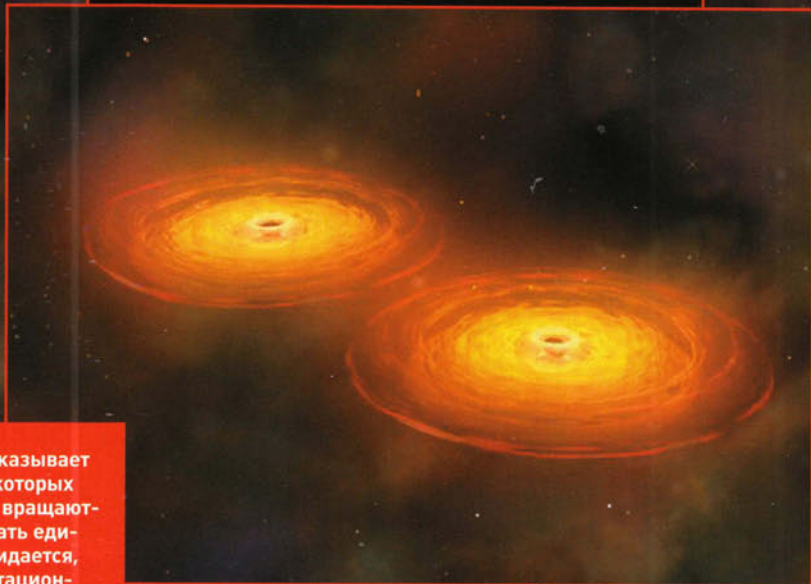
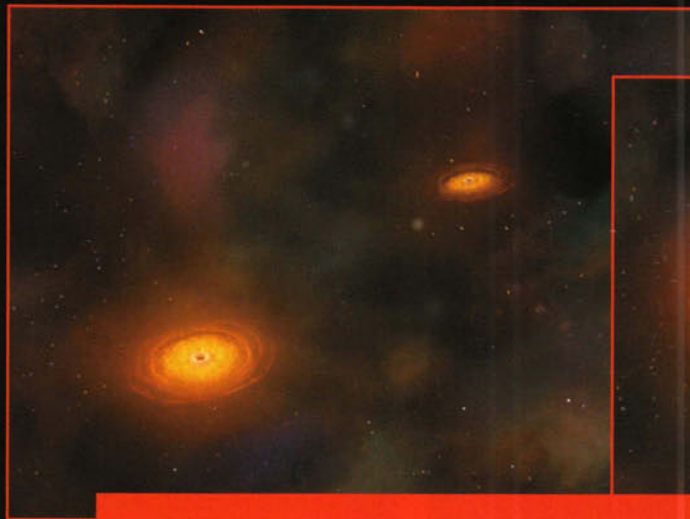




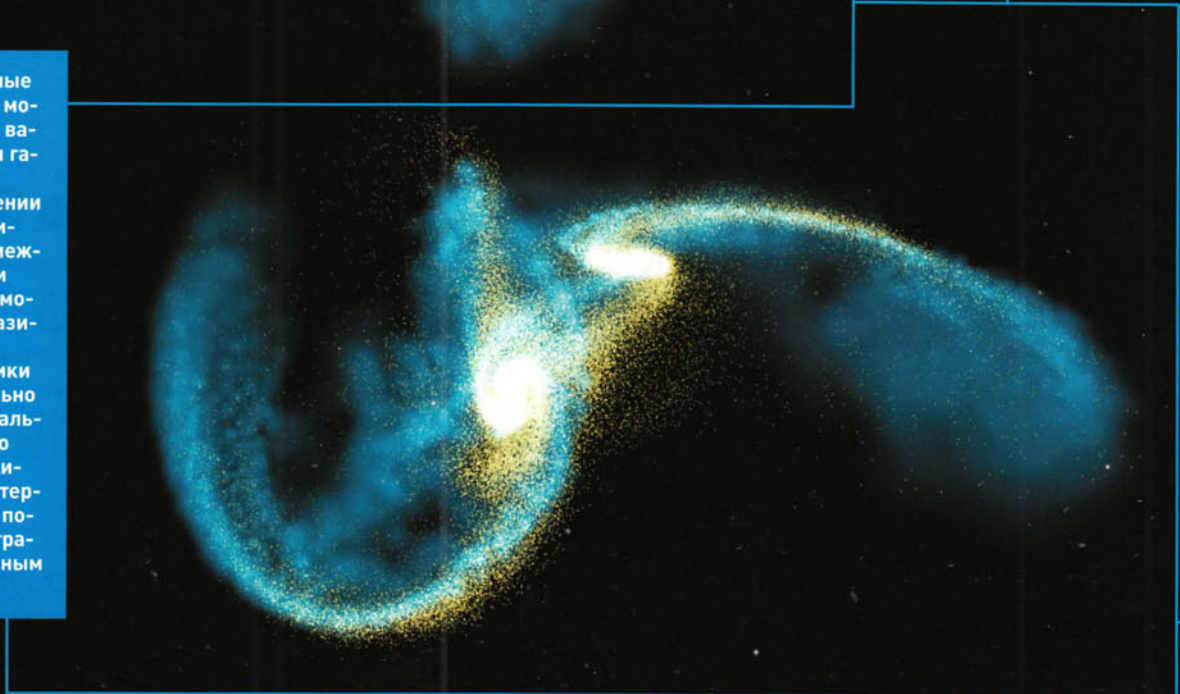
Последовательность из четырех изображений показывает слияние двух черных дыр и галактик, в центрах которых они находятся. Несколько сот миллионов лет они вращаются вокруг их общего центра, прежде чем образовать единую черную дыру. Такое слияние должно, как ожидается, сопровождаться интенсивным излучением гравитационных волн, с помощью которого ученые надеются обнаружить факты слияния черных дыр в ранней Вселенной.

