

Эволюция и экология галактических процессов

© Г.И. Ловецкий

МГТУ им. Н.Э. Баумана, Калужский филиал, Калуга, 248000, Россия

Эволюция галактических процессов является собой гравитационную и гидродинамическую неустойчивость, фазовые переходы, возникновение новых форм, в том числе живого вещества, на основе различных, но функционально взаимосвязанных возможностей. Галактики, звездные скопления и планеты неповторимы. Создание экологических условий в галактике Млечный Путь, Солнечной системе и на планете Земля — результат специфических механизмов, исследование которых является важной теоретической и практической задачей науки.

Ключевые слова: галактики, эволюция, фазовые переходы, экология.

Считается, что галактики — это сложно организованные системы из звезд, планет, диффузного межзвездного вещества разнообразного типа (плазма, атомы, молекулы, пылинки) из электромагнитных квантов, релятивистских частиц, а также, по большей части, из неизвестных ученым форм вещества, условно называемых темной материей [1, с. 4]. В других определениях доминирует тема динамичности, асимметричности, пульсации, наличия гироскопического эффекта [2, с. 161], подчеркивается, что галактика — это непрерывно и динамично развивающаяся система, жизненный ритм которой есть функция времени; что не события фиксируют ход времени, не скорости и виды эволюции отсчитываются по какой-то его шкале, а само время обозначает (создает) события и определяет эволюцию [3, с. 162].

Эволюцию можно представить как бесконечную цепь процессов самоорганизации, где каждый из циклов содержит стадии относительно устойчивого состояния с переходом в неустойчивое, затем неустойчивость запускает процесс самоорганизации, который порождает впоследствии новую структуру с ее относительно устойчивым эволюционным состоянием. Важно то, что динамика отдельных циклов самоорганизации в основном оказывается нелинейной. Переходы между ними носят характер бифуркации и во многом аналогичны фазовым переходам в термодинамике [4, с. 284].

Новый подход к исследованию эволюции Вселенной и галактик состоит в том, что гигантские молекулярные облака и зарождающиеся в них звезды рассматриваются как аналог замкнутой экологической системы, механизм порождения которой состоит в том, что совместное действие ветра всех массивных звезд и всех взрывов сверхновых образует вокруг родительских ассоциаций сверхоболочку, расширение ко-

торой инициирует новую волну звездообразования в остатках молекулярного газа [5, с. 11, 185]. В другой работе вводится рубрика под названием «Галактическая экология», которая, однако, в содержательном плане не раскрыта [1, с. 147–149]. Ведутся исследования по изучению экологических характеристик плотных звездных систем [6].

Высказывается предположение о том, что происхождение живого вещества теоретически допустимо уже в эпоху ранней Вселенной, начиная с периода, когда ей исполнилось 2 млн лет. По мере эволюции Вселенной и изменения физических условий менялись и формы живого вещества [7, с. 274–278]. Так, в эру образования вещества (не позднее чем через 2 млн лет после начала Большого взрыва) возможность существования живых организмов в той же форме, что и сейчас, отсутствовала. В эру образования атомов пространство было плоским и возможным местом существования организмов были области между метагалактиками с температурой 36 ± 36 °С. По мере расширения и охлаждения Вселенной живые существа переселились в метагалактики. Формы жизни за прошедшие эпохи менялись неоднократно, любопытно то, что температурный режим существования живых организмов был тем же, что и сейчас. В эру образования