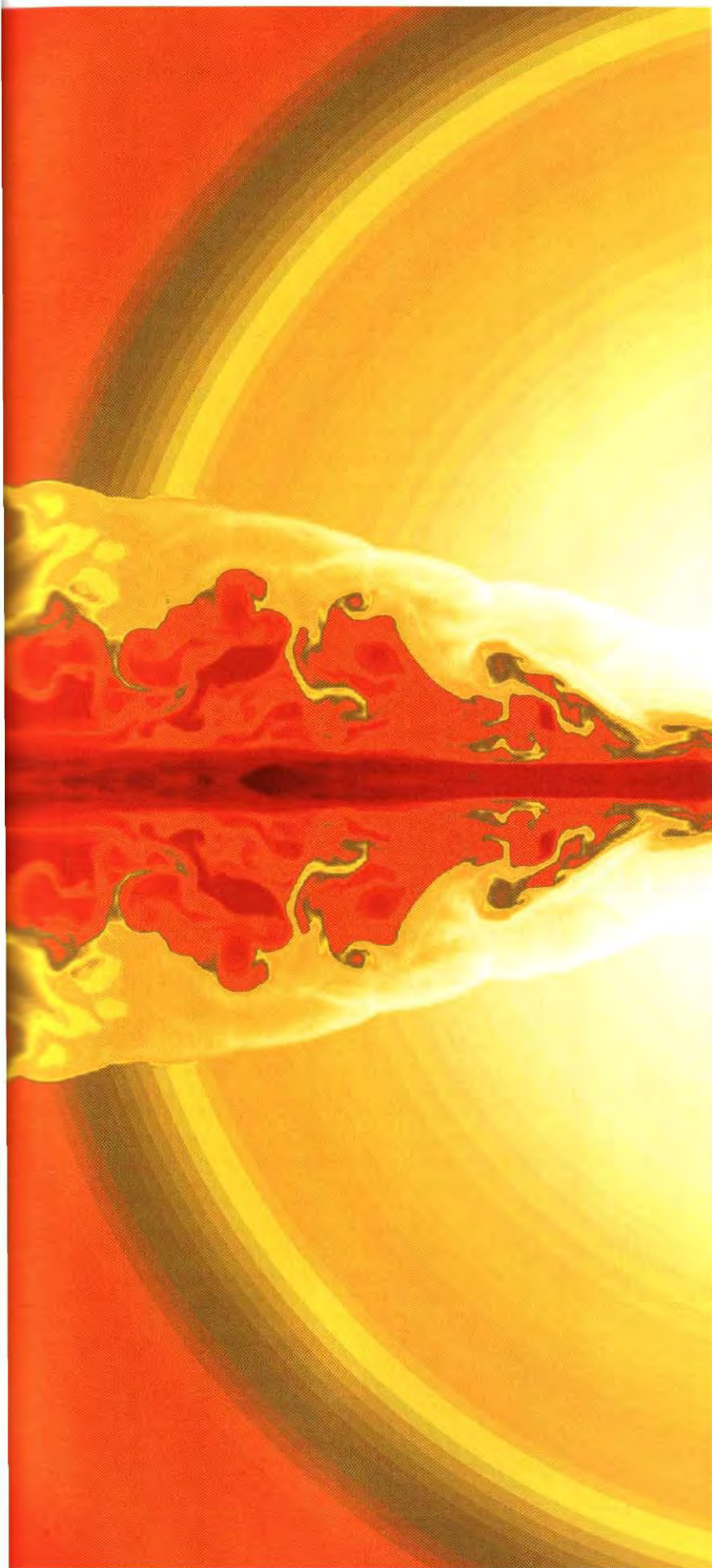


# АЛЬТЕРНАТИВНАЯ КОСМОЛОГИЯ





Вначале Вселенная была расширяющимся сгустком пустоты. Его распад привел к Большому взрыву, в огнедышащей плазме которого ковались первые химические элементы. Потом гравитация миллионы лет сжимала остывающие газовые облака. И вот зажглись первые звезды, высветив грандиозную Вселенную с триллионами бледных галактик... Эта картина мира, поддержанная величайшими астрономическими открытиями XX века, стоит на солидном теоретическом фундаменте. Но есть специалисты, которым она не по душе. Они упорно ищут в ней слабые места, надеясь, что на смену нынешней придет иная космология.

АЛЕКСАНДР РАЙКОВ  
АЛЕКСАНДР СЕРГЕЕВ

**В** начале 1920-х годов петербургский ученый Александр Фридман, предположив для простоты, что вещество однородно заполняет все пространство, нашел решение уравнений общей теории относительности (ОТО), описывающих нестационарную расширяющуюся Вселенную. Даже Эйнштейн не воспринял это открытие всерьез, считая, что Вселенная должна быть вечной и неизменной. Чтобы описать такую Вселенную, он даже ввел в уравнения ОТО особый «антигравитационный» лямбда-член. Фридман вскоре умер от брюшного тифа, и его решение было забыто. Например, Эдвин Хаббл, работавший на крупнейшем в мире 100-дюймовом телескопе обсерватории Маунт-Вильсон, ничего не слышал об этих идеях.

