

**Е. В. Бурлаченко**

## **РАСПАД ИЛИ КОНДЕНСАЦИЯ? НАПОМИНАНИЕ О СТАРОМ СПОРЕ**

### **1**

Судя по многочисленным публикациям, посвященным современной астрофизике, она находится на подъеме. Положение дел даже сравнивают с революционной ситуацией, сложившейся в физике в начале прошлого века. Но если тогда истина рождалась в спорах, сейчас новые понятия проникают в астрофизику практически без сопротивления. При этом ключевые положения старой теории, вместо того, чтобы обрести окончательную ясность, заменяются наборами гипотез. Современный астрофизик подробно объяснит, что такое космологический вакуум или антигравитация, но на вопрос о происхождении галактик даст расплывчатый ответ, включающий несколько возможных сценариев.

Итак, рассмотрим ситуацию с критической точки зрения.

В основе общепринятой космогонической концепции и связанной с ней космологической теории Большого взрыва лежит классическая теория происхождения звезд путем гравитационного сжатия газопылевой материи. До середины прошлого века единственным источником сведений о Вселенной был видимый свет. К этому времени классическая концепция заняла в астрофизике господствующее положение. Но в результате научно-технического прогресса появились приборы, позволяющие вести наблюдения в самом широком диапазоне волн – от метровых радиоволн до гамма-лучей, где длины волн составляют миллиардные доли миллиметра. Это вызвало нарастающий поток астрономических данных, многие из которых не вписывались в русло классической концепции. Ради согласия теории с фактами астрофизики решились на сомнительный шаг – дополнили ее экзотическими понятиями: темная материя, темная энергия, черные дыры. В результате возникла неуязвимая концепция-кентавр: чем больше открывалось новых фактов, противоречащих классической части концепции, тем больше появлялось аргументов в защиту ее экзотической части, которая, таким образом, росла как на дрожжах. Если бы в свое время физики проявили такую же безоговорочную преданность классическим представлениям, они бы до сих пор открывали все новые и новые свойства эфира, подобно тому, как астрофизики открывают все новые и новые свойства темной материи. К счастью для физиков, они, как правило, могут сделать выбор в пользу той или иной теории с помощью решающего эксперимента. В астрофизике же, где решающий эксперимент невозможен, степень обоснованности теории зависит от количества работ, посвященных ее обоснованию, другими словами – определяется числом сторонников данной теории. В свою очередь, число сторонников теории тем больше, чем

больше ее обоснованность. При таких условиях космогоническая концепция, возникшая раньше других, оказывается вне конкуренции.

И все же существует альтернативная концепция, создатели которой внесли в развитие современной астрофизики не меньший вклад, чем их оппоненты, – достаточно того, что они положили начало систематическому изучению взрывных процессов в ядрах галактик. Речь идет о бюраканской концепции, разработанной сотрудниками Бюраканской обсерватории во главе с выдающимся астрономом В. А. Амбарцумяном.

Обе концепции сходятся в следующем. Крупномасштабное строение Вселенной имеет иерархическую структуру. Элементарными строительными единицами являются звезды. Дальше по ступеням иерархии следуют звездные скопления, галактики, скопления галактик. Скопления галактик удаляются друг от друга по закону, называемому законом разбегания галактик:

$$v = Hr,$$

где  $v$  – скорость удаления скопления галактик от начала системы отсчета,  $r$  – расстояние от начала системы отсчета до скопления,  $H$  – постоянная Хаббла. Отсюда видно, что некогда в прошлом вся материя Вселенной была сосредоточена в малом объеме и пребывала в сверхплотном состоянии. Начало расширения Вселенной принято называть Большим взрывом. В результате Большого взрыва различные области первоначального сгустка материи получили различные начальные скорости; дальнейшая эволюция этих областей привела к образованию скоплений галактик.

Иерархическое строение Вселенной обуславливает параллелизм сопоставляемых концепций – их общие схемы совпадают. Согласно и той, и другой, сначала образуются протоскопления галактик. Они распадаются на протогалактики, которые распадаются на протоскопления звезд, которые распадаются на протозвезды. Разница заключается в природе протообъектов. В классической концепции протообъектами являются гигантские облака диффузной материи. Сжимаясь до определенной стадии, они теряют гравитационную устойчивость и распадаются на части, каждая из которых повторяет процесс эволюции в меньшем масштабе, вплоть до образования звезд. В бюраканской концепции протообъектами являются сверхплотные дозвездные тела, включая первоначальный сгусток материи, взрыв которого положил начало расширению Вселенной. Каждый очередной акт распада дозвездного тела повторяет Большой взрыв в соответствующем масштабе: дозвездным телам на более поздней стадии эволюции соответствуют меньшая плотность и меньшее количество энергии, выделяемой при распаде.

При сопоставлении концепций в логическом плане, выигрывает отнюдь не классическая. В бюраканской концепции принцип экономии мышления соблюдается, а в классической – нет. Если природа экономна – зачем ей сначала распылять материю из сверхплотного состояния, а затем формировать из нее структуру, – не проще ли совместить оба процесса? В бюраканской концепции с самого начала фигурирует дозвездное тело

неизвестной природы – в глазах оппонентов это является основным недостатком теории. Но в классической концепции Вселенная также начинает эволюцию из сверхплотного состояния, о котором ничего не известно. Отодвинув этот факт в сторону, как будто он не имеет отношения к делу, сторонники классической концепции проделывают большой путь и упираются в понятие темной материи, природа которой не более понятна, чем природа дозвездного тела.

В рамках классической концепции существует и более простой сценарий эволюции звездных систем: сначала появляются звезды, из них формируются галактики, их которых образуются скопления галактик. В этом случае галактики должны формироваться очень быстро, чтобы успеть не только образовать скопления, преодолев взаимное разбегание, но и тесно повзаимодействовать, породив неправильные галактики. К тому же, наличие газового диска у галактики трудно объяснить иначе, как эволюцией протогалактического облака. Но время от времени появляются сообщения о том, что в ранней Вселенной обнаружены химические элементы, которые могли возникнуть только в результате гибели звезд первого поколения. Это согласуется с тем, что звезды первого поколения, полностью лишенные тяжелых элементов, до сих пор не обнаружены. Получается, галактики состоят из звезд второго и последующих поколений. Надо думать, звезды первого поколения были настолько массивными, что стали причиной грандиозных коллапсов, эхо которых теперь доносится до нас в виде гамма-всплесков. Чтобы сэкономить время, нужное для образования галактик, можно допустить, что крупные галактики образовались в результате слияния мелких галактик; возможно также, что первичные черные дыры послужили затравками для образования галактик.

Рассматривая астрофизические проблемы, надо помнить, что один и тот же астрономический факт можно трактовать по-разному, – отсюда избыток эволюционных гипотез в астрофизике. Например, существуют три равноправные точки зрения на связь между эллиптическими и спиральными галактиками: спиральные галактики произошли от эллиптических; эллиптические галактики произошли от спиральных; между ними нет эволюционной связи, – вид галактики зависит от начальных условий ее формирования. Что же касается общепринятых взглядов, то и они в любой момент могут быть откинута. Связь формы эллиптической галактики с ее вращением кажется очевидной. Но, как выяснилось, степень сжатия эллиптической галактики не определяется скоростью вращения, а требует для своего обоснования новых гипотез. Например, среди астрофизиков пользуется популярностью странная гипотеза о происхождении эллиптических галактик путем слияния спиральных галактик. Гипотеза объясняет слишком медленное вращение эллиптических галактик, в остальном же не выдерживает критики. Не меньшей популярностью пользуется и гипотеза о происхождении спиральных галактик путем слияния эллиптических галактик – она объясняет происхождение газового диска у галактики без ссылки на эволюцию протогалактического облака.