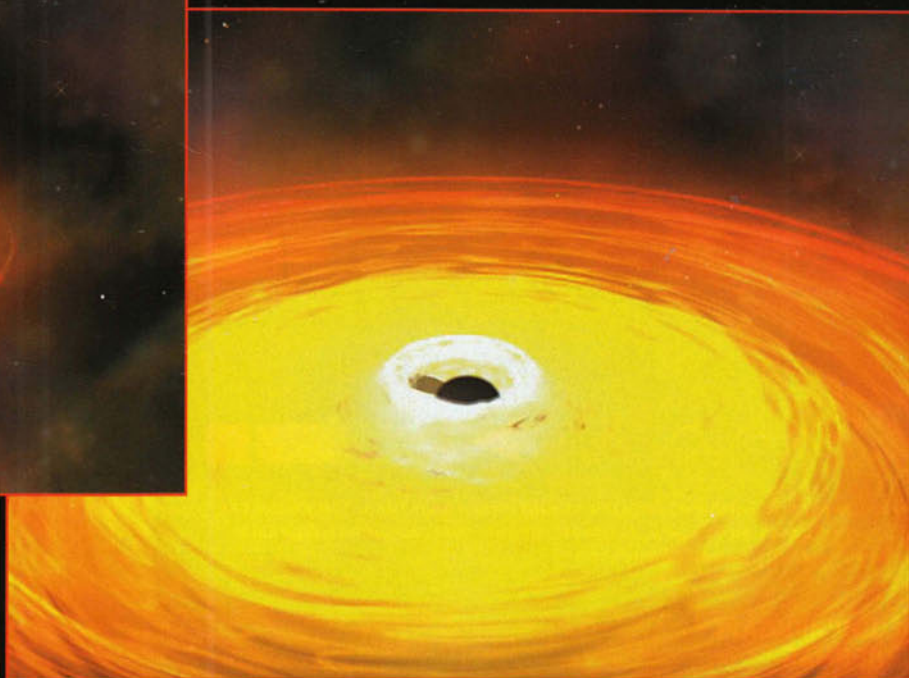


Используя современные компьютеры, ученые моделируют различные варианты столкновения галактик.

На верхнем изображении галактики уже сблизилась, но расстояние между ними еще велико и гравитационное взаимодействие еще не исказило их форму.

На нижнем — галактики уже столкнулись. Сильно искореженные центральные области довольно быстро сольются в единую галактику. Характерные хвосты галактик появляются благодаря гравитационным приливным силам.





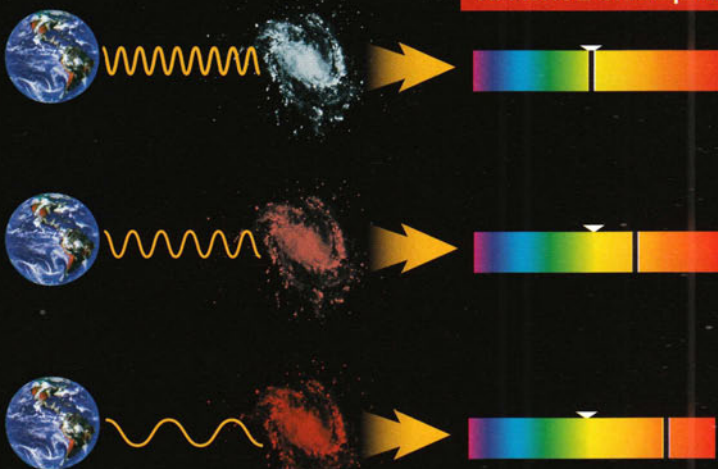
«Курица» или «яйцо»?

НИКОЛАЙ АНДРЕЕВ

19 марта 2003 года группа японских исследователей, возглавляемая Кейчи Кодиярой, Нобунари Касикавой и Есиаки Танигучи, объявила, что в созвездии Волосы Вероники ими с помощью телескопа «Субару» обнаружена самая удаленная из известных нам галактик. Свет, который можно увидеть сейчас, был испущен ею 12,8 млрд. лет назад, когда после Большого Взрыва прошло всего около 900 млн. лет и Вселенная находилась в младенческом возрасте. Именно поэтому их изучение позволяет не только приблизиться к видимым границам Вселенной, но и выяснить, что же происходило на самом раннем этапе ее существования, когда галактики, которые нас окружают, еще только формировались. Сейчас многих из них уже не существует — за миллиарды истекших лет галактики рождались, умирали, разбегались и сливались, поглощая друг друга и образуя новые. В частности, судя по всему, и Млечный Путь (галактика, в которой мы живем) через несколько миллиардов лет сольется со своей ближайшей соседкой — Туманностью Андромеды.

Однажды наша Галактика и соседняя Андромеда столкнутся и если и не разрушатся, то сильно видоизменятся. Чтобы увидеть эту космическую катастрофу, надо подождать несколько миллиардов лет. Однако благодаря компьютерной анимации и точным расчетам ученым удалось воспроизвести картину будущего и даже сделать небольшой мультфильм, кадр из которого вы и видите. Силы гравитации совершенно меняют форму сталкивающихся галактик. На изображении можно видеть характерные «хвосты», созданные приливными силами гравитации.

КРАСНОЕ СМЕЩЕНИЕ



Чем дальше от Земли находится та или иная галактика, тем выше скорость ее удаления от нас и, соответственно, тем сильнее смещены к красному концу линии ее спектра.

РАСШИРЯЮЩАЯСЯ ВСЕЛЕННАЯ



Расширяющуюся Вселенную можно представить себе в виде поверхности шара, внутрь которого накачивается воздух и который, следовательно, увеличивается в размерах. Скопления галактик заменены белыми точками. При расширении шара размеры между точками увеличиваются. Если вообразить себя «стоящим» на одном белом пятнышке, смотрящем на другие, то станет понятно, что соседние пятна удаляются равномерно по всем направ-

лениям. И чем дальше сосед, тем быстрее он это делает. Причем подобная картина видна с любого белого пятнышка, иными словами, можно считать, что центр Вселенной находится в каждой ее точке или (что в принципе то же самое) что центра у Вселенной нет вообще!

МЛЕЧНЫЙ ПУТЬ



Солнечная система (показана желтой точкой) расположена приблизительно на расстоянии 20 световых лет от плоскости экватора и 28 тыс. световых лет от Галактического Центра.