К 1929 году Хаббл измерил расстояния до нескольких десятков галактик и, сопоставив их с ранее полученными спектрами, неожиданно обнаружил, что чем дальше находится галактика, тем сильнее смещены в красную сторону ее спектральные линии. Проще всего было объяснить ▶

Взрывы звезд, порождающие гамма-всплески — новые маяки Вселенной. Их излучение доходит с таких расстояний, где пока не видны никакие другие объекты

ЭН. ГЛАДНИКОВ



## ЧЕТЫРЕ ПРИЧИНЫ КРАСНОГО СМЕЩЕНИЯ

КАКУЮ ИЗ НИХ ВЫБРАТЬ ДЛЯ ОБЪЯСНЕНИЯ ЗАКОНА ХАББЛА — ЗАВИСИМОСТИ КРАСНОГО СМЕЩЕНИЯ ОТ РАССТОЯНИЯ?

### ПРОВЕРЕНО В ЛАБОРАТОРИИ

### НЕ ПРОВЕРЕНО В ЛАБОРАТОРИИ

#### ИЗМЕНЕНИЕ ЧАСТОТЫ

#### 1. Эффект Доплера

Возникает, когда источник излучения удаляется. Его световые волны поступают в наш приемник чуть реже, чем испускаются источником. Эффект широко применяется в астрономии для измерения скоростей движения объектов вдоль луча зрения.

#### ИЗМЕНЕНИЕ ЭНЕРГИИ

#### 2. Гравитационное красное смещение

Когда квант света выбирается из гравитационного колодца, он расходует энергию на преодоление сил тяготения. Уменьшение энергии соответствует уменьшению частоты излучения и его сдвигу в красную сторону спектра.

#### 3. Расширение пространства

Согласно общей теории относительности, свойства самого пространства могут меняться во времени. Если в результате этого расстояние между источником и приемником увеличивается, то световые волны растягиваются так же, как в эффекте Доплера.

#### 4. Усталость света

Возможно, движение светового кванта в пространстве сопровождается своего рода «трением», то есть потерей энергии пропорционально пройденному пути. Это была одна из первых гипотез, выдвинутых для объяснения космологического красного смещения.

красное смещение эффектом Доплера. Но тогда получалось, что все галактики быстро удаляются от нас. Это было так странно, что астроном Фриц Цвикки выдвинул весьма смелую гипотезу «усталого света», согласно которой это не галактики удаляются от нас, а кванты света в ходе долгого путешествия испытывают некое сопротивление своему движению, постепенно теряют энергию и краснеют. Потом, конечно, вспомнили идею расширения пространства, и оказалось, что в эту странную забытую теорию хорошо укладываются не менее странные новые наблюдения. На руку модели Фридмана было и то, что происхождение красного смещения в ней выглядит очень похожим на обычный эффект Доплера: даже сегодня не все астрономы понимают, что «разбегание» галактик в пространстве совсем не то же самое, что расширение самого пространства с «вмороженными» в него галактиками.

Гипотеза «усталого света» тихо сошла со сцены к концу 1930-х годов, когда физики отметили, что фотон теряет энергию, лишь взаимодействуя с другими частицами, и при этом обязательно хоть немного меняется направление его движения. Так что изображения далеких галактик в модели «усталого света» должны расплываться, как в тумане, а они видны вполне четко. В итоге еще недавно альтернативная общепринятым представлениям фридмановская модель Вселенной завоевала всеобщее внимание. (Впрочем, сам Хаббл до конца жизни, в 1953 году, допускал, что расширение пространства может быть лишь кажущимся эффектом.)

### ДВАЖДЫ АЛЬТЕРНАТИВНЫЙ СТАНДАРТ

Но раз Вселенная расширяется, значит раньше она была плотнее. Мысленно обращая вспять ее эволюцию, ученик Фридмана физик-ядерщик Георгий Гамов сделал вывод, что ранняя Вселенная была столь горячей, что в ней шли реакции термоядерного синтеза. Гамов попытался объяснить ими наблюдаемую распространенность химических элементов, но «сварить» в первичном котле ему удалось лишь несколько видов легких ядер. Получалось, что, помимо водорода, в мире должно быть 23—25% гелия, сотая доля процента дейтерия и миллиардная доля лития. Теорию синтеза более тяжелых элементов в звездах позднее разработал со своими коллегами конкурент Гамова — астрофизик Фред Хойл.

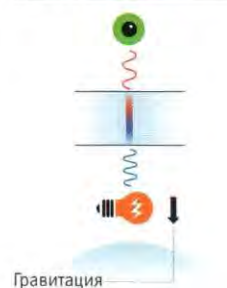
#### ЭФФЕКТ ДОПЛЕРА



#### РАСШИРЕНИЕ ПРОСТРАНСТВА



#### ГРАВИТАЦИОННОЕ КРАСНОЕ СМЕЩЕНИЕ



#### УСТАЛОСТЬ СВЕТА



В 1948 году Гамов также предсказал, что от раскаленной Вселенной должен сохраниться наблюдаемый след — остьывшее микроволновое излучение с температурой несколько градусов Кельвина, идущее со всех сторон на небе. Увы, предсказание Гамова повторило судьбу модели Фридмана: его излучение никто не спешил искать. Теория горячей Вселенной казалась слишком экстравагантной, чтобы ставить для ее проверки дорогостоящие эксперименты. К тому же в ней усматривали параллели с божественным творением, от которого многие ученые дистанцировались. Кончилось тем, что Гамов забросил космологию и переключился на зарождавшуюся в то время генетику.