Долгое время основным аргументом в пользу бюраканской концепции считалось доказательство нестационарности некоторых звездных систем, члены которых разлетаются в разные стороны, предположительно из общего центра (кстати, отсюда впервые вытекало общепринятое сейчас представление о том, что звезды образуются и в наше время, причем группами, а не поодиночке). Оппоненты замалчивали этот факт, пока не нашли ему простое объяснение. Может случиться так, что масса газопылевого облака, в результате сжатия которого возникает звездное скопление, намного больше массы самого скопления. Новорожденные звезды своим излучением выдувают из скопления лишний газ, в результате чего масса системы уменьшается и она становится гравитационно-несвязанной. Таким образом, гравитационная несвязанность звездных (а по аналогии – и галактических) систем не может служить аргументом в пользу бюраканской концепции.

Что касается критики бюраканской концепции, то она, в основном, вызвана упрощенным представлением о последней. Например, проблема углового момента. При расширении изолированного тела его угловой момент (момент импульса) сохраняется, и, следовательно, скорость вращения уменьшается пропорционально увеличению радиуса. Поэтому быстро вращающаяся звезда не может образоваться в результате расширения сверхплотного тела, как того требует бюраканская концепция. Здесь, очевидно, подразумевается, что дозвездное тело сначала распадается на части, которые затем расширяются до размеров звезд. Но возможна иная картина. Начиная с Большого взрыва, каждый очередной акт распада дозвездного тела происходит в два этапа: сначала дозвездное тело расширяется, уменьшая плотность пропорционально увеличению объема, а затем распадается на части, распределяя между ними угловой момент. В классической концепции та же проблема решается аналогичным образом. Наблюдаемые скорости вращения звезд варьируются в широких пределах. Но если звезда образовалась в результате сжатия протозвездного облака, скорость ее вращения не может быть слишком мала. Значит, процесс образования медленно вращающихся звезд происходит в два этапа: сначала протозвездное облако сжимается, увеличивая плотность пропорционально уменьшению объема, а затем распадается на части, распределяя между ними угловой момент. Таким образом, в рамках обеих концепций закон сохранения момента импульса объясняет, почему звезды и галактики образуют кратные системы.

Следующее замечание касается химического состава звезд, входящих в состав одной и той же звездной системы. Чем моложе звезда, тем больше в ней тяжелых элементов. Это естественно, если звезды образуются из газа: в состав молодых звезд входят продукты жизнедеятельности звезд предыдущего поколения. Кроме того, молодые звезды всегда окружены газом, а некоторые из них, которые можно считать протозвездами, находятся внутри плотных газовых коконов. Если рассматривать распад дозвездного тела как механическое дробление, то оно, конечно, не может привести к

таким результатам. Но бюраканская концепция претендует на аналогию с биологической эволюцией, а не на аналогию с механическим процессом. Точнее, на аналогию с номогенезом – учением о направленном развитии. Каждый очередной акт распада дозвездного тела – это этап эволюции как макро(мега), так и микроструктуры Вселенной. Газ(водород) – обязательный продукт распада дозвездного тела; в жизнедеятельности дозвездных тел и звезд он играет роль, аналогичную роли воды в жизнедеятельности земных организмов. Таким образом, в рамках обеих концепций момент рождения звезд выглядит одинаково: вспыхивающие звезды разлетаются из своей газовой колыбели.

Защищая аналогию с номогенезом, можно упомянуть антропный принцип: подмечено, что между эволюциями галактик, звезд, химических элементов и живых организмов на Земле существует странная согласованность, несвойственная механическим процессам, но присущая биологическим.

## 2

Бюраканская концепция имеет прямое отношение к проникновению в астрофизику понятия темной материи. Парадокс, связанный с доказательством нестационарности скоплений галактик, был известен давно, но спохватились, когда сторонники бюраканской концепции воспользовались им как аргументом в свою защиту. Суть парадокса в следующем. Если скопление галактик находится в стационарном состоянии, то удвоенная кинетическая энергия галактик должна равняться взятой с обратным знаком потенциальной гравитационной энергии скопления. Скорости галактик можно определить по эффекту Доплера, полагая, что распределение скоростей для всех направлений одинаково. Зная суммарную массу галактик, можно определить гравитационную энергию скопления. Масса отдельной галактики оценивается по ее светимости. Расчеты, выполненные для многих скоплений, показали, что видимые массы галактик не могут обеспечить устойчивость скоплений.

С другой стороны, если считать скопления расширяющимися вследствие неустойчивости, видимой массы также оказывается недостаточно, чтобы связать наблюдаемые размеры скоплений с их возрастом. Но в бюраканской концепции скрытая масса присутствует изначально – это не поддающаяся строгой оценке масса дозвездного вещества, содержащегося в каждой галактике. Другие неизвестные свойства дозвездного вещества также вносят неопределенность в законы, управляющие движением галактик. Например, недавно выяснилось, что регулярное хаббловское расширение прослеживается не только по далеким галактикам, но выполняется и для ближайших галактик. Распределение ближайших галактик очень неоднородно – значит, движение галактик слабо связано с их пространственным расположением, и кинематикой галактик руководит не их масса, а нечто другое. В классической концепции этот вопрос решается в характерном для современной космологии стиле: кинематикой далеких

галактик руководит скрытая масса, кинематикой ближайших галактик – космологический вакуум.

Допустим, неустойчивость скоплений проявляется в их медленном расширении. Уменьшение плотности с возрастом для скоплений галактик подтверждается наблюдениями. Но скопления могут расширяться не вследствие изначальной неустойчивости, а постепенно теряя массу из-за «испарения» межгалактического газа, подогреваемого излучением галактик.

В ранней Вселенной астрономы наблюдают достаточно много сверхплотных компактных галактик, сравнимых по массе с обычными галактиками, но гораздо меньших по размеру. На более поздних этапах развития Вселенной они отсутствуют. Исчезновение компактных галактик можно объяснить их превращением в обычные галактики в результате быстрого расширения, темп которого постепенно замедлился. Но можно предположить, как это делается в рамках классической концепции, что все без исключения компактные галактики закончили существование слиянием с другими галактиками.

Недостаток массы обнаружился и при изучении движения вещества в отдельных галактиках. Для разрешения противоречия ввели понятие темной материи, под которым изначально можно было понимать обычное несветящееся вещество – холодный газ, межзвездную пыль, погасшие звезды. Но к этому времени обнажились проблемы в космологии, и темная материя пришлась как нельзя кстати. Согласно классической схеме, вскоре после Большого взрыва Вселенная представляла собой горячую однородную плазму с небольшими флуктуациями плотности, которые впоследствии привели к образованию скоплений галактик. Но реликтовое фоновое излучение свидетельствовало о величине флуктуаций, недостаточной для нужд космологии. Значит, сгущения вещества в ранней Вселенной состояли из темной холодной материи, не взаимодействующей с излучением. В дальнейшем свойства темной материи неоднократно уточнялись, в зависимости от построений космологов, придерживающихся той или иной гипотезы. Например, когда кандидатом на роль темной материи стало нейтрино, появилась следующая линия рассуждений. Так как давление излучения не препятствует сгущению темного вещества, оно конденсируется очень быстро, стимулируя конденсацию обычного вещества. На раннем этапе развития Вселенной это ведет к быстрому образованию галактик, что подтверждается наблюдениями. Но в дальнейшем накопление темной материи должно было как-то притормозиться. Значит, первичная темная материя – нестабильная субстанция. Сыграв свою роль в образовании галактик, она распалась, и продукты ее распада – слабовзаимодействующие частицы, составляющие однородную скрытую массу современной Вселенной.