Наша Галактика, Млечный Путь, достаточно велика: диаметр ее диска составляет приблизительно 100 тыс. световых лет, а масса находится в пределах от 750 млрд. до одного триллиона солнечных масс. По разным оценкам, нас окружают от 200 до 400 миллиардов звезд. Все эти объекты вращаются вокруг своего общего центра масс, названного Галактическим Центром. Радиоастрономические исследования распределения водородных облаков показали, что Млечный Путь является спиральной галактикой и, возможно, в центре ее имеется перемычка из звезд. Наша Солнечная система расположена во внешних областях Галактики, в довольно «комфортных» условиях. Поэтому Млечный Путь мы видим как светящуюся полосу, тянущуюся через все небо вдоль плоскости симметрии, которую еще называют «Галактическим Экватором». Центр

Млечного Пути находится в направлении созвездия Стрельца. Центральная область Млечного Пути, как и многих других галактик, является значительно более плотной, чем внешняя часть, и содержит массивный центральный объект — Стрелец А*, внутри которого расположена черная дыра. Солнце вместе со всей Солнечной системой вращается вокруг Галактического Центра на почти круговой орбите со скоростью приблизительно 250 км/сек. Чтобы представить, насколько она велика, напомним, что скорость пули, выпущенной из современного оружия, редко превышает 1 км/сек. Тем не менее размеры Галактики настолько велики, что мы совершаем полный оборот приблизительно за 220 млн. лет, так что с момента образования Солнечной системы, 4,6 миллиарда лет назад, было совершено приблизительно 20—21 оборот.

Ясной, безлунной ночью каждый из нас может видеть Млечный Путь — светящуюся, туманную полосу, протянувшуюся поперек неба. А первым, кто рассмотрел ее в телескоп и обнаружил, что она состоит из множества слабых звезд, был Галилей. В середине XVIII века астрономы предположили, что большинство наблюдаемых звезд образуют единую дискообразную структуру. И полвека спустя эта гипотеза была подтверждена Уильямом Гершелем, составившим каталог огромного числа звезд и расстояний до них. К началу XX века общепринятым стало мнение, что эта звездная полоса — часть единственной во Вселенной галактики, которая «приютила» миллиарды звезд, включая и наше Солнце. Сейчас предполагается, что в видимой части Вселенной находится около 40 миллиардов галактик.

Имя человека, который в 1924 году открыл, что наш Млечный Путь — лишь песчинка в море, постоянно находится на слуху. Звали его Эдвин Хаббл, и именно в его честь был назван ставший уже знаменитым орбитальный телескоп, который с момента своего запуска в 1990 году считается одним из основных инструментов астрофизиков в исследовании Вселенной.

В 1920-е годы, исследуя спектры излучения далеких звезд, астрономы обнаружили, что они смещены в красную сторону по сравнению со спектрами ближних звезд. По их предположению, скорее всего, благодаря эффекту Доплера, состоящему в том, что если некий объект, испуская волны любой природы, приближается к наблюдателю, то он будет «видеть» волны меньшей длины, а если объект удаляется — то большей. Простой пример — в том случае, если

мимо вас проносится электричка, то при ее приближении гудок из высокого тона резко переходит в низкий. Эта ситуация аналогична и для электромагнитного излучения. Свет приближающегося объекта смещается к фиолетовой части спектра (менее длинные волны), а удаляющегося — к красной (более длинные волны).

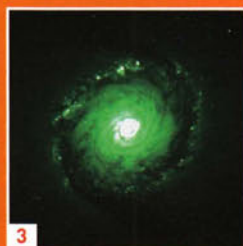
Затратив годы на составление каталогов спектров галактик и расстояний до них, Хаббл к 1929 году обнаружил, что почти все галактики уда-

Именно галактики помогли нам узнать, что мы живем не в статичной, а в постоянно расширяющейся Вселенной.

Интересная и до конца еще не понятая галактика под названием Объект Хоуга. Ее размер — около 120 тыс. световых лет, что чуть больше Млечного Пути. Кольцо этой галактики состоит из скоплений молодых звезд. Имеется много догадок, каким образом молодые звезды вдруг стали рождаться на периферии этой галактики, где обычно плотность вещества мала. Одно из предположений состоит в том, что это вещество было захвачено Объектом Хоуга у пролетающей мимо галактики.

«Странная» галактика NGC 4622. Судя по «рукавам», она должна вращаться против часовой стрелки, но, скорее всего, вращается в обратную сторону. Причина такого «неправильного» поведения кроется во влиянии окружающей среды, хотя детали его пока неизвестны. Голубые точки в рукавах — скопления молодых звезд.

Галактика NGC 1512 — красавица, обрамленная «венком» из скоплений молодых звезд, — соседка нашего Млечного Пути, до нее всего лишь 30 млн. световых лет. Это изображение составлено на основе снимков (1)—(7), сделанных камерами «Хаббла» в разных диапазонах: (1) и (2) — в ультрафиолетовом, (3) и (4) — в видимом свете, а (5)—(7) — в инфракрасном.





Телескопом «Хаббл» были обнаружены две галактики, которые беспечно пролетали недалеко друг от друга, но были захвачены взаимными гравитационными силами. Более массивная из них в каталогах называется NGC 2207, а меньшая (справа) — IC 2163. Яркое пятно в центре большей галакти-

ки — это интенсивное излучение вещества, падающего на черную дыру, скрывающуюся в центре NGC 2207. Форма маленькой галактики уже начала искажаться. Видно, как из нее «вытекают» звезды и газ. Эти рукава простираются на сотни тысяч световых лет. Группой ученых под руководством

Брюса и Дебры Элмегрин были проведены компьютерные расчеты движения этих галактик. Им удалось восстановить детали столкновения. Оказывается, галактика IC 2163 уже пролетела мимо NGC 2207, вращаясь против часовой стрелки. Казалось бы, свобода близка, но ее скорость слишком мала и гра-

витационное взаимодействие заставит ее вернуться назад. В конце концов обе галактики образуют одну, более массивную. Ученые полагают, что многие современные галактики, включая и Млечный Путь, образовались миллиарды лет назад именно путем слияния более мелких.

ляются от нас (в то время считалось, что движутся они хаотично, то есть количество приближающихся и удаляющихся должно быть примерно одинаковым) и, более того, их спектры смещены в красную область тем сильнее (то есть скорость убегания тем выше), чем более галактика удалена.

Можно было предположить, что именно наша Галактика является центром расширяющегося мироздания, но гораздо более логичным представлялось другое объяснение — во Вселенной нет «центра», от которого бы разлетались галактики, она одинакова во всех направлениях. Расширение Вселенной, ставшее величайшим открытием космологии, надо понимать как разлет галактик (точнее, скоплений галактик), приводящий к непрерывному увеличению расстояния между ними. При этом их собственные размеры практически не меняются, поскольку представляют собой гравитационно связанные системы объектов.

На первый взгляд может показаться, что галактики беспорядочно рассеяны во Вселенной, на деле же космический хаос имеет свои закономерности. Разнообразные по форме и размеру галактики группируются в скопления, которые в свою очередь являются частями еще больших группировок, названных «сверхскоплениями». Например, Млечный Путь вместе с Туманностью Андромеды и еще 34 меньшими галактиками входит в состав так называемой Местной Группы, имеющей в поперечнике несколько миллионов световых лет.