Популярность же в 1950-х годах завоевала новая версия теории стационарной Вселенной, разработанная все тем же Фредом Хойлом совместно с астрофизиком Томасом Голдом и математиком Германом Бонди. Под давлением открытия Хаббла они признали расширение Вселенной, но не ее эволюцию. По их теории, расширение пространства сопровождается спонтанным рождением атомов водорода, так что средняя плотность Вселенной остается неизменной. Это, конечно, нарушение закона сохранения энергии, но крайне незначительное — не больше одного атома водорода в миллиард лет на кубометр пространства. Хойл назвал свою модель «теорией непрерывного творения» и ввел специальное С-поле (от англ. *creation* — творение) с отрицательным давлением, которое заставляло Вселенную раздуваться, поддерживая при этом постоянную плотность материи. Образование же всех элементов, в том числе легких, Хойл в пику Гамову объяснял термоядерными процессами в звездах.

Предсказанный Гамовым космический микроволновый фон случайно заметили почти 20 лет спустя. Его первооткрыватели получили Нобелевскую премию, а горячая Вселенная Фридмана — Гамова быстро вытеснила конкурирующие гипотезы. Хойл, правда, не сдавался и, защищая свою теорию, утверждал, что микроволновый фон порожден далекими звездами, свет которых рассеивается и переизлучается космической пылью. Но тогда свечение неба должно быть пятнистым, а оно почти идеально однородно. Постепенно накапливались и данные по химическому составу звезд и космических



облаков, которые тоже согласовывались с гамовской моделью первичного нуклеосинтеза.

Так дважды альтернативная теория Большого взрыва стала общепринятой, или, как модно нынче говорить, превратилась в научный *мейн-стрим*. И вот уже школьников учат, что Хаббл открыл взрыв Вселенной (а не зависимость красного смещения от расстояния), и космическое микроволновое излучение с легкой руки советского астрофизика Иосифа Самуиловича Шкловского становится *реликтовым*. Модель горячей Вселенной «прошивается» в сознании людей буквально на уровне языка.

## ПОДКОП ПОД ОСНОВАНИЯ

Но природа человека такова, что стоит только в обществе укрепиться очередная бесспорная идея, как сразу находят желающие поспорить. Критику стандартной космологии можно условно разделить на концептуальную, указывающую на несовершенство ее теоретических основ, и астрономическую, приводящую конкретные трудности для объяснения факты и наблюдения.

Главная мишень концептуальных атак — конечно, общая теория относительности (ОТО). Эйнштейн дал удивительно красивое описание гравитации, отождествив ее с кривизной пространства-времени. Однако из ОТО следует существование черных дыр, странных объектов, в центре которых материя сжата в точку бесконечной плотности. В физике появление бесконечности всегда указывает на границы применимости теории. При сверхвысоких плотностях ОТО должна быть заменена квантовой гравитацией. Но все попытки ввести в ОТО принципы квантовой физики провалились, что заставляет физиков искать альтернативные теории гравитации. Десятки их были построены в XX веке. Большинство не выдержали экспериментальной проверки. Но несколько теорий пока держатся. Среди них, например, полевая теория гравитации академика Логунова, в которой нет искривленного пространства, не возникает сингулярностей, а значит, нет ни черных дыр, ни Большого взрыва. Везде, где можно экспериментально проверить предсказания таких альтернативных теорий гравитации, они совпадали с предсказаниями ОТО, и лишь в экстремальных случаях — при сверхвысоких плотностях или на очень больших космологических расстояниях — их выводы различаются. А значит, иными должны быть строение и эволюция Вселенной.

## НОВАЯ КОСМОГРАФИЯ

Когда-то Иоганн Кеплер, пытаясь теоретически объяснить соотношения радиусов планетных орбит, вкладывал друг в друга правильные многогранники. Описанные и вписанные в них сферы казались ему самым прямым путем к разгадке устройства мироздания — «Космографической тайны», как назвал он свою книгу. Позднее, опираясь на наблюдения Тихо Браге, он отбросил древнюю идею небесного совершенства окружностей и сфер, сделав вывод, что планеты движутся по эллипсам.

Многие современные астрономы тоже скептически относятся к умозрительным построениям теоретиков и предпочитают *черпать* вдохновение, глядя в небо. А там *видно, что наша Галактика, Млечный Путь, входит в состав* небольшого

скопления, называемого Местной группой галактик, которое притягивается к центру огромного облака галактик в созвездии Девы, известного как Местное сверхскопление. Еще в 1958 году астроном Джордж Абель опубликовал каталог 2712 скоплений галактик северного неба, которые, в свою очередь, группируются в сверхскопления.

Согласитесь, непохоже на однородно заполненную веществом Вселенную. Но без однородности в модели Фридмана не получить режим расширения, согласующийся с законом Хаббла. И поразительную гладкость микроволнового фона тоже не объяснить. Поэтому во имя красоты теории однородность Вселенной была объявлена Космологическим принципом, и от наблюдателей ждали его подтверждения. Конечно, на небольших по космологическим меркам расстояниях — в сотню размеров Млечного Пути — доминирует притяжение между галактиками: они движутся по орбитам, сталкиваются и сливаются. Но, начиная с определенного масштаба расстояний, Вселенная просто обязана стать однородной.