В дальнейшем оказалось, что нейтрино, обладающее вполне реальными свойствами, не годится на роль темной материи, и ее разделение на первичную и вторичную стало неактуальным. Более взвешенная точка зрения на природу темной материи заключается в следующем. Существуют четыре

фундаментальных взаимодействия. Изначально все они были объединены. Разделение произошло в первую секунду расширения Вселенной. Сначала отделилось гравитационное взаимодействие, затем оставшиеся разделились на сильное и электрослабое. Наконец, сравнительно поздно, электрослабое взаимодействие распалось на слабое и электромагнитное. Каждое взаимодействие переносится определенным видом частиц. При отделении гравитационного взаимодействия небольшая доля частиц-переносчиков единого взаимодействия превратилась в частицы-переносчики сильного и электрослабого взаимодействий, но большая часть не успела этого сделать. Она-то и составляет скрытую массу Вселенной. Обнаружить темную материю можно только с помощью сил гравитации или воссоздав условия первой секунды жизни Вселенной.

Аналогичные построения возможны и в бюраканской концепции. Разделение взаимодействий соответствует выделению определенных структурных уровней материи. Но выделение структурных уровней происходит не только в микро и макромире, но и в мегамире. Поэтому можно предположить, что существуют, по крайней мере, два вида гравитационного взаимодействия. Первый вид руководит движением тел на уровне звезд, второй – на уровне галактик. Отклонение движения галактик от классических законов объясняется неучтенными параметрами взаимодействия.

«Неучтенные параметры» и «темная материя» – сущности одной природы, место которым среди гипотез.

### 3

Между звездными скоплениями, галактиками и скоплениями галактик существует красноречивая аналогия, свидетельствующая, во-первых, об общности процессов их формирования, во-вторых, – о разделении этих процессов или условий их протекания на два типа. Звездные скопления бывают шаровыми и рассеянными, галактики – эллиптическими и спиральными, скопления галактик – правильными и неправильными.

Шаровые скопления имеют форму шара и содержат от сотен тысяч до миллиона звезд, плотно расположенных в центре скопления и постепенно разряжающихся к его окраинам. Шаровые скопления – старые образования, состоящие из «красных» звезд; газопылевой материи в них почти нет.

Рассеянные скопления имеют неправильную, «рассеянную» форму и содержат от нескольких десятков до нескольких тысяч звезд. Рассеянные скопления – молодые образования, состоящие из «голубых» звезд и межзвездного газа.

Эллиптические галактики подобны шаровым скоплениям. Они имеют форму эллипса и состоят из шаровых скоплений и звезд, покинувших скопления. Газопылевой материи в них почти нет. Содержание тяжелых элементов в звездах тем больше, чем ближе звезды расположены к центру галактики. Это говорит о том, что в процессе эволюции протогалактики

звездные скопления на периферии рождаются раньше центральных скоплений.

Спиральные галактики состоят из сферической и плоской подсистем. Сферическая подсистема отличается от эллиптической галактики только менее плотным расположением шаровых скоплений и звезд. Плоская подсистема имеет вид диска, погруженного в сферическую подсистему. Она состоит из газопылевой материи, рассеянных скоплений и звезд, покинувших скопления. Рассеянные скопления образуют группы, называемые звездными комплексами. По всей видимости, скопления, входящие в состав комплекса, образуются в результате эволюции общего протообъекта.

Правильные скопления галактик подобны шаровым звездным скоплениям и эллиптическим галактикам. Они имеют сферическую форму и состоят из эллиптических галактик, плотность сосредоточения которых высока, особенно в центре скопления, где преобладают гигантские и сверхгигантские галактики.

Неправильные скопления галактик отличаются от правильных меньшей плотностью, не имеют явно выраженной формы и состоят из эллиптических и спиральных галактик. Эллиптические галактики концентрируются к центру, образуя подобие правильного скопления. В расположении спиральных галактик, которых в скоплении большинство, какой-либо закономерности не прослеживается.

Рассмотрим плоскую подсистему спиральной галактики более детально. Звезды диска вращаются вокруг центра галактики с различными угловыми скоростями, убывающими с расстоянием от центра. Спиральный же узор, образованный в основном облаками водорода и молодыми звездами, вращается как твердое тело: звезды, старея, покидают спиральные рукава, но к этому времени рождаются новые звезды, загадочным образом вписываясь в структуру вращающегося узора. Естественно предположить, что спиральные рукава – это волны повышенной плотности вещества, распространение которых не связано с переносом вещества, но стимулирует звездообразование. Возникающая отсюда теория все же не в состоянии объяснить все наблюдаемое разнообразие спиральных узоров. Считается, что причиной волн плотности является гравитационная неустойчивость. Но, одновременно, существуют и гравитационно-устойчивые спиральные галактики. Такими считаются галактики, спиральный узор которых размыт настолько, что не вписывается в волновую теорию. В этом случае возникновение узора объясняется эпидемическим звездообразованием: массивные звезды, взрываясь, стимулируют рождение новых звезд, в результате появляются протяженные очаги звездообразования, которые постепенно размываются дифференциальным вращением галактики. Кроме «рваных» узоров существуют и более замысловатые спиральные узоры, также не вписывающиеся в волновую теорию. Известны, например, спиральные галактики с двумя парами ветвей, закручивающимися в противоположных направлениях – т. е. одна пара закручивается по часовой стрелке, вторая – против.

Согласно бюраканской концепции, спиральные рукава образуются в результате выброса из ядра галактики газовых струй, содержащих дозвездное вещество, которое, продолжая дальнейший распад, порождает звездные скопления и диффузную материю. Детали этого процесса не ясны. Непонятно, например, каким образом тело, выброшенное из ядра, получает импульс для движения по орбите. В защиту гипотезы говорит аналогия с более мощными формами активности галактических ядер, о чем речь пойдет ниже. Предвестником бюраканской точки зрения на природу спиральных рукавов можно считать выдающегося английского астронома Дж. Джинса, который в 1928 году высказал предположение: «Спиральные галактики являются полем действия сил, полностью неизвестных нам, которые, возможно, отражают новые и неподозреваемые метрические свойства пространства. Напрашивается предположение, что центры галактик являются особыми точками, через которые в нашу Вселенную вливается вещество из каких-то других, совершенно чуждых нам пространственных измерений, проявляющих себя в нашей Вселенной как точки, в которых происходит непрерывное образование вещества». Сторонники волновой теории преподносят эти слова Джинса как иллюстрацию устаревших взглядов. Но, по сути, с тех пор вопрос о природе спиральных рукавов не получил удовлетворительного ответа. Волновая теория созрела из-за необходимости иметь хоть какое-то объяснение. Что же касается новых фактов, то они как раз связаны с открытием активности галактических ядер. Более того – зафиксировано истечение газа из ядер спиральных галактик; у самых активных из них газ вытекает со скоростью в несколько тысяч километров в секунду. В рамках классической концепции это истечение объясняется взаимодействием вещества с черной дырой, расположенной в центре галактики.