ТИПИЧНЫЙ СЛУЧАЙ

Размеры галактик простираются от карликовых с какими-нибудь десятками миллионов звезд до массивных — с ты-

сячами миллиардов звезд. Хотя, несмотря на их внешнее разнообразие, все они могут быть отнесены к тому или иному типу строения.

Сферические или эллипсоидные галактики имеют красноватый цвет, создаваемый их состарившимися обитателями. Их размеры меняются от гигантских звездных систем диаметром в сотни килопарсек, до карликовых — порядка одного килопарсека. И находятся они почти всегда в богатых галактических скоплениях.

Весьма распространены спиральные (или дисковые) галактики. Их плоские диски погружены в разряженное слабосветящееся сферическое облако слабых старых звезд и газа — гало. На диске заметен спиральный узор из

двух или нескольких закрученных в одну сторону рукавов, выходящих иногда из центра галактики. Эффектные спиральные рукава выделяются за счет сверкающих, молодых голубых звезд. У некоторых спиральных систем в центральной части имеется почти прямая звездная перемычка, от которой начинаются спиральные рукава. Некоторые спиральные системы, видимые с ребра, похожи на толстое или тонкое веретено, часто пересеченное темной полосой поглощающей материи.

В отличие от них линзовидные галактики внешне гораздо менее привлекательны и фотогеничны — они хоть и обладают выпук-

Все указывает на то, что в центре Млечного Пути находится черная дыра, которая поглощает окружающее ее вещество. Но Солнечной системе, находящейся на периферии Галактики, такая участь не грозит.

Реальное столкновение двух галактик, которое можно наблюдать благодаря телескопу «Хаббл». Эти галактики из-за длинных хвостов были названы «мышками». В скором времени они сольются — для этого потребуется всего около нескольких сотен миллионов лет.

ОСНОВНЫЕ ТИПЫ ГАЛАКТИК И ИХ СВОЙСТВА (по Э. Хаббл)

СПИРАЛЬНЫЕ	ЭЛЛИПТИЧЕСКИЕ	НЕПРАВИЛЬНЫЕ
ПРОЦЕНТНОЕ СООТНОШЕНИЕ ВО ВСЕЛЕННОЙ		
34%	13%	53%
ФОРМА И СТРУКТУРНЫЕ СВОЙСТВА		
Плоский диск звезд и газа со спиральными рукавами, утолщающимися к центру. Ядро из более старых звезд и примерно сферическое гало (межзвездный газ, немного звезд и магнитное поле).	Диск отсутствует. Звезды распределены в объеме, напоминающем эллипсоид.	Никаких внутренних особенностей, кроме плотного ядра в центре. Структура отсутствует.
СОСТАВ ЗВЕЗД		
Диск содержит молодые и старые звезды. Ядро — только старые.	Только старые звезды.	Молодые и старые звезды.
ГАЗ И ПЫЛЬ		
В диске довольно много, в гало — мало или нет совсем.	Газа и пыли мало или нет совсем.	Газа и пыли много.
ОБРАЗОВАНИЕ ЗВЕЗД		
Звезды продолжают рождаться в спиральных рукавах.	Звезды практически не образуются последние 10 млрд. лет.	Энергичное рождение звезд сейчас.
ДВИЖЕНИЕ ЗВЕЗД И ГАЗА		
Газ и звезды в диске движутся по эллиптическим орбитам вокруг галактического центра. Звезды в гало движутся хаотически.	Звезды движутся хаотически.	Звезды и газ движутся хаотически.

На фотографии, полученной телескопом «Хаббл», хорошо виден «конвейер», перекачивающий вещество между двумя галактиками. Эти галактики — NGC 1410 (слева) и NGC 1409 (справа) — сильно пострадали при столкновении, которое произошло 100 млн. лет назад. Конвейер (темная полоска) начинается в NGC 1410 и, преодолев рас-

стояние более 20 тыс. световых лет, обвивается вокруг соседки. Видимо, поток влетающего в NGC 1409 вещества невелик, потому что не вызывает образования новых звезд. Сейчас галактики сближаются со скоростью около 1 млн. км в час и в конечном итоге сольются примерно через 200 млн. лет.

лой центральной частью и тонким диском, как и спиральные галактики, но не имеют их эффектных спиральных рукавов, но иногда в наружных частях «линз» видны некоторые их зачатки, перемычки и наружные кольца.

Во время наблюдений было обнаружено и множество совершенно бесформенных, клочковатых галактик, получивших название неправильных. Около половины вещества в них составляет межзвездный газ.

Полная энергия, которую испускает «нормальная» галактика, представляет сумму излучений от всех ее звезд. Но есть такие галактики, которые в радио-, инфракрасной, ультрафиолетовой и рентгеновской областях электромаг-

нитного спектра испускают энергии больше, чем следует. Такие галактики называются «активными». В чем же источник этой дополнительной энергии? Ответом на этот вопрос стало открытие черных дыр — объектов, в которых материя сжата настолько плотно, что не выпускает за свои пределы никакого излучения. Если черная дыра с массой от миллиона до миллиарда солнечных масс находится в центре галактики с большой плотностью вещества, то это вещество «засасывается» черной дырой. При этом гравитационные силы настолько велики, что заставляют падающее вещество излучать, превращая галактику в активную. Именно это излучение и выдает ученым присутствие черных дыр.

Самые удаленные и самые яркие объекты — квазары (сокр. от «квазизвездные источники») из области меньшей, чем наша Солнечная система, испускают больше света, чем вся наша Галактика. По-видимому, это сверхмассивные черные дыры, находящиеся в центрах галактик, которые преобразуют гравитационную энергию падающей материи в излучение, заставляя его светиться. Возраст самых удаленных квазаров, обнаруженных астрономами, составляет

примерно 12 миллиардов лет, что лишь немногим меньше возраста Вселенной и свидетельствует о «бурной» молодости галактик.

На ранних этапах эволюции Вселенной, когда ее размеры были в 3—5 раз меньше современных, квазаров было значительно больше, чем сейчас. В настоящее время считается, что черные дыры есть в центрах почти всех близких галактик и представляют они собой бывшие квазары, собирающие материю значительно медленнее, чем они это делали в пору своей юности. И происходит это совсем не потому, что они «выдохлись», просто в окрестностях черных дыр стало меньше материала для поглощения. Вполне возможно, что квазары — это определенный этап развития галактики и что все современные галактики, в том числе и наша собственная, когда-то были квазарами.