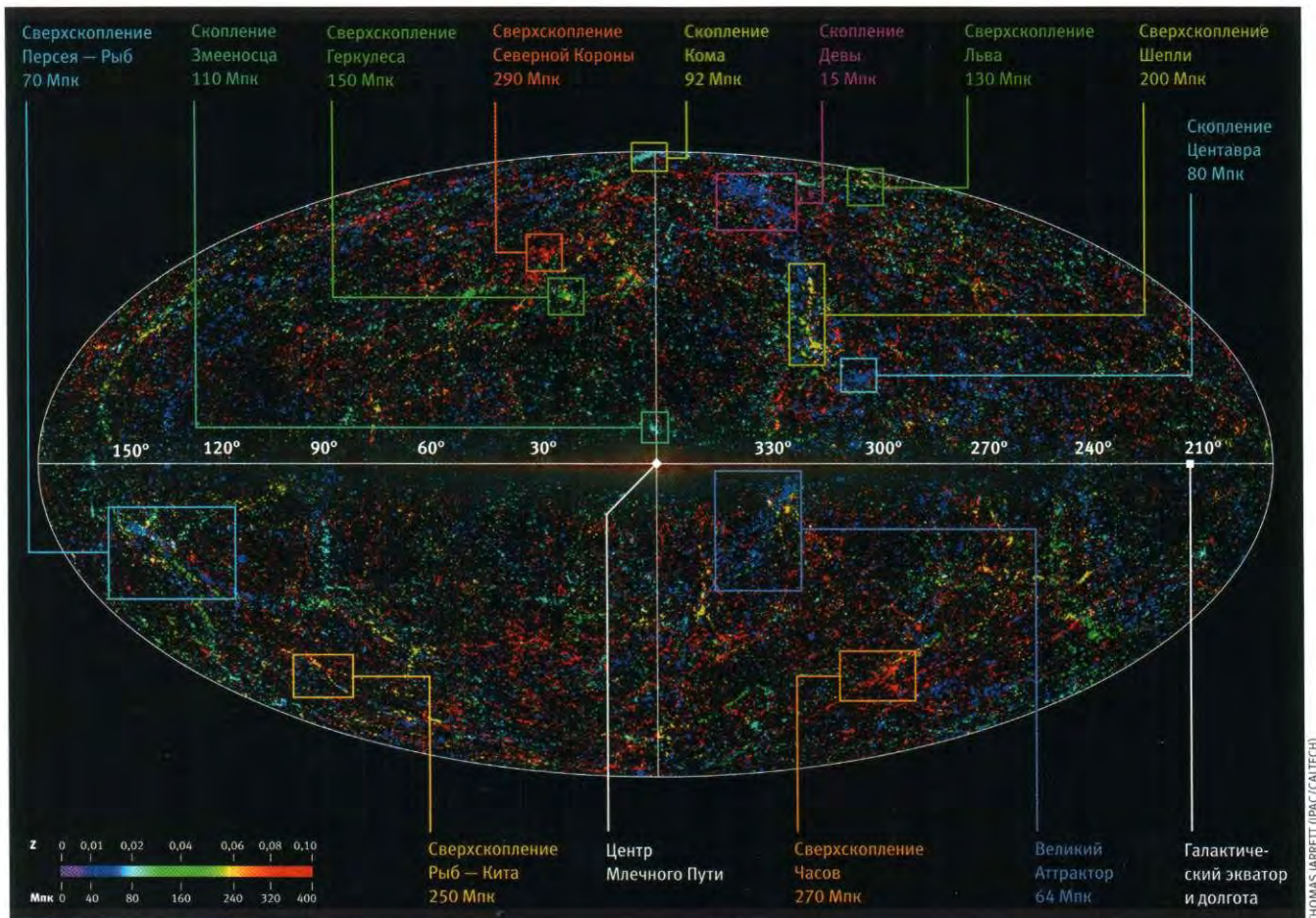
**В космографии наступила новая эпоха. 3D-картами уже охвачена четверть кубического гигапарсека пространства. Но это не больше 0,1% видимого объема Вселенной**

В 1970-х годах наблюдения еще не позволяли с уверенностью сказать, существуют ли структуры размером больше пары десятков мегапарсек, и слова «крупномасштабная однородность Вселенной» звучали как охранительная мантра фридмановской космологии. Но уже к началу 1990-х ситуация кардинально изменилась. На границе созвездий Рыб и Кита открыли комплекс сверхскоплений размером около 50 мегапарсек, в который входит Местное сверхскопление. В созвездии Гидры обнаружили сначала Великий Аттрактор размером 60 мегапарсек, а потом позади него огромное сверхскопление Шепли втрое большего размера. И это не единичные объекты. Тогда же астрономы описали Великую Стену — комплекс протяженностью 150 мегапарсек, и список продолжает пополняться.

К концу века производство 3D-карт Вселенной поставили на поток. За одну экспозицию на телескопе получают спектры сотен галактик. Для этого робот-манипулятор по известным координатам расставляет в фокальной плоскости широкоугольной камеры Шмидта сотни оптических волокон, передающих свет каждой отдельной галактики в спектрографическую лабораторию. В самом большом на сегодня обзоре SDSS уже определены спектры и красные смещения миллиона галактик. А самой крупной известной структурой во Вселенной остается пока Великая Стена Слоуна, открытая в 2003 году по данным предыдущего обзора CfA-II. Ее протяженность составляет 500 мегапарсек — это 12% расстояния до горизонта фридмановской Вселенной.

Наряду с концентрациями материи открыто также много пустынных областей пространства — *войдов*, где нет ни галактик, ни даже загадочной темной материи. Многие из них превосходят по размерам 100 мегапарсек, а в 2007 году американская Национальная радиоастрономическая





обсерватория сообщила об открытии Великого Войда поперечником около 300 мегапарсек.

Само существование таких грандиозных структур бросает вызов стандартной космологии, в которой неоднородности развиваются за счет гравитационного сгущивания вещества из ничтожных флуктуаций плотности, оставшихся после Большого взрыва. При наблюдаемых собственных скоростях движения галактик им за все время жизни Вселенной не пройти больше десятка-другого мегапарсек. И как же тогда объяснить концентрацию вещества размером в сотни мегапарсек?