Известны случаи, когда конец одной из спиральных ветвей галактики упирается в галактику-спутник. Самый известный пример – галактика М 51 из созвездия Гончих Псов. Если такое соседство – результат сближения галактик, то процесс сближения должен отразиться на спиральном узоре, поскольку к первоначальной гравитационной неустойчивости, сформировавшей узор, присоединилась новая. На деле же узор не меняет своих очертаний, но распрямляется конец ветви, соединяющей галактику со спутником. Впрочем, в данном случае предположение о сближении галактик следует отвергнуть. Астрономы, изучив множество спиральных галактик, пришли к выводу, что галактика-спутник, оседлавшая спиральный рукав, – это частный случай сгущения звезд на конце спирального рукава. Т.е. спиральный рукав и сгущение звезд на его конце, которое может достигать размеров небольшой галактики, формируются в едином процессе. Допустим, в данном случае именно сгущение звезд генерирует волну плотности, направленную от периферии к центру галактики. Если же сгущение звезд отсутствует, следует искать иную причину образования волн плотности. Отсутствие общего механизма образования волн плотности лишает волновую теорию убедительности.

Вопрос о происхождении спиральных рукавов тесно связан с вопросом о природе перемычек между взаимодействующими галактиками. Как показывают наблюдения, в относительно молодой Вселенной от трети до половины галактик находились в процессе взаимодействия друг с другом. Правда, наблюдению доступна лишь застывшая картина взаимодействия, которую сторонники конкурирующих концепций трактуют наперекор друг другу. Одни считают, что галактики сталкиваются и сливаются, другие – что делятся в результате распада общего ядра. Но если в бюраканской концепции деление галактик – закономерный процесс, знаменующий определенный этап их эволюции, с классической точки зрения столкновение галактик должно рассматриваться как случайное событие, вызванное гравитационной неустойчивостью скопления галактик на ранней стадии его формирования. Критики этой точки зрения считают, что наблюдаемая доля лобовых «столкновений» галактик слишком велика, чтобы быть случайной.

Впрочем, сталкивающиеся галактики не противоречат бюраканской концепции. Если процесс формирования скопления галактик подобен космическому фейерверку, вероятность столкновения галактик достаточно велика.

Пионер изучения взаимодействующих галактик, выдающийся астроном Воронцов-Вельяминов, не был сторонником ни одной из рассматриваемых концепций. Но изучаемый материал заставил его отказаться от привычных представлений. Вот выдержки из его отчета: «Исследование еще не завершено, но оно уже выявило полтысячи галактик, названных нами взаимодействующими. Изучение их показывает, что они могли возникнуть только совместно, а не в результате случайной встречи или столкновения. Различные формы явно наблюдаемого у них взаимодействия показывают с полной несомненностью, что хотя взаимное тяготение между ними и существует, но видимые следы взаимодействия гравитационными приливными явлениями необъяснимы. Нам представляется, таким образом, что в мегамире впервые обнаруживаются какие-то качественно новые формы взаимодействия крупных систем. Они проявляются наряду с тяготением, но в некоторых отношениях, может быть, и преобладают над ним. Взаимодействующими мы назвали такие пары галактик или кратные галактики, у которых наблюдаются явные искажения нормальной формы. Одним из ярких примеров негравитационной природы таких взаимодействий является то, что в ряде случаев очень близкие друг к другу члены пары не обнаруживают искажения форм, а в других случаях искажения видны при огромных расстояниях между галактиками. Наиболее частыми случаями взаимного влияния отдельных частей взаимодействующих галактик оказывается наличие хвостов, часто очень узких и длинных, превышающих даже диаметр самой галактики и направленных прочь от возмущающей системы. Так как при этом перемычка, соединяющая галактики, часто менее ярка, бывает короче, а иногда и совсем отсутствует, то в этом наблюдается подобие своеобразного «отталкивания» части вещества галактик. Еще более потрясающим фактом, опровергающим приливную природу описываемых

возмущений форм галактик, является существование обнаруженных нами двойных перемычек. Две галактики соединяются друг с другом двумя более или менее тонкими волокнами. Из них часто одно волокно прямое, другое же изогнуто. Приливы такого явления не могли бы вызвать».

Со времени написания этих слов каких-либо новых фактов, проливающих свет на данную проблему, не было выявлено. Но появилась мода на компьютерное моделирование процессов столкновения галактик. Компьютерную модель, которая является не более чем иллюстрацией к гипотезе, стали преподносить в качестве аргумента в ее защиту. Постепенно таких «аргументов» накопилось множество.

Перемычки и хвосты, о которых идет речь в отчете Воронцова-Вильяминова, так же, как спиральные рукава, состоят из молодых звезд. В случае столкновения галактик процесс звездообразования объясняется резким увеличением плотности их газовых оболочек. Но, как отмечает Воронцов-Вельяминов, перемычки и хвосты наблюдаются и у эллиптических галактик, крайне бедных газом. Он допускает, что у спиральных ветвей и других вытянутых образований, состоящих из множества звезд, существует непонятная нам вязкость, делающая их устойчивыми. Представление о вязкости дополняет бюраканскую точку зрения на природу спиральных рукавов. Газ в спиральных рукавах засеян семенами звездных комплексов и скоплений. Родившиеся звезды постепенно покидают рукав, но к этому времени созревают новые семена. Почему семена звездных скоплений удерживаются в рукаве, а звезды нет? Потому что газ и «семена» приспособлены (комплементарны) друг к другу. Раз уж мы провели аналогию с номогенезом, непонятная природа вязкости не должна нас смущать: вода внутри клеток нашего организма также находится в неизвестном физическом состоянии, статистическая составляющая которого сведена до минимума или принципиально отсутствует. Конечно, для сторонников классической точки зрения это не аргумент – скорей всего, они и взаимодействие биомолекул склонны объяснять механическими причинами.

#### 4

Обратимся, наконец, к квазарам. Первоначально квазарами называли компактные источники сверхмощного электромагнитного излучения, расположенные за пределами Галактики. Постепенно выяснилось, что квазар – это центральная область галактического ядра. В настоящее время слово «квазар» имеет двойной смысл: так называют или галактику со сверхактивным ядром, или само ядро. Двойственность вызвана тем, что в рамках обеих концепций существует точка зрения на квазары как на голые ядра галактик, расположенные вне галактических скоплений и черпающие энергию либо из своих недр, либо из окружающей среды. Но нередки случаи, когда луч, идущий от квазара к нам, натывается на галактику, красное смещение которой (мера удаленности от земного наблюдателя) сравнимо с красным смещением квазара. Этот луч ничем не отличается от луча, идущего

от квазара в любом другом направлении. Следовательно, квазар окружен невидимыми галактиками, другими словами – является центром далекого скопления галактик. Возможно, статистических данных и недостаточно для такого вывода, но можно привести в его защиту другой аргумент. Радиоактивные квазары по основным качественным характеристикам совпадают с радиогалактиками, от которых отличаются только количеством выделяемой энергии и величиной красного смещения. Естественно считать, что квазар – это ранняя стадия эволюции радиогалактики, которая, в свою очередь, является определенным этапом в развитии нормальной галактики. Типичная радиогалактика представляет собой гигантскую эллиптическую галактику, расположенную в центре скопления галактик. Кроме квазаров и радиогалактик существуют и другие формы активности галактических ядер, классификация которых имеет эволюционный смысл.

Впрочем, согласно бюраканской концепции, галактическое ядро (вернее, его центральная часть) эволюционно связано с дозвездным телом, при распаде которого возникает галактика. Возможно, что некоторые наблюдаемые квазары – это протогалактики или даже протоскопления галактик, а не галактические ядра.

