу жизни земного типа составляют соединения углерода, интересно оценить, насколько велика распространенность этого элемента и его соединений во Вселенной. Оказывается, достаточно велика! Во всяком случае, мы обнаруживаем углерод в газовых оболочках других планет, в атмосферах звезд, в ядрах комет и даже в облаках межзвездной материн. В этой связи интересно упомянуть об одной гипотезе, выдвинутой не так давно Оро и поддержанной известным советским ученым академиком В.Г Фесеиковым. Фесенков обратил внимание на то, что своеобразными переносчиками если не самой жизни, то, по крайней мере, ее исходных элементов могут быть кометы. В ядрах этих небесных тел содержится не только углерод, но и циан, окись и двуокись углерода, кислород, азот, метан и аммиак, т.е. как раз те самые элементарные кирпичики, из которых, согласно теории Опарина, возникают путем постепенного усложнения комплексы молекул, из которых в конечном итоге образуется живое вещество. Любопытны также выводы, к которым пришел совет-скип ученый Ковальский. Он считает, что при ударах кометных ядер о поверхность планет развиваются высокие давления, которые могут приводить к синтезу таких химических соединений, которые служат ступенью к образованию живого вещества. В печати появился также ряд сообщений о том, что углеводороды находили и в метеоритах. Действительно, углеводороды типа горного воска были обнаружены в метеоритах еще более ста лет назад. Но в последнее время исследования подобного рода проводились особенно интенсивно. Ученым удалось выделить из метеоритов сложные органические вещества, весьма близкие к тем, которые мы находим в живых организмах. Однако, по мнению ряда крупных ученых, в том числе академика Опарина, это вовсе еще не означает, что эти вещества каким-то образом связаны с явлениями жизни. Опыты показывают, что они могли образоваться в метеоритах и чисто химическим путем. Имеются также сообщения о том, что в некоторых тинах метеоритов обнаружены структурные образования, так называемые «организованные элементы»; некоторые исследователи считают их остатками живых организмов. Но при оценке этих данных необходимо учитывать одно важное обстоятельство. Дело в том, что подобные структуры, иногда весьма похожие по строению на живые формы, могут возникать чисто химическим путем, без каких-либо жизненных процессов. В то же время с астрономической точки зрения весьма трудно представить себе возможность возникновения и существования живых организмов на метеоритах. Что же касается гипотезы о переносе жизни кометами, то она хорошо согласуется с результатами некоторых лабораторных экспериментов, в ходе которых газообразная смесь водяных паров циана и аммиака подвергалась на протяжении ряда недель воздействию ультрафиолетовых лучей и тихих электрических разрядов. По истечении этого срока в смеси возникали составные части белков и нуклеиновых кислот – веществ, составляющих химическую основу жизни. В других опытах в условиях, также близких к тем, какие имеются в кометах, наблюдалось образование трехфосфорного аденозина. Это один из тех биологических катализаторов – «энзимой», которые управляют процессами, усложняющими первичное белковое вещество до простейшего организма. Не исключена, поэтому возможность, что на определенной стадии своего развития наша Земля, встретившись с кометой, получила от нее тот исходный химический материал, который мог ускорить течение процессов, ведущих к возникновению жизни. Согласно современным представлениям, кометы образовались в ходе единого процесса формирования пашей планетной системы. Вполне естественно предположить, что кометы имеются и в других планетных системах, а это значит, что и в других планетных системах, вероятно, существуют в исходном виде необходимые химические вещества для построения жизни. Таким образом, первоначальные продукты для образования живого вещества как будто налицо. Но ведь это только исходные предпосылки для возникновения жизни. Что же касается тех или иных путей формирования и развития живых организмов, то они непосредственно зависят от конкретных физических условий, от условий внешней среды. В данном случае речь идет не о приспособляемости организмов, оказавшихся в необычных условиях, а о том, что живые организмы отражают внешние условия, другими словами, их свойства складываются в процессе естественной эволюции. Все это приводит пас к заключению, что, с одной стороны, жизнь должна иметь достаточно широкое распространение во Вселенной и что, с другой стороны, в природе, вероятно, существует великое многообразие ее форм.

## Проблема поиска внеземных цивилизаций

Одной из самых интересных тем астрономии является возможность существования внеземных цивилизаций. По этой теме постоянно продолжаются дискуссии, и единого мнения не существует. Но большинство современных астрономов и философов считают, что жизнь – распространенное явление во Вселенной и существует множество миров, на которых обитают цивилизации. Уровень развития некоторых внеземных цивилизаций может быть неизмеримо выше уровня развития земной цивилизации. Именно с такими цивилизациями землянам особенно интересно установить контакт. На развитие мнения о множестве цивилизаций повлияло несколько аргументов.