### ТЕМНЫЕ СУЩНОСТИ

Строго говоря, модель Фридмана «в чистом виде» не объясняет формирования даже небольших структур — галактик и скоплений, если не добавить к ней одну особую ненаблюдаемую сущность, придуманную в 1933 году Фрицем Цвикки. Изучая скопление в созвездии Волос Вероники, он обнаружил, что его галактики движутся так быстро, что должны легко улететь прочь. Почему же скопление не распадается? Цвикки предположил, что его масса много больше, чем оценивалась по светящимся источникам. Так в астрофизике появилась *скрытая масса*, которую сегодня называют *темной материей*. Без нее не описать динамику галактических дисков и скоплений галактик, искривление света при прохождении мимо этих скоплений и само их происхождение. По оценкам, темной материи в 5 раз больше, чем обычной светящейся. Уже выяснено, что это

не темные планетоиды, не черные дыры и не какие-либо известные элементарные частицы. Вероятно, темная материя состоит из каких-то тяжелых частиц, участвующих только в слабом взаимодействии.

Недавно итало-русский спутниковый эксперимент PAMELA зарегистрировал в космических лучах странный избыток энергичных позитронов. Астрофизики не знают подходящего источника позитронов и предполагают, что это, возможно, продукты каких-то реакций с частицами темной материи. Если так, то под угрозой может оказаться теория первичного нуклеосинтеза Гамова, ведь она не предполагала присутствия в ранней Вселенной огромного числа непонятных тяжелых частиц.

Загадочную *темную энергию* пришлось срочно добавлять в стандартную модель Вселенной на рубеже XX и XXI веков. Незадолго до этого был опробован новый метод определения расстояний до далеких галактик. «Стандартной свечой» в нем служили взрывы сверхновых звезд особого типа, которые в самом разгаре вспышки всегда имеют почти одинаковую светимость. По их видимому блеску определяют расстояние до галактики, где случился катаклизм. Все ждали, что измерения покажут небольшое замедление расширения Вселенной под действием самогравитации ее вещества. С огромным удивлением астрономы обнаружили, что расширение Вселенной, наоборот, ускоряется! Темная энергия была придумана, чтобы обеспечить всеобщее космическое отталкивание, раздувающее

Вселенная-3D по данным обзора галактик 2MASS

Обзор охватывает объемы примерно до 400 мегапарсек ( $z = 0,1$ ). Расстояние до галактик указано цветом. По центру наложено изображение Млечного Пути, мешающего видеть далекие галактики





Вселенную. Фактически она неотличима от лямбда-члена в уравнениях Эйнштейна и, что забавнее, от  $S$ -поля из теории стационарной Вселенной Бонди — Голда — Хойла, в прошлом главного конкурента космологии Фридмана — Гамова. Вот так искусственные умозрительные идеи мигрируют между теориями, помогая им выживать под давлением новых фактов.

Если у первоначальной модели Фридмана был только один параметр, определяемый из наблюдений (средняя плотность вещества Вселенной), то с появлением «темных существей» число «подстроечных» параметров заметно выросло. Это не только пропорции темных «ингредиентов», но также произвольно предполагаемые их физические свойства, например способность к участию в различных взаимодействиях. Не правда ли, все это напоминает теорию Птолемея? В нее тоже добавляли все новые эпициклы, чтобы добиться соответствия с наблюдениями, пока она не рухнула под тяжестью собственной переусложненной конструкции.

### ВСЕЛЕННАЯ В ЖАНРЕ «СДЕЛАЙ САМ»

За последние 100 лет создано великое множество космологических моделей. Если раньше каждая из них воспринималась как уникальная физическая гипотеза, то сейчас отношение стало более прозаическим. Чтобы построить космологическую модель, нужно заняться тремя вещами: теорией гравитации, от которой зависят свойства пространства, распределением вещества и физической природой красного смещения, из

Закон Хаббла и космический микроволновый фон, открытый Пензиасом и Вильсоном (на снимке), так хорошо вписались в картину горячей расширяющейся Вселенной Фридмана — Гамова, что ее стали считать безоговорочно доказанной

которой выводится зависимость: расстояние — красное смещение  $R(z)$ . Тем самым задается космография модели, позволяющая рассчитать разные эффекты: как меняются с расстоянием (а точнее, с красным смещением) блеск «стандартной свечи», угловой размер «стандартного метра», длительность «стандартной секунды», поверхностная яркость «эталонной галактики». Остается посмотреть на небо и понять, какая теория дает правильные предсказания.

Представьте, что вечером вы сидите в небоскребе у окна, глядя на расстилающееся внизу море огней большого города. Вдали их становится меньше. Почему? Возможно, там бедные окраины, а то и вовсе кончается застройка. А может, свет фонарей ослабляется туманом или смогом. Или сказывается кривизна поверхности Земли, и дальние огни попросту уходят за горизонт. Для каждого варианта можно рассчитать зависимость числа огней от расстояния и найти подходящее объяснение. Вот так и космологи изучают далекие галактики, пытаясь выбрать лучшую модель Вселенной.