Вся информация о квазарах и ядрах галактик содержится в их излучении. Оно охватывает широкий диапазон длин волн и складывается из двух частей. Первая составляющая имеет нетепловую, «синхротронную» природу. По всей видимости, из центральной области квазара с релятивистскими скоростями вытекают потоки плазмы; при взаимодействии электронов с магнитным полем возникает поляризованное излучение с характерным спектром. Вторая составляющая связана, вероятно, с аккрецией вещества на компактный сверхплотный объект в центре квазара. Аккреция – это падение вещества на притягивающий центр. Падающий газ образует вокруг притягивающего объекта аккреционный диск, который в результате внутреннего трения разогревается до высокой температуры. Тепловое излучение ионизует окружающую среду, ускоряет газовые массы и переизлучается ими в ультрафиолетовом диапазоне. При столкновении фотонов с электронами высоких энергий рождаются рентгеновские и гамма-фотоны. Этот процесс происходит как при синхротронном, так и при тепловом излучении, поэтому высокочастотный участок спектра квазара всегда насыщен. Судя по некоторым данным, часть гамма-излучения может иметь иное происхождение.

Излучение квазаров отличается переменностью. Светимость постоянно колеблется с различными амплитудами и периодами. У одного и того же квазара могут наблюдаться несколько различных периодов колебаний блеска. Очевидно, колебаниям соответствуют грандиозные космические катаклизмы, затрагивающие источник излучения.

В жизни квазара и галактики существует стадия (вызванная, вероятно, сочетанием определенных условий), называемая соответственно радиоактивным квазаром и радиогалактикой. Из ядра в противоположных направлениях с околосветовыми скоростями выбрасываются две струи

плазмы. В головной части каждой струи помещен компактный источник интенсивного радиоизлучения синхротронной природы. В бюраканской и классической концепциях этот источник отождествляется соответственно с протогалактикой, окруженной оболочкой, и с облаком плазмы, компактная форма которого поддерживается давлением межгалактического газа, тормозящего движение струи. В последнем случае по мере удаления источника от ядра интенсивность излучения в высокочастотном участке спектра должна снижаться. Струи наблюдаются на различных расстояниях от ядра, но, по свидетельству астрономов, снижения интенсивности не обнаруживается.

Согласно бюраканской концепции, спиральные рукава – образования, родственные струям квазаров и радиогалактик. Значит, с уменьшением активности галактических ядер выбрасываемые из них струи должны проявлять тенденцию к образованию спиральной структуры. Действительно, рассматривая в различных диапазонах волн двусторонние выбросы ближайших радиогалактик, астрономы отмечают, что при наличии крупномасштабной симметрии в структуре противоположных струй существуют заметные различия в мелкомасштабных деталях, свидетельствующие о неоднородности условий в среде, где происходит движение. По мнению некоторых астрономов, характер искажений говорит о том, что струи, удаляясь от ядра, одновременно вращаются вокруг него, испытывая соответствующее сопротивление среды. Или, наоборот, вокруг галактики существует протяженная на многие тысячи световых лет оболочка – вращаясь вокруг ядра, она создает магнитное поле, которое и вызывает деформацию потоков излучения.

В классической концепции активность галактического ядра объясняется аккрецией газа на сверхмассивную черную дыру, расположенную в центре галактики. В настоящее время эта точка зрения из разряда гипотез перешла в разряд общепринятых положений. Уверенность сторонников классической концепции основана не на удачной теоретической модели, которой нет, а на аналогии между процессами, наблюдаемыми в ядрах галактик и в тесных двойных звездных системах. По всей видимости, если не обращать внимания на детали, то действительно, эти процессы отличаются друг от друга только масштабами.

Таким образом, проблема квазаров или находит свое решение в рамках теории эволюции звезд, или вскрывает проблемы последней.

## 5

Теория эволюции звезд основана на диаграмме «спектр-светимость». Спектр звезды связан с температурой ее поверхностных слоев, светимость – это количество световой энергии, излучаемой звездой в единицу времени. По оси абсцисс откладывается последовательность спектральных классов, по оси ординат – светимость. Звезды Галактики изображаются на диаграмме точками. Точки могли бы расположиться как попало, могли бы сгуститься к

одной линии. Но они сгущаются к нескольким линиям и областям, из которых выделяются пять. Им соответствуют группы звезд: звезды главной последовательности, субкарлики, красные гиганты, сверхгиганты, белые карлики. Сопоставляя диаграммы «спектр-светимость», составленные для различных звездных скоплений, можно с уверенностью утверждать, что звезды главной последовательности на определенном этапе эволюции превращаются в красные гиганты. Из диаграмм также видно, как это происходит: температура звезды начинает уменьшаться, размеры и светимость, наоборот, увеличиваются. Через некоторое время температура опять начинает расти. Скорость эволюции определяется начальной массой звезды. Если масса достаточно велика, звезда быстро проходит стадию остывающего гиганта и становится сверхгигантом. Сопоставление диаграмм ничего не говорит о связи звезд главной последовательности с белыми карликами. Белый карлик – это горячая звезда малых размеров. Такие звезды часто наблюдаются внутри «планетарных туманностей», похожих на отделившиеся от звезд оболочки. Сравнительно большая масса белого карлика говорит о его высокой плотности. Вероятно, красный гигант, сбрасывая наружную оболочку, превращается в белый карлик. Наблюдения за вспышками сверхновых звезд и оставшимися после них туманностями говорят о том, что так избавляются от своих оболочек сверхгиганты. Диаграмма «спектр-светимость» подтверждает связь вспышек сверхновых с эволюцией звезд, выявив следующее соответствие. Немного ниже линии звезд главной последовательности, повторяя ее очертание, проходит линия субкарликов. Звезды, послужившие образцами ее точек, принадлежат к сферической подсистеме Галактики. Как показывают наблюдения, звездный состав Галактики не отличается от звездного состава других спиральных галактик. Таким образом, существуют два типа звезд. Звезды первого типа населяют плоские подсистемы спиральных галактик. К ним принадлежат звезды главной последовательности. Звезды второго типа населяют эллиптические галактики и сферические подсистемы спиральных галактик. От звезд первого типа они отличаются меньшим содержанием тяжелых элементов. Возможно, это является причиной различия в светимостях при одинаковой температуре. Звезды обоих типов проходят одинаковые этапы эволюционных изменений, но в разном темпе. Например, на стадии превращения в красный гигант звезда становится переменной – ее блеск начинает периодически меняться. Такие звезды называются цефеидами. У цефеид первого типа период изменения блеска длиннее, чем у цефеид второго типа. В системах звезд второго типа также наблюдаются вспышки сверхновых. От аналогичных вспышек в системах звезд первого типа они отличаются большей мощностью и более быстрым спаданием блеска.

Таким образом, взрыв сверхновой означает превращение сверхгиганта в звезду, которую из теоретических соображений называют нейтронной звездой.

Теория, согласованная с диаграммой «спектр-светимость», утверждает, что в недрах звезд главной последовательности идет термоядерная реакция

превращения водорода в гелий. После исчерпания водорода центральная область звезды сжимается, при этом температура повышается, и становится возможной ядерная реакция превращения гелия в углерод, а затем, в зависимости от массы звезды, возможны и дальнейшие реакции с образованием все более тяжелых ядер, вплоть до ядер железа. Если масса звезды не ограничена верхним пределом, то в результате сжатия сверхмассивных звезд должны образовываться черные дыры – объекты, связанные с окружающим миром только посредством гравитации.

Теперь о том, с чем теория не справляется.