Близкими родственниками квазаров, очевидно, являются Сейфертовские галактики и радиогалактики. Сейфертовскими называются галактики, в видимой области излучения похожие на обычные спиральные, но с очень активными ядрами, мощность излучения которых к тому же сильно меняется со временем, указывая на происходящие там грандиозные процессы. Радиогалактики, отличающиеся мощным излучением в радиодиапазоне, являются огромными эллиптическими галактиками. Мощности Сейфертовских и радиогалактик также обеспечиваются сверхмассивными черными дырами, находящимися в их центрах. Не исключено, что все это разнообразие типов — просто определенные этапы эволюции галактик, которые наблюдаются во Вселенной сейчас.

ЭВОЛЮЦИЯ ГАЛАКТИК

Согласно принятой иерархической модели формирования галактик первыми структурами, образовавшимися в ранней Вселенной, являются маленькие протогалактики, массы которых составляют всего несколько тысяч Солнц. Появляются все больше доказательств того, что главными движущими силами эволюции галактик и причиной их разнообразия являются взаимодействие и столкновение галактик друг с другом. При этом не следует думать, что столкновение двух галактик будет представлять собой бесчисленные столкновения между входящими в них звездами. На самом деле, вероятность столкновения двух звезд очень мала, потому что размеры их очень малы по сравнению со средним расстоянием между ними. Но межзвездное пространство заполнено газом и пылью, и именно эти компоненты взаимодействуют, когда галактики сталкиваются. Гравитационное взаимодействие приводит к нарушению структуры газопылевой среды и к перекачиванию вещества из одной галактики в другую.

Трение, возникающее между газом в сталкивающихся галактиках, порождает ударные волны, которые могут вызвать образование новых звезд. Новые звезды в первые несколько миллионов лет своей жизни имеют весьма необычную светимость и голубизну, а потому обнаружение таких звезд является наиболее очевидным признаком произошедшего столкновения.



Телескоп «Хаббл» оказался свидетелем медленного «танца» группы галактик, который приведет к их разрушению в течение миллиарда лет. Галактики уже сблизились так сильно, что гравитационные силы отрывают от них звезды. В конечном итоге те же гравитационные силы объединят все эти галактики в одну большую. Название этой группы — «Сейфертовский

Секстет» подразумевает наличие 6 галактик, хотя маленькая галактика, с «рукавами» из газа и звезд, повернувшаяся к нам «лицом», находится от нас в 5 раз дальше остальных. Шестой член секстета (справа, внизу) — вообще не галактика, а всего лишь хвост одной из них. Эта группа названа так в честь астронома Карла Сейферта, открывшего ее в сере-

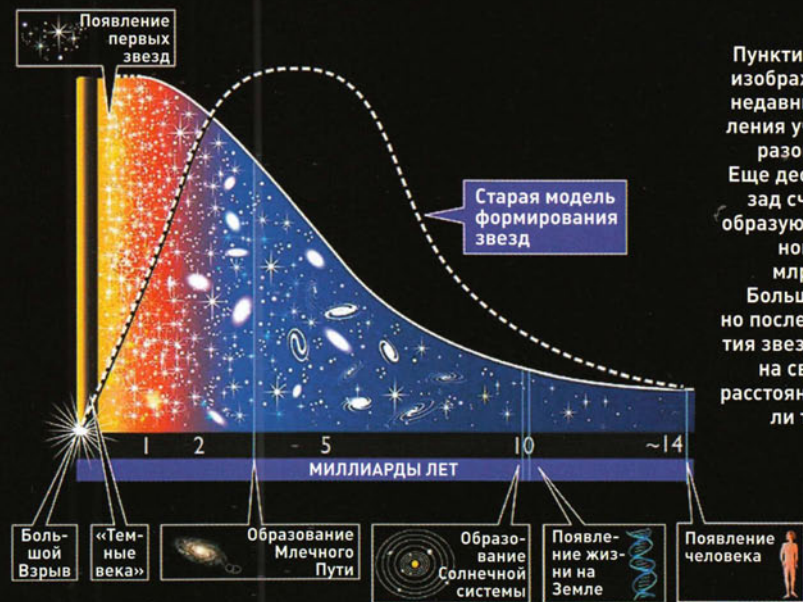
дине прошлого века. «Сейфертовский Секстет» расположен в созвездии Змеи на расстоянии 190 млн. световых лет от Земли. Обычный результат столкновений — кластеры молодых звезд — в нем отсутствует. По-видимому, это связано с тем, что мы застали лишь начальный этап столкновения и до «серьезного выяснения отношений» дело еще не дошло.

Большинство галактик Вселенной вращается, то есть обладают ненулевым моментом импульса. Но самое странное заключается в том, что если сложить все моменты галактик, то величина получится хоть и очень маленькая, но отнюдь не нулевая. Возможно, наша Вселенная уже родилась вращающейся как единое целое.

Эти процессы радикально влияют на их структуру. Например, две спиральные галактики могут слиться и сформировать эллиптическую. Большие галактики поглощают маленькие и растут до еще больших размеров. Все эти процессы длятся миллионы лет (не так уж много по астрономическим масштабам времени), но вот человеческой жизни явно не хватит на то, чтобы зафиксировать все их стадии. Для того чтобы увидеть динамику, нужно наблюдать несколько пар взаимодействующих галактик в различные моменты их слияния и затем составить последовательность изображений во времени.

Многие активные галактики, включая квазары, также являются частью взаимодействующих или сливающихся систем. Множество далеких, а следовательно, очень старых галактик несут следы разрушения, что свидетельствует о том, что в ранней Вселенной столкновения галактик были скорее правилом, чем исключением. Проведенные вычисления показывают, что большинство скоплений галактик уже прошло через одно или более таких столкновений. Наш Млечный Путь, очевидно, тоже является результатом слияния небольших галактик. Существует маленькая карликовая галактика, которая вливается в нашу прямо сейчас, а еще восемь близрасположенных карликовых галактик сольются с ней через некоторое время.