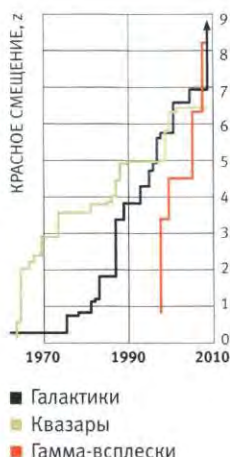
Чтобы космологический тест заработал, важно найти «стандартные» объекты и учесть влияние всех помех, искажающих их вид. Над этим космологи-наблюдатели бьются уже восьмой десяток лет. Взять, скажем, тест углового размера. Если наше пространство евклидово, то есть не искривлено, видимый размер галактик убывает обратно пропорционально красному смещению  $z$ . В модели Фридмана с искривленным пространством угловые размеры объектов ▶



убывают медленнее, и мы видим галактики чуть крупнее, как рыб в аквариуме. Есть даже такая модель (с ней на ранних этапах работал Эйнштейн), в которой галактики с удалением сначала уменьшаются в размерах, а потом вновь начинают расти. Проблема, однако, в том, что далекие галактики мы видим такими, какими они были в прошлом, а в ходе эволюции их размеры могут меняться. К тому же на большом расстоянии туманные пятнышки кажутся меньше — из-за того, что трудно разглядеть их края.

Учесть влияние таких эффектов крайне сложно, и поэтому результат космологического теста нередко зависит от предпочтений того или иного исследователя. В огромном массиве опубликованных работ можно найти тесты, как подтверждающие, так и опровергающие самые разные космологические модели. И только профессионализм ученого определяет, каким из них верить, а каким нет. Вот лишь пара примеров.

В 2006 году международная группа из трех десятков астрономов проверяла, растягиваются ли во времени взрывы далеких сверхновых звезд, как того требует модель Фридмана. Они получили полное согласие с теорией: вспышки удлиняются ровно во столько раз, во сколько уменьшается частота приходящего от них света — замедление времени в ОТО одинаково сказывается на всех процессах. Этот результат мог бы стать очередным последним гвоздем в крышку гроба теории стационарной Вселенной (первым лет 40 назад Стивен Хокинг назвал космический микроволновый фон), но в 2009 году американский астрофизик Эрик Лернер опубликовал прямо противоположные результаты, полученные другим методом. Он использовал тест



Японский астроном Масанори Аи построил график роста рекордных открытых красных смещений за последние полвека. В 2009 году лидерство в гонке захватили гамма-всплески. Как быстро будет продолжаться этот рост в будущем? Трудно сказать. Но вряд ли рост рекордных  $z$  внезапно прекратится, и космологам надо готовиться объяснять природу все более далеких объектов

поверхностной яркости галактик, придуманный Ричардом Толманом еще в 1930 году, специально чтобы сделать выбор между расширяющейся и статической Вселенными. В модели Фридмана поверхностная яркость галактик очень быстро падает с ростом красного смещения, а в евклидовом пространстве с «усталым светом» ослабление идет гораздо медленнее. На  $z = 1$  (где, по Фридману, галактики примерно вдвое моложе, чем вблизи нас) разница получается 8-кратной, а на  $z = 5$ , что близко к пределу возможностей космического телескопа «Хаббл», — более чем 200-кратной. Проверка показала, что данные почти идеально совпадают с моделью «усталого света» и сильно расходятся с фридмановской.

## ПОЧВА ДЛЯ СОМНЕНИЙ

В наблюдательной космологии накоплено еще много данных, заставляющих сомневаться в корректности доминирующей космологической модели, которую после добавления темной материи и энергии стали называть  $\Lambda$ CDM (Lambda — Cold Dark Matter). Потенциальную проблему для  $\Lambda$ CDM представляет быстрый рост рекордных красных смещений обнаруживаемых объектов. Сотрудник японской Национальной астрономической обсерватории Масанори Аи (Masanori Iye) изучил, как росли рекордные открытые красные смещения галактик, квазаров и гамма-всплесков (мощнейших взрывов и самых далеких маяков в наблюдаемой Вселенной). К 2008 году все они уже преодолели рубеж  $z = 6$ , причем особенно быстро росли рекордные  $z$  гамма-всплесков. В 2009 году ими был установлен очередной рекорд:  $z = 8,2$ . В модели Фридмана это соответствует возрасту около ▶