В переломные моменты своей эволюции звезда становится переменной. Перед выходом на главную последовательность, т.е. на этапе превращения протозвезды в звезду, она начинает проявлять вспышечную активность. Блеск звезды в течение нескольких секунд может увеличиться в 10 или 100 раз, а затем вернуться в первоначальное состояние. Вспышки могут происходить иррегулярно или регулярно, могут быть продолжительными или короткими; могут одновременно наблюдаться в различных участках спектра в любых сочетаниях. Последнее обстоятельство является самым трудным для объяснения – считается, что каждый вид излучения имеет свою причину.

После выхода на главную последовательность звезда успокаивается, но на этапе превращения в красный гигант начинает пульсировать. Ее радиус и температура периодически изменяются, что сопровождается изменением блеска. Период колебаний может быть постоянным; может периодически или спонтанно изменяться; может быть результатом сложения нескольких колебаний. Колебания могут не только складываться, но и накладываться друг на друга – известны звезды с несколькими периодами колебаний. Пульсация звезды может сопровождаться выбросами из ее недр огромных масс диффузной материи – из-за окутывающей их пелены, такие звезда выглядят как неправильные переменные, в колебаниях блеска которых нет какой-либо периодичности.

Переменность звезды легко объясняется потерей устойчивости в моменты включения термоядерной реакции и переключения ее на другой режим. Но при попытке уложить в одну схему все многообразие явлений переменности возникают трудности, которые не должны были бы возникнуть, если звезда – это просто сжатое облако водорода. У звезд и окружающей их обстановки не так уж много свойств, сочетанием которых можно было бы объяснить наблюдаемое разнообразие явлений. Дело даже не в широте этого разнообразия, а в его внутренней организации.

На примере Солнца видно, что вспышечная активность и пульсации сопровождают звезду на протяжении всей ее жизни. В спокойные времена масштабы явлений намного скромнее, но их упорядоченное разнообразие сохраняется. Например, Солнце пульсирует, по крайней мере, с двумя различными периодами – двухчасовым и пятиминутным. Мощность солнечных радиовспышек трудно объяснить иначе, как согласованным, «когерентным» движением электронов в больших объемах плазмы. Комплекс

явлений, называемый солнечной активностью, имеет сложную циклическую структуру. Все говорит о том, что переменность является характерным свойством звезды, а не отклонением от нормы.

В теории эволюции звезд до сих пор нет удовлетворительной модели взрыва сверхновой. Остается непонятным механизм излучения пульсара – молодой нейтронной звезды; трудности здесь те же, что и с переменными звездами.

Условия внутри звезд могут сильно отличаться от предсказанных стандартной моделью. Скорость протекания ядерной или химической реакции – это ее вероятность. Высокая температура нужна, чтобы увеличить вероятность реакции, или, что то же самое, – снизить ее энергетический барьер. В химии снижение энергетического барьера достигается выбором оптимального режима протекания реакции и применением катализаторов. В живой природе тот же вопрос решается на качественно ином уровне. Оптимальные условия для каждой из протекающих в организме реакций заключаются в их взаимной согласованности. В качестве катализаторов используются ферменты – биомолекулы, структура которых строго соответствует преобразованию структуры реагирующих веществ. Фермент в организме и вне организма – принципиально разные вещи. Для извлеченного из организма и помещенного в питательный раствор фермента мерой активности служит разность концентраций субстрата и продукта осуществляемой им реакции. Но в организме концентрация определенного вещества создается не отдельным ферментом, а согласованной работой всей системы ферментов. В результате статистические черты процессов полностью стираются. Биофизики до сих пор не могут ответить на основной вопрос: каким образом химическая энергия, запасенная в молекулах АТФ, превращается в другие виды энергии, например в механическую энергию мышечного сокращения? Дело в том, что работа мышц как раз и заключается в расщеплении молекул АТФ, поэтому не удастся провести границу между выделением и поглощением энергии. По всей видимости, выражения «выделение энергии», «превращение энергии» для описания взаимодействий биомолекул неприменимы – определяющее значение в данном случае имеет не энергетическое, а структурное соответствие; энергетический баланс формально выполняется, но не несет информации о процессе.

Согласно бюроканской концепции, жизнедеятельность звезды определяется наличием в ее центре активного ядра. Механизм взаимодействия ядра с оболочкой не уточняется. Продолжая аналогию с номогенезом, предположим, что подобно тому, как ядро клетки управляет ее жизнедеятельностью посредством ферментов, так ядро звезды управляет ее жизнедеятельностью посредством различных модификаций электромагнитного поля. При этом ядро может получать энергию как из звездной плазмы, превращая водород в гелий, так и черпать ее из своих недр. Таким образом, различные виды звездной активности имеют общую внутризвездную причину. Внешние условия играют роль регулятора внутренней активности. Но, как и в случае живых организмов, зачастую

трудно провести границу между внешними и внутренними причинами активности.

Термин «модификации электромагнитного поля» мало о чем говорит, но тем и продолжает аналогию. Взаимосвязь протекающих в организме процессов удобно выражать понятием морфогенетического поля, элементами которого являются биомолекулы и клетки. Это «поле» имеет вполне реальные проявления, но заменяет их понимание термином.

Раздел теории эволюции звезд, посвященный тесным двойным системам, напоминает росток номогенеза на поле классической концепции. В диске нашей Галактики (а значит и в дисках других спиральных галактик) тесных двойных систем не меньше, чем одиночных звезд. Члены пары не объединяются по воле сил гравитации, а рождаются совместно в результате разделения на две части общего протообъекта. Эволюция пары предопределена эволюцией отдельной звезды. При этом эволюционные трансформации звезды играют неожиданно конструктивную роль. Равновесие сил в двойной системе таково, что стоит одной звезде увеличить свой радиус до определенного предела, как ее вещество начинает перетекать на соседку. Когда приходит время, более массивная звезда пары превращается в красный гигант, ее радиус увеличивается, и вещество начинает перетекать на соседнюю звезду. В свое время звезда-донор превращается в белый карлик или нейтронную звезду. Так как значительная часть оболочки уже потеряна, взрыв сверхновой не разрушает двойную систему. Наконец и вторая звезда превращается в красный гигант. Начинается второй обмен массами, но из-за высокой плотности звезды-потребителя он качественно отличается от предыдущего обмена. Вокруг белого карлика или нейтронной звезды образуется аккреционный диск, и вместе с ним звезда превращается в источник рентгеновского излучения – при падении вещества на поверхность звезды кинетическая энергия превращается в тепловую.

Остановим внимание на рентгеновских источниках с нейтронными звездами. Их можно разделить на два класса: пульсары и барстеры. В первом случае аккреция происходит на звезду с сильным магнитным полем, во втором – со слабым или отсутствующим. Падая на магнитосферу, вещество обтекает ее с двух сторон и соприкасается с поверхностью звезды в районах магнитных полюсов. В результате на поверхности образуются два горячих излучающих пятна; при вращении звезды они периодически появляются в поле зрения наблюдателя, создавая рентгеновский пульсар. В отсутствие магнитного поля падение вещества происходит на всю поверхность звезды, превращая ее в источник излучения. Излучение тормозит падение газа, тот накапливается на поверхности и через некоторое время взрывается, давая вспышку рентгеновского излучения. Очевидно, вспышечная активность источника зависит от темпа аккреции.