По горизонтальной оси отложено время, измеряемое миллиардами лет. После Большого Взрыва (самая левая желтая полоса) вся среда оказалась очень горячей, ее температура была порядка 100 млрд. Кельвин. Затем, в процессе расширения, Вселенная быстро охладилась (темная полоса) и менее чем через миллиард лет зажглись первые звезды. А в интервале от 2 до 5 млрд. лет образовались скопления звезд и галактики. В дальнейшем большинство старых звезд взорвалось, оставив после себя тяжелые элементы, которые служат материалом для новых звезд, одной из которых является Солнце. Самая правая черточка на диаграмме показывает время появления человека.



Пунктирной линией изображены совсем недавние представления ученых об образовании звезд. Еще десяток лет назад считалось, что образуются они в основном через 5 млрд. лет после Большого Взрыва, но последние открытия звезд и галактик на сверхбольших расстояниях изменили точку зрения ученых.

ЭХО БОЛЬШОГО ВЗРЫВА

В 1964 году физики Арно Пензиас и Роберт Вилсон, сотрудники Bell Laboratories, занимавшиеся обслуживанием радиоантенны слежения за американским космическим спутником «Эхо» в Холмделе (Нью-Джерси), решили проверить некоторые свои научные гипотезы о радиоизлучении тех или иных объектов Вселенной. Антенна была самым чувствительным на тот момент детектором СВЧ-волн, а потому сначала ее надо было правильно настроить, чтобы исключить возможные помехи.

Для тестирования была выбрана длина волны 7,35 см, на которой не излучал ни один из известных источников. Работа долго не клеилась, поскольку антенна постоянно фиксировала некий дополнительный посторонний шум, от которого никак нельзя было избавиться. Проверка всех компонентов и даже удаление из дорогостоящей аппаратуры неиз-

вестно как попавшего туда голубиного помета эффекта не принесли. Шум не зависел ни от направления антенны, что означало, что его источник находится за пределами Земли и ее атмосферы, ни от времени суток, то есть не мог быть связан с Солнцем или планетами. Если бы причина крылась в нашей Галактике, то интенсивность излучения изменялась бы из-за вращения Земли вокруг своей оси и вокруг Солнца, изменяющего направление антенны на те или иные участки космоса. Шум же был везде и всегда.

Интенсивность этого радиосигнала оказалась равной интенсивности излучения абсолютно черного тела с температурой около 3 К (К — Кельвин, единица температуры: 0 К — «абсолютный нуль» — температура тела, состоящего из неподвижных атомов, а 273 К соответствует 0°C). Потратив около года на устранение неустранимой помехи, Пензиас и Вилсон поняли, что нашли то, чего не теряли, — реликтовое излучение ранней Вселенной, существование которого было предсказано Джорджем Гамовым еще в 1948 году.

По иронии судьбы, в то же самое время Роберт Дикке и Джим Пиблз из расположенного по соседству с Холмделом Принстонского университета вычислили, что такое излучение, если оно действительно существует, должно быть изотропным (не зависеть от направления) и соответствовать температуре излучения абсолютно черного тела с температурой не более 10 К, о чем Пиблз и рассказал на своей лекции в начале 1965 года. Случайно узнавший об этом Пензиас позвонил в Принстон, когда там уже почти смонтировали аппаратуру для практического поиска сигнала. Включать ее уже не имело смысла.

Теоретическое обоснование открытия взяли на себя принстонцы, но тем не менее Нобелевская премия 1978 года была присуждена Пензиасу и Вилсону именно за практическое обнаружение излучения.

Что же такое реликтовое излучение? Согласно теории Большого Взрыва Вселенная возникла приблизительно 14 млрд. лет назад в результате грандиозного взрыва, создавшего пространство и время, всю материю и энергию, которые нас окружают. Новорожденная Вселенная

ФОРМИРОВАНИЕ ВСЕЛЕННОЙ



Карта, составленная на основе данных космической обсерватории «Вилкинсон», показывает распределение температуры реликтового излучения.

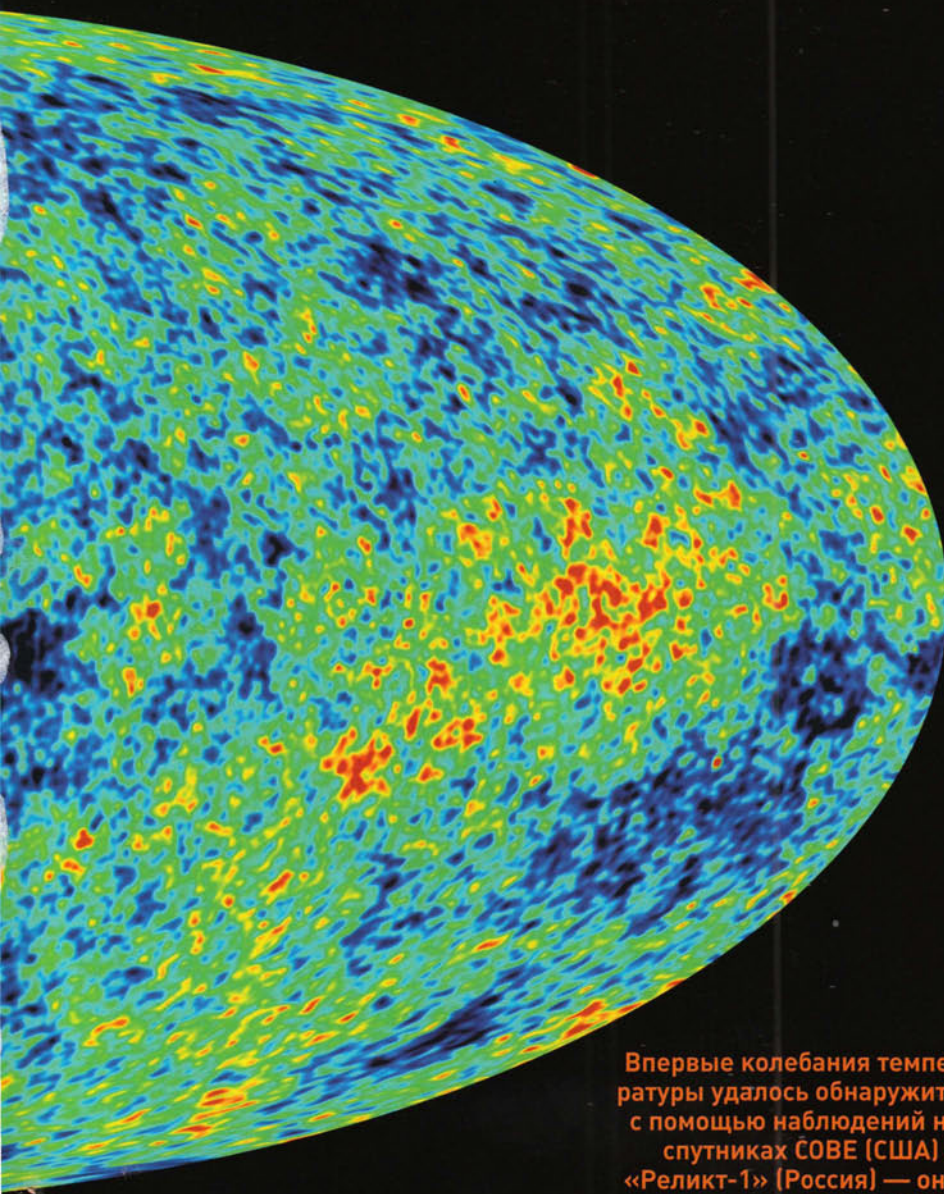
Температурные колебания соответствуют слабым сгущениям материи в младенческой Вселенной, которые, как считается, явились прародителями тех звездных структур, которые мы видим сегодня (излучение же от зарождающегося скопления будет иметь немного меньшую температуру).