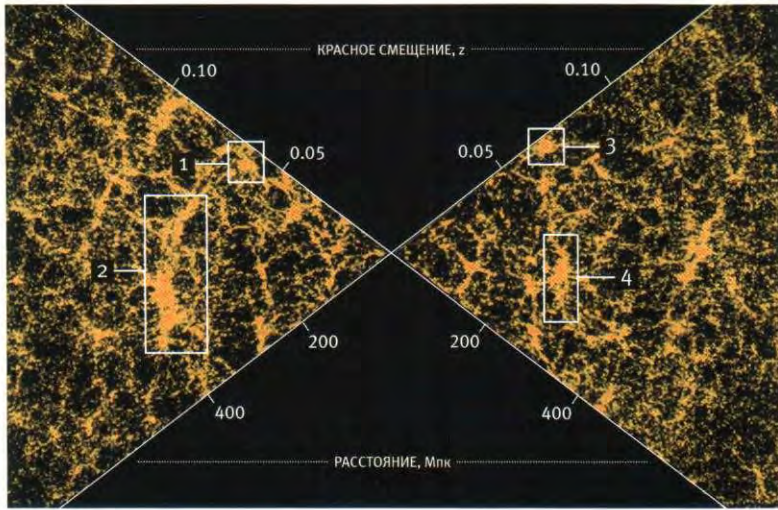


## РОСТ РАЗМЕРОВ МИРА

КАК ПЕРВЫЕ ИЗМЕРЕНИЯ РАССТОЯНИЙ ДО НОВЫХ КЛАССОВ КОСМИЧЕСКИХ ОБЪЕКТОВ МЕНЯЛИ РАЗМЕРЫ ЧЕЛОВЕЧЕСКОЙ ВСЕЛЕННОЙ

ОБЪЕКТ	РАССТОЯНИЕ	КОГДА	КТО	МЕТОД
1 Луна (спутник Земли)	400 000 км	III в. до н. э.	Аристарх Самосский	По суточному параллаксу
2 Солнце (и планеты)	1 а. е. (150 млн км)	1771	Жозеф Жером де Лаланд	По прохождению Венеры по диску Солнца
3 Звезда Вега	8 парсек (1,6 млн а. е.)	1837	Василий Яковлевич Струве	По годичному параллаксу
4 Галактика Туманность Андромеды	800 килопарсек	1923	Эдвин Хаббл	По блеску звезд-цефеид
5 Квазар 3C 273	$z = 0,158$ (630 мегапарсек)	1963	Маартен Шмидт	По красному смещению
6 Гамма-всплеск GRB 970508	$z = 0,835$ (2 гигапарсека, 7 млрд лет после Большого взрыва)	1995	спутник ВерроSAX + наземные телескопы	По красному смещению содержащей галактики
7 Гамма-всплеск GRB 090423	$z = 8,2$ (600 млн лет после Большого взрыва) — рекорд	23.04.2009	орбитальный телескоп Swift + наземные телескопы	По красному смещению послесвечения





WILHELM SCHAAP

- |                                     |   |                                     |  |
|-------------------------------------|---|-------------------------------------|--|
| [1] Сверхскопление Шепли<br>200 Мпк | [2] Великая Стена Слоуна<br>300—350 Мпк | [3] Сверхскопление Часов<br>270 Мпк | [4] Сверхскопление Рыб — Кита<br>250 Мпк |
|-------------------------------------|---|-------------------------------------|--|

600 миллионов лет после Большого взрыва и на пределе вписывается в существующие теории образования галактик: еще немного, и им просто не останется времени на формирование. Между тем прогресс в показателях  $z$ , похоже, не собирается останавливаться — все ждут данных с новых космических телескопов «Гершель» и «Планк», запущенных весной 2009 года. Если появятся объекты с  $z = 15$  или 20, это станет полномасштабным кризисом LCDM.

На другую проблему еще в 1972 году обратил внимание Алан Сендидж, один из наиболее уважаемых космологов-наблюдателей.

Обзор 2dF — самая широкоохватная карта, построенная человечеством (вверху). Она напоминает фрактальную структуру видимых с орбиты городских огней (внизу). Так что Великая Стена Слоуна длиной 500 мегапарсек может оказаться лишь рядовым сгущением на просторах Вселенной

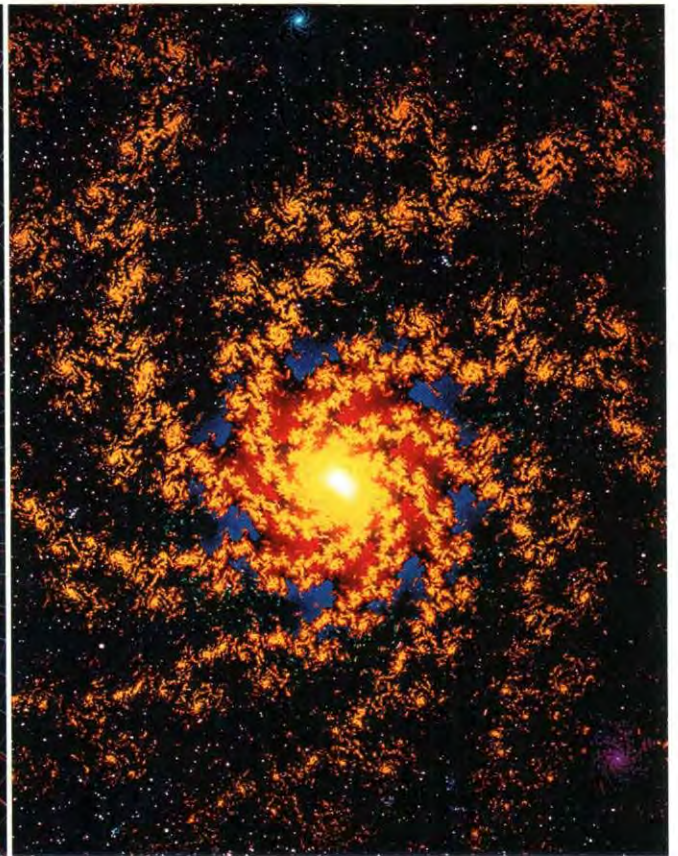
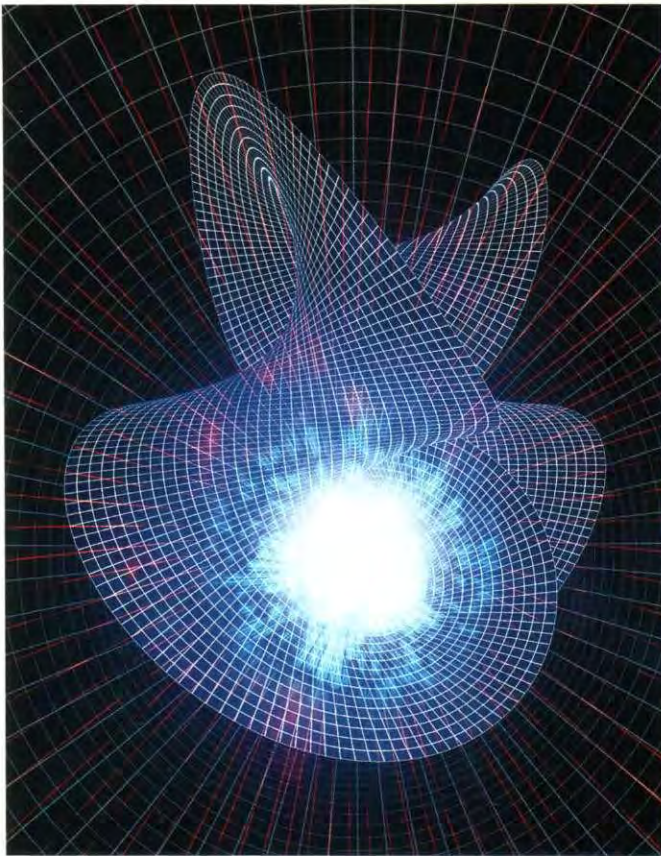
Оказывается, закон Хаббла *слишком* хорошо соблюдается в ближайших окрестностях Млечного Пути. В пределах нескольких мегапарсек от нас вещество распределено крайне неоднородно, однако галактики словно бы не замечают этого. Их красные смещения в точности пропорциональны расстояниям, кроме тех, что оказались совсем близко к центрам крупных скоплений. Хаотические скорости галактик как будто чем-то гасятся. Проводя аналогию с тепловым движением молекул, этот парадокс иногда называют аномальной холодностью хаббловского потока. Исчерпывающего объяснения этого парадокса в LCDM нет, зато он получает естественное объяснение в модели «усталого света». Александр Райков из Пулковской обсерватории выдвинул гипотезу, что красное смещение фотонов и гашение хаотических скоростей галактик может быть проявлением одного и того же космологического фактора. И та же причина, возможно, объясняет аномалию в движении американских межпланетных зондов «Пионер-10» и «Пионер-11». Покидая Солнечную систему, они испытывали небольшое необъяснимое торможение, численно как раз такое, как нужно для объяснения холодности хаббловского потока.