Как и в случае квазаров, тепловое излучение рентгеновских звезд сочетается с синхротронным излучением. Последнее возникает при торможении релятивистских электронов в магнитном поле. Магнитное поле

присутствует везде, где есть движение вещества; механизм ускорения электронов также понятен: при достаточно высоком темпе аккреции давление излучения сначала тормозит падающий газ, а затем отталкивает его от поверхности. Странно то, что выбросы осуществляются в виде направленных потоков и струй. С точки зрения классической концепции, здесь имеет место явление самоорганизации, когда неравновесная система скачком переходит в более устойчивое состояние. О механизме, превращающем тепло в упорядоченное движение вещества, можно строить предположения. Возможно, он подобен лазеру и связан с нейтронной звездой. Его поразительная эффективность особенно отчетливо видна на примере объекта SS 433. Объект представляет собой двойную систему с нейтронной звездой. Перпендикулярно аккреционному диску в противоположных направлениях от поверхности звезды отходят две тонкие, как лучи, струи плазмы. Газ в струях движется со скоростью 80 тысяч километров в секунду. Судя по окружающей системе туманности, начальный момент выброса струй сопровождался взрывом, подобным взрыву сверхновой.

Режим аккреции зависит от параметров системы. В квазарах и ядрах галактик параметры, определяющие их активность, часто меняются, что говорит о более свободных, чем в двойных системах, условиях аккреции. По всей видимости, донором, поставляющим газ в центральную область ядра, является сама галактика: центральный объект находится на дне «потенциальной ямы», в которую постоянно стекает газ.

В центральных областях шаровых скоплений Галактики обнаружены рентгеновские источники со свойствами барстеров. Вероятно, это не двойные системы, а уменьшенные копии ядра Галактики. Их вспышечная активность однообразна, но иногда наблюдаются всплески активности в различных участках спектра.

## 6

Таким образом, аналогия между квазарами и рентгеновскими звездами очевидна. С другой стороны, не меньше общих черт у квазаров с радиопульсарами, – т.е. с одиночными, а не с двойными звездами. Вообще, стоит обратить внимание на параллелизм явлений переменности двойных и одиночных звезд: почти любому явлению, вызванному аккрецией, можно найти аналог в мире одиночных звезд. Например, струйные выбросы вещества, характерные для двойных систем, наблюдаются у молодых звезд на стадии их формирования; роль аккреционного диска при этом играет часть оболочки формирующейся звезды. Потоки релятивистских частиц, изливаемые радиопульсаром, также являются разновидностью струй. Рентгеновские пульсары могут временно «выключаться», причина – затмение прецессирующим аккреционным диском. Аналогичное явление по неизвестной причине случается и с радиопульсарами. И т.д. – примеры можно продолжить.

Причиной отмеченной аналогии может быть двойная структура переменного источника: в случае рентгеновской звезды он состоит из нейтронной звезды и аккреционного диска, в случае одиночной звезды (в том числе и нейтронной) – из ядра и оболочки. В рамках бюраканской концепции предположим, что внешняя часть источника (аккреционный диск или оболочка) регулирует активность внутренней части. То же относится к ядрам галактик. В случае рентгеновской звезды активность источника связана с жизненным ритмом звезды-донора, в случае ядра галактики – с жизненным ритмом галактики. Пик активности ядра галактики проявляется в выбросах дозвездного вещества. Выбросам предшествует длительная перестройка структуры центрального объекта ядра, сопровождающаяся выделением энергии в виде излучения и потоков релятивистских частиц. Вероятно, с ядрами звезд происходит нечто подобное, причем в роли «дозвездного вещества» могут выступать обычные химические элементы и их соединения.

Основное возражение против отождествления ядер галактик с черными дырами – эволюционный аспект их активности. Квазары моложе радиогалактик. Чем моложе галактика, тем больше в ней газа и тем выше темп аккреции на центральный объект. Но если центральный объект – черная дыра, его масса в процессе эволюции должна расти. Наблюдения же и расчеты показывают, что масса центрального объекта радиогалактики на порядок меньше массы центрального объекта квазара. Квазары в процессе эволюции либо превращаются в галактики с активными ядрами, либо исчезают из виду. В последнем случае они тождественны черным дырам, а не галактикам; но это противоречит наблюдениям.

Впрочем, можно рассуждать по-другому. Масса центрального объекта определяется не величиной энерговыделения, а массой галактики. Степень активности ядра галактики зависит от массы центрального объекта и от темпа аккреции. Чем массивней галактика и ее центральный объект, тем быстрее расходуются запасы газа и тем быстрее спадает темп аккреции. В результате у галактик с разными массами может наблюдаться одинаковая степень активности ядер. Таким образом, не зная массу галактики, нельзя судить о массе центрального объекта.

Как уже отмечалось, звездные и галактические системы разделяются на два основных типа. В классической концепции это разделение вызвано двумя типами протообъектов: из плотных малоподвижных газовых облаков образуются правильные скопления галактик и эллиптические галактики; из менее плотных вращающихся облаков образуются неправильные скопления галактик и спиральные галактики. В рамках бюраканской концепции вырисовывается следующая гипотеза. Дозвездные тела могут распадаться в двух режимах. Распад в первом режиме дает начало правильным скоплениям галактик и «сферическим» составляющим неправильных скоплений; эллиптическим галактикам и сферическим подсистемам спиральных галактик; шаровым звездным скоплениям и, возможно, вносит вклад в формирование звездных комплексов. Распад во втором режиме дает начало «рассеянному» составляющим неправильных скоплений галактик, плоским

подсистемам спиральных галактик и рассеянными звездными скоплениями. Распад в первом режиме должен наблюдаться в виде серии сферически симметричных взрывов с общим центром. Каждый последующий взрыв слабее предыдущего, что отражает последовательное формирование системы от периферии к центру. Распад в первом режиме – кратковременное и удаленное от нас событие. Распад во втором режиме на примере активных ядер галактик наблюдается в виде двусторонних выбросов вещества.

Более детальная картина, на примере эволюции неправильного скопления галактик, выглядит следующим образом. Подобно тому, как в центре типичной галактики находится гигантское шаровое скопление, в центре типичного скопления галактик находится гигантская эллиптическая галактика. Через некоторое время после формирования «сферической» составляющей неправильного скопления галактик, в результате определенного темпа аккреции на центральный объект центральной галактики он переключается на второй режим распада и начинает формировать «рассеянную» составляющую скопления, заполняя его протогалактиками. Каждая протогалактика повторяет процесс эволюции скопления в соответствующем масштабе. Через некоторое время после формирования сферической подсистемы галактики, в результате определенного темпа аккреции на ее центральный объект он переключается на второй режим распада и начинает формировать спиральные рукава.

Такова упрощенная картина событий. Очевидно, кроме двух основных режимов распада существуют «промежуточные» режимы, дающие начало линзовидным галактикам, а также небольшим группам галактик и звезд внутри более крупных систем.

Вероятно, разделение скоплений на правильные и неправильные произошло на стадии образования протоскоплений галактик. Эту стадию можно связать с формированием крупномасштабной ячеистой структуры Вселенной: взрывы, породившие протоскопления галактик, разметали их по стенкам гигантских пузырей. Существование промежуточной стадии между Большим взрывом и образованием скоплений галактик должно быть согласовано с законом разбегания галактик, что требует тщательного изучения динамики крупномасштабной структуры. Аналогичные трудности крупномасштабная структура создает и для классической концепции.