прошла стадию чрезвычайно быстрого расширения, названного инфляцией, которая радикально изменила пейзаж младенческого космоса. До возраста приблизительно 300 тыс. лет Вселенная была кипящим котлом из электронов, протонов, нейтрино и излучения, которые взаимодействовали между собой и составляли единую среду, равномерно заполняющую всю раннюю Вселенную. Общее расширение Вселенной постепенно охлаждало эту среду, и, когда температура упала до значения нескольких тысяч градусов, наступило время для формирования стабильных атомов. Так же в результате расширения первоначальное излучение стало куда менее интенсивным, но не пропало совсем. Именно его и обнаружили будущие нобелевские лауреаты.

Реликтовое излучение равномерно заполняет всю Вселенную, и, если мы могли бы видеть микроволны, все небо пылало бы с поразительно одинаковой яркостью во всех направлениях. Эта однородность является одной из главных причин, по которой это излучение считают теплом, оставшимся от Большого Взрыва. Но как может локальный источник создать подобную однородность? Оказывается, этому способствует сам процесс расширения простран-

ва. Чтобы наглядно понять, как это происходит, представьте себе такую большую и очевидную неоднородность, как гора Джомолунгма. Теперь начните мысленно растягивать эту гору в ширину, оставляя высоту неизменной. Если как следует постараться и растянуть ее в ширину, скажем, на миллион километров, то получится почти идеально плоская поверхность — перепад высот в 8 км (высота горы) будет практически незаметен на таком колоссальном масштабе. Именно это и происходит при расширении пространства после Большого Взрыва — все неоднородности сглаживаются. Но возникшие после инфляции крошечные изменения в плотности материи в ранней Вселенной должны были оставить отпечаток на реликтовом излучении в форме температурных колебаний от точки к точке.

Долгое время Вселенная, остыв после Большого Взрыва, оставалась темной и холодной — ничто ее не освещало. Этот период, названный «Темными веками», закончился, когда сформировались звезды. Очень ранний возраст Вселенной, к которому относят начало формирования первого поколения звезд, впервые осветивших ее спустя всего 200 млн. лет после Большого Взрыва, привел к идее о



Впервые колебания температуры удалось обнаружить с помощью наблюдений на спутниках COBE (США) и «Реликт-1» (Россия) — они составляли от 2,7251 К до 2,7249 К, то есть 0,01%.

ИЗ ЧЕГО СОСТОИТ ВСЕЛЕННАЯ?



В феврале 2003 года исследователи с помощью космической обсерватории «Вилкинсон» (WMAP) представили новую, гораздо более подробную, карту точного распределения температуры реликтового излучения по всему небу. Используя новые данные и компьютерное моделирование, исследователи, воссоздав картину зарождавшейся Вселенной, установили ее возраст и состав. По их словам, Вселенная, которой сейчас 13,7 млрд. лет (с точностью до 200 млн. лет), только на 4% состоит из обычных атомов, из которых состоят звезды и планеты, остальное же — это 23% «холодной» скрытой массы и 73% не изученной пока «темной энергии».

Под скрытой массой, или темной материей, понимаются любые неизвестные частицы и/или неизлучающие тела. Понять состав скрытой массы — одна из первоочередных задач науки. Кстати, термин «темная материя» не слишком-то хорош, так как материя эта — прозрачна для излучения. Если бы она действительно была темной, то мы вообще не имели бы возможности видеть звезды. Еще более ошеломляющим было открытие темной энергии, сделанное 5 лет назад. Что это такое — непонятно до сих пор, хотя предложено было уже множество объяснений, каждое из которых может оказаться правильным.

РЕЗУЛЬТАТ КОМПЬЮТЕРНОГО МОДЕЛИРОВАНИЯ ИСТОРИИ ВСЕЛЕННОЙ



«Темные века». Звезды еще не родились. В пространстве находятся атомы (в основном водород), нейтрино и фотоны (излучение). Разным цветом отмечены области с разной температурой и разной плотностью. Именно эти флуктуации плотности в дальнейшем и породят все разнообразие галактик.



Под действием гравитации атомы начинают собираться из областей с низкой плотностью в области повышенной плотности.



Гравитация сжала и нагрела газ достаточно сильно, чтобы могли образоваться первые звезды, в которых проходят ядерные реакции и образуются более тяжелые атомы.