Ряд космологов пытаются доказать, что вещество во Вселенной распределено не однородно, а фрактально. Это значит, что в каком бы масштабе мы ни рассматривали Вселенную, в ней всегда обнаружится чередование кластеров и пустот соответствующего уровня. Первым эту тему поднял в 1987 году итальянский физик Лучано Пиотронейро. А несколько лет назад петербургский космолог Юрий Барышев и Пекка Теерикорпи из Финляндии опубликовали обширную монографию «Фрактальная



NASA/GSFC/SYS





структура Вселенной». В ряде научных статей утверждается, что в обзорах красных смещений фрактальность распределения галактик уверенно выявляется до масштаба 100 мегапарсек, а неоднородность прослеживается до 500 мегапарсек и более. А недавно Александр Райков совместно с Виктором Орловым из СПбГУ обнаружили признаки фрактального распределения в каталоге гамма-всплесков на масштабах до  $z = 3$  (то есть по фридмановской модели в большей части видимой Вселенной). Если это подтвердится, космологии предстоит серьезная перетряска. Фрактальность обобщает понятие однородности, которое по соображениям математической простоты было взято за основу космологии XX века. Сегодня фракталы активно исследуются математиками, регулярно доказываются новые теоремы. Фрактальность крупномасштабной структуры Вселенной может привести к очень неожиданным следствиям, и, кто знает, не ждут ли нас впереди радикальные изменения картины Вселенной и ее развития?

### КРИК ДУШИ

И все-таки, как бы ни вдохновляли космологических «диссидентов» подобные примеры, на сегодня не существует какой-то целостной и хорошо проработанной теории строения и эволюции Вселенной, отличной от стандартной  $\Lambda$ CDM. То, что собирательно называют альтернативной космологией, состоит из ряда претензий, которые справедливо ставятся на вид сторонникам общепринятой концепции, а также набора перспективных идей разной степени проработанности, **которые могут пригодиться в будущем, если появится сильная альтернативная исследовательская программа.**

Традиционная космология описывает расширяющуюся Вселенную на базе ОТО, где гравитация связана с кривизной пространства-времени (слева). Но есть и альтернативные взгляды, рисующие Вселенную, где разбегание галактик — лишь иллюзия, а распределение вещества крайне неоднородно (справа)

Многие сторонники альтернативных взглядов склонны придавать слишком большое значение отдельным идеям или контрпримерам. Они надеются, что, наглядно показав трудности стандартной модели, можно добиться отказа от нее. Но, как утверждал философ науки Имре Лакатос, теорию не могут уничтожить ни эксперимент, ни парадокс. Теорию убивает только новая лучшая теория. Тут пока альтернативной космологии предложить нечего.

Но откуда же взяться новым серьезным разработкам, сетуют «альтернативщики», если во всем мире, в грантовых комитетах, в редакциях научных журналов и в комиссиях по распределению наблюдательного времени телескопов большинство составляют сторонники стандартной космологии. Они, мол, просто блокируют выделение ресурсов на работы, лежащие вне космологического мейнстрима, считая это бесполезной тратой средств. Несколько лет назад напряжение достигло такого накала, что группа специалистов-космологов выступила в журнале *New Scientist* с весьма жестким «Открытым письмом к научному сообществу». В нем объявлялось об учреждении международной общественной организации *Alternative Cosmology Group* ([www.cosmology.info](http://www.cosmology.info)), которая с тех пор периодически проводит собственные конференции, но пока не смогла существенно изменить ситуацию.

История науки знает немало случаев, когда вокруг идей, считавшихся глубоко альтернативными и малоинтересными, неожиданно формировалась новая мощная исследовательская программа. И, быть может, нынешняя разрозненная альтернативная космология несет в себе зародыш будущего переворота в картине мира. ●