Новым испытанием для классической концепции является объяснение природы гамма-всплесков и космических лучей сверхвысоких энергий. Гамма-всплески – это короткие вспышки гамма-излучения, равномерно заполняющие Вселенную и не отождествленные с видимыми источниками. Сейчас выясняется, что гамма-всплески – самые удаленные от нас объекты, и, следовательно, соответствующее им энерговыделение превосходит энерговыделение квазаров. У сторонников классической концепции нет иного выхода, как отождествить их с гравитационными коллапсами огромных масс вещества. Но это ведет к пересмотру всей классической космогонии. По всей видимости, главные роли в новой космогонии будут отданы черным дырам, темной материи, а также вовремя подоспевшим

темной энергии и антигравитации. Очевидно, что вооруженная такими средствами теория окажется вне критики.

В заключение проиллюстрируем сказанное подборкой последних известий из мира астрофизики, опубликованных в солидных научно-популярных журналах.

### Вести из центра Галактики

Международному коллективу ученых из Германии, США, Израиля и Франции удалось не только подтвердить, что в центре нашей Галактики находится гигантская черная дыра, но и с высокой точностью вычислить ее массу. Остается нерешенный вопрос – объяснение наличия вблизи галактического центра, на расстоянии не более 0,5 светового года, большого количества молодых звезд, возраст которых менее 10 миллионов лет, что совсем мало по астрономическим меркам. Дело в том, что гравитационное воздействие сверхмассивной черной дыры на близких к ней расстояниях не должно позволять образовываться плотным облакам газа, из которых потом рождаются звезды. Значит, наблюдаемые молодые звезды образовались где-то еще и только потом попали в окрестность сверхмассивной черной дыры.

Брэд Хансен из Калифорнийского университета предложил в качестве наиболее вероятного объяснения следующее: эти молодые звезды формировались на «безопасном» расстоянии от центральной черной дыры, но их звездное скопление содержало еще одну черную дыру меньшей по сравнению с центральной массой; и поскольку эта черная дыра была притянута центральной черной дырой, она и «притащила» звезды за собой.

### Астрономы открыли новый класс черных дыр

Астрономы с помощью орбитальной обсерватории «Ньютон» Европейского космического агентства открыли черную дыру, масса которой составляет 500 масс Солнца. Это открытие своего рода связывающее звено между сверхмассивными и «легкими» черными дырами, которое так давно искали.

Новый объект получил название HLX-1. Анализируя его рентгеновское свечение, исследователи обнаружили, что оно не отвечает никакому другому объекту, кроме как черной дыре. Но какой именно? Его местоположение было слишком удалено от центра галактики, чтобы быть сверхмассивной черной дырой, и его излучение было слишком ярким, чтобы оказаться черной дырой звездной массы. Высокая светимость могла объясняться единственным образом – обнаружена черная дыра массой более 500 масс Солнца.

### Темная материя защищает галактики от разрушения

Группа ученых из Великобритании, Италии и Бельгии под руководством Кристофера Конселейса получила новые данные о свойствах темной материи при исследовании галактического скопления Персей. Астрономы сумели заглянуть в самый центр скопления, где с удивлением обнаружили около 30 карликовых галактик оставшихся совершенно нетронутыми, хотя их более массивные соседи были разрушены под действием гравитации больших галактик на периферии.

По заявлению Конселейса, эти галактики находятся в составе скопления уже не первый миллиард лет и неизбежно должны были быть затронуты гравитацией тяжелых соседей. Так как на самом деле они сохранились практически в первозданном виде, можно заключить, что содержание темной материи в них необычайно велико и ее гравитация защищает карликов от гигантов-соседей.

### Новая загадка темной материи

Недавно природа задала еще одну загадку. Астрономы обнаружили, что огромная центральная часть гигантского скопления галактик Абель 520, расположенного в трех миллиардах световых лет от нас, совершенно лишена звезд и зияет мраком. А между тем, судя по гравитации, в этом участке должно быть что-то еще, кроме обычного межгалактического газа. Очевидно, темная материя. Но как она туда попала? Скопление, убеждены ученые, образовалось при столкновении образующих его ныне галактик; но в галактиках звезды тесно перемешаны с темной материей, почему же здесь они вдруг разделились? Никакие расчеты и компьютерные модели пока не могут дать ответа на этот вопрос.

### Обнаружена «полоска» темной материи

Израильские астрономы из Тель-Авивского университета обнаружили в двух миллиардах световых лет от Земли 14 карликовых галактик, расположенных почти на одной линии. Удивительным является то, что в последние 30 миллионов лет в этих галактиках активно идет процесс образования звезд, чего не происходило в предыдущие более миллиарда лет.

По мнению израильских ученых, это галактическое скопление прошло сквозь огромное облако газа. Но для того, чтобы захватить достаточно газа и сформировать из него протозвездные облака, одного обычного вещества галактик недостаточно, требуется дополнительный фактор. Им могло стать воздействие темной материи, в которую погружена цепочка из 14 галактик.

### Темная материя в Галактике

Группа ученых из Университетов Цюриха и Центрального Ланкашира, основываясь на научных расчетах и моделировании распределения масс нашей Галактики, пришла к заключению, что Млечный Путь – это облако

темной материи в виде сильно вытянутого диска, в которое погружены видимые объекты.

По утверждению Джастина Рида, руководителя исследования, масштабы и плотность Млечного Пути не позволяют образоваться полноценному облаку темной материи, поэтому плотность сформированного из него гало примерно в два раза меньше плотности ранее изученных регионов с темной материей.

Важно отметить, что авторы исследования пришли к заключению: в отличие от физических объектов, облако темной материи абсолютно неподвижно.

### Новые свойства темной материи

Недавно получены данные, говорящие в пользу того, что темная материя, вероятно, является более странной субстанцией, чем считалось до сих пор. В частности, привычные законы гравитации могут быть не совсем верны для нее.

В рамках нового исследования американские астрофизики Д. Гентайл, Б. Фамей, Х. Шенг Жао и П. Салуцци проанализировали распределение темной материи в центрах 28 галактик, относящихся к различным типам. Как удалось установить, соотношение обычной материи и темной является величиной постоянной. Этот результат противоречит существующим представлениям, согласно которым количество темной материи должно определяться историей галактики – например, участвовала она в столкновениях со своими соседями или спокойно развивалась в изоляции.

Для объяснения необычных результатов ученые предлагают выйти за границы привычных представлений о темной материи. Например, ввести еще одно фундаментальное взаимодействие к уже имеющимся четырем. Предлагается рассматривать темную материю как состоящую из «темных» атомов, в состав которых входят «темные» протоны и электроны, между которыми действует «темный» аналог электромагнетизма.

### Ускоренное расширение Вселенной подтверждено

Международная группа ученых под руководством Алексея Вихлинина из Института космических исследований РАН экспериментально подтвердила ускоренное расширение Вселенной новым независимым методом. В основе работы лежало исследование распределения массивных скоплений галактик в пространстве – основных элементов крупномасштабной структуры Вселенной. Темная энергия должна оказывать существенное влияние на рост крупномасштабной структуры, поскольку она противодействует гравитации и препятствует образованию сгущений вещества на больших масштабах расстояний. В наибольшей степени это влияние отражается на скорости образования массивных скоплений галактик.

Экспериментально обнаружено и подробно исследовано 86 наиболее массивных скоплений галактик во Вселенной, находящихся на различных расстояниях от Млечного Пути. Результаты показали, что рост крупномасштабной структуры в течении последних 5 миллиардов лет существенно замедлился.

Астрофизики считают, что изучение природы темной энергии позволит создать новую теорию вакуума, которая, возможно, будет распространена на другие физические явления. Не исключено, что в рамках новой теории окажется, что наше пространство имеет не 4, а 5 измерений.