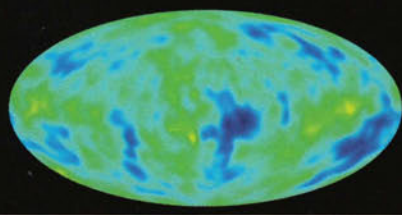


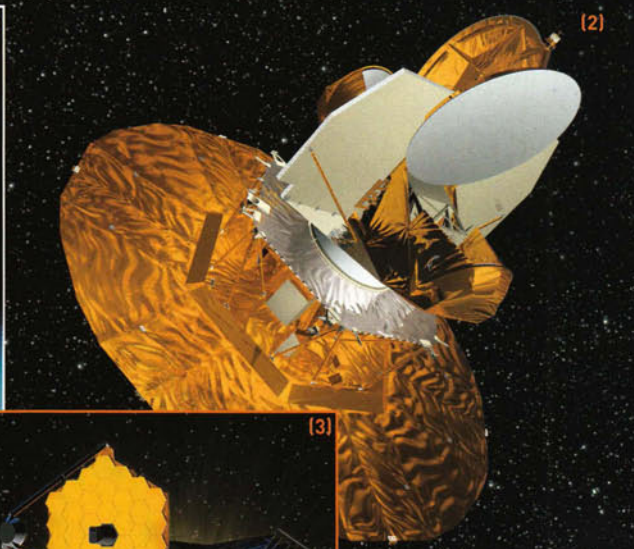
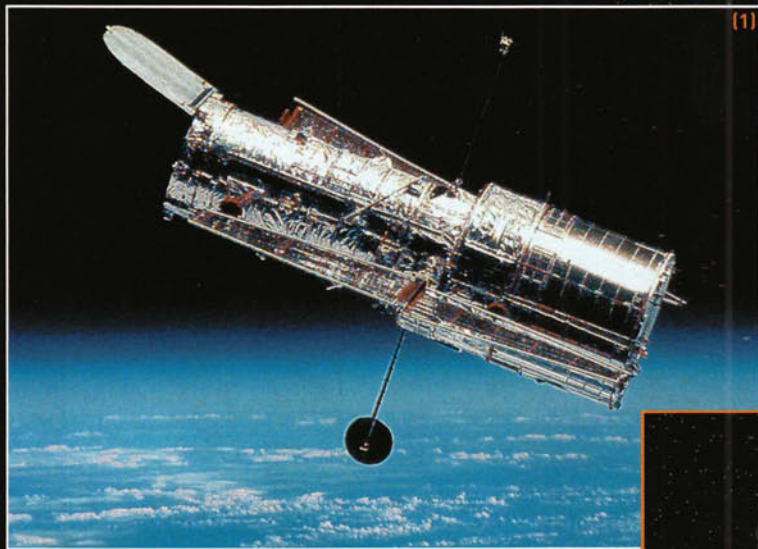
Первые звезды собираются в галактики.



Современная эпоха. Миллиарды звезд и галактик, и все это появилось из первичных флуктуаций.

Сравнительная разрешающая способность спутников COBE (вверху) и WMAP (внизу).





[1] Космический телескоп «Хаббл».

[2] Обсерватория WMAP.

[3] Космический телескоп JWST.

МАШИНЫ ВРЕМЕНИ

том, что таинственный тип невидимой материи собрал газ вместе вскоре после рождения Вселенной, позволив сформироваться первым звездам и галактикам.

Скрытая масса (или темная материя) возникла почти сразу после Большого Взрыва, в отличие от знакомых нам атомов. Она слабо взаимодействует с электромагнитным излучением (чем и объясняются трудности ее обнаружения), однако, как и «нормальная» материя, обладает гравитацией, поэтому способна сама собираться в сгущения и притягивать «нормальную» материю. Темная материя, возможно, служила теми гравитационными «зернами», которые вызывали увеличение плотности энергии в небольших областях пространства. Гравитационные силы этих областей притягивали к себе все окружающее вещество, становясь зернами будущих галактик. Сегодня уже достоверно известно, что галактики окружены гало из темной материи, которые в 10 раз массивнее видимых компонентов галактик.

Возможны два сценария развития событий: концентрация материи в больших структурах с последующим формированием в них звезд или формирование звезд с последующим объединением их в большие структуры. Пока еще не известно, какой из них был реализован и что в действительности являлось источником энергии для первых источников света, осветивших Вселенную, — звезды с их термоядерным синтезом или излучение, вызванное падением материи на черные дыры.

Черные дыры могут играть важную роль на начальной стадии формирования галактик, собирая материю вместе посредством своей мощной гравитации. Новые открытия супермассивных черных дыр в центрах трех ближайших эллиптических галактик только прибавляют в этом уверенности. Такая связь, естественно, вызывает вопрос и о том, что появилось сначала — галактика или черная дыра, хотя последние данные в большей степени указывают на то, что именно черные дыры формируют вокруг себя галактики. Так что есть надежда, что спор по поводу того, что появилось раньше — «курица» (галактика) или «яйцо» (массивная черная дыра), по всей видимости, будет разрешен уже в обозримом будущем. ●

Мы видим наше Светило таким, каким оно было 8 минут назад (за это время его свет проходит 150 млн. км до Земли), а большинство звезд, наблюдаемых невооруженным глазом и находящихся от нас на расстояниях от 10 до 100 световых лет, — такими, какими они были от 10 до 100 лет назад. Самая близкая большая галактика, Андромеда, предстает перед нами такой, какой она была 3 млн. лет назад. Далекие же галактики «показывают» нам, какими они были несколько миллиардов лет назад. Изображения далеких объектов являются астрономическими «окаменелостями», сохранившими отпечаток их прошлого. И чтобы раскрыть тайну рождения галактик, астрономам, подобно ученым-археологам, придется «слоить за слоем» удалять пласты времени. И надо сказать, за последние годы астрономам, использующим наземные телескопы, все дальше проникающим в космические

глубины с целью изучения тех объектов, которые существовали на заре развития Вселенной, удалось достичь весьма впечатляющих результатов. Но даже самый большой наземный телескоп способен лишь обнаружить объекты, удаленные на большие расстояния, тогда как космический телескоп «Хаббл» может показать их форму, позволяя выделить различные типы удаленных галактик и проследить их развитие. Подобно кадрам кинофильма, полученные «Хабблом» изображения, выстроенные в нужном порядке, показывают появление структур в младенческой Вселенной и стадии развития галактик. Наблюдения космического микроволнового фона и развитие физики частиц высоких энергий дают представление о молодой Вселенной — не старше 1 млн. лет. Однако для промежуточного периода (от 1 миллиона и до нескольких миллиардов лет), ко-

гда начали формироваться звезды и галактики, наблюдения практически отсутствуют. И чтобы «попасть» в этот временной промежуток, необходимо изучать объекты, находящиеся на границе наблюдаемой Вселенной. Но так как их излучение из-за «красного смещения» сильно искажается, то наблюдения целесообразнее выполнять в инфракрасной части спектра, для чего и предназначается 7-метровый космический телескоп следующего поколения — JWST, названный в честь Джеймса Э. Уэбба (администратор NASA с 1961 по 1968 год). JWST, который планируется запустить в 2010 году, будет способен видеть объекты в 400 раз более слабые, чем наблюдаемые в настоящее время большими наземными инфракрасными телескопами и даже новейшими космическими ИК-телескопами, а его пространственное разрешение будет сопоставимо с «Хабблом».