*Во-первых*, в Метагалактике есть огромное число звезд, похожих на наше Солнце, а следовательно планетные системы могут существовать не только у Солнца. И более того исследования показали, что некоторые звезды определенных спектральных классов вращаются медленно вокруг своей оси, что может быть вызвано наличием вокруг этих звезд планетных систем.

*Во-вторых*, при соответствующих условиях жизнь могла возникнуть на планетах других звезд по типу эволюционного развития жизни на Земле. Молекулярные соединения, необходимые для начальной стадии эволюции неживой природе, достаточно распространены во Вселенной и открыты даже в межзвездной среде.

*В-третьих*, возможно существование небелковых форм жизни, принципиально отличных от тех, которые распространены на Земле. Однако ничего конкретного о них науке не известно.

Не все ученые столь оптимистически относятся к проблеме внеземных цивилизаций. Сторонники противоположной точки зрения считают, что жизнь, и особенно разумная жизнь, – исключительно редкое, а может быть, и уникальное явление во Вселенной.

Итак, внеземные цивилизации по прежнему относятся к числу гипотетических объектов, поиск которых представляет огромный интерес. Продолжаются споры о реальности внеземных цивилизаций, но лишь дальнейшие наблюдения и эксперименты позволят выяснить, существуют ли где-нибудь обитаемые миры или мы одиноки, по крайней мере, в пределах нашей Галактики.

**Заключение**

Вселенная развивается и в наше время. В спиральных галактиках рождаются и умирают звезды. Вселенная продолжает расширяться. Мы знаем строение Вселенной в огромном объеме пространства, для пересечения которого свету требуются миллиарды лет. Но пытливая мысль человека стремится проникнуть дальше. Что лежит за границами наблюдаемой области мира? Бесконечна ли Вселенная по объему? И её расширение – почему оно началось и будет ли оно всегда продолжаться в будущем? А каково происхождение «скрытой» массы? И наконец, как зародилась разумная жизнь во Вселенной? Есть ли она ещё где-нибудь кроме нашей планеты? Окончательные и полные ответы на эти вопросы пока отсутствуют. Вселенная неисчерпаема. Неутомима и жажда знания, заставляющая людей задавать всё новые и новые вопросы о мире и настойчиво искать ответы на них. Наши дни с полным основанием называют золотым веком астрофизики – замечательные и чаще всего неожиданные открытия в мире звезд следуют сейчас одно за другим. Мы живем в эпоху поразительных научных открытий и великих свершений. Самые невероятные фантазии неожиданно быстро реализуются. С давних пор люди мечтали разгадать тайны Галактик, разбросанных в беспредельных просторах Вселенной. Приходится только поражаться, как быстро наука выдвигает различные гипотезы и тут же их опровергает. Однако астрономия не стоит на месте: появляются новые способы наблюдения, модернизируются старые. С изобретением радиотелескопов, например, астрономы могут «заглянуть» на расстояния, которые еще в 40-x. годах ХХ столетия казались недоступными. Однако надо себе ясно представить огромную величину этого пути и те колоссальные трудности, с которыми еще предстоит встретиться на пути к звездам.

Изучение Вселенной, даже только известной нам её части является грандиозной

задачей. Чтобы получить те сведения, которыми располагают современные ученые, понадобились труды множества поколений. Вселенная бесконечна во времени и пространстве. Каждая частичка Вселенной имеет свое начало и конец, как во времени, так и в пространстве, но вся Вселенная бесконечна и вечна так, как она является вечно самодвижущейся материей.

Вселенная – это всё существующее. От мельчайших пылинок и атомов до огромных скоплений вещества звездных миров и звездных систем.

**Список используемой литературы**

1. Рузавин Г.И. Концепции современного естествознания. – М.: Культура и спорт, ЮНИТИ, 1999. –288 с. http://filam.ru/view\_manuel.php? id=97

2. Хорошавина С.Г. Концепции современного естествознания. Курс лекций. – Ростов н/Д: Феникс, 2005. – 480 с. http://www.alleng.ru/d/natur/nat017.htm

3. Самыгин С.И. Концепции современного естествознания: Сер. «Учебники и учебные пособия». – Ростов на Дону: «Феникс», 1997. – 448 с. http://www.alleng.ru/d/natur/nat009.htm

4. Иорданский Н.Н. Эволюция жизни. Учебное пособие для студ. высш. пед. учеб. заведений. – М.: Академия, 2001. – 432 с. http://www.alleng.ru/d/natur/nat020.htm

5. Фридман А.А. Мир как пространство и время. – М.: Наука, 1965. –110 с. http://ivanik3.narod.ru/linksBooksTO.html

6. Климишин И.А. Открытие Вселенной. М.: Наука, Гл. ред. физ.-мат лит., 1987. – 320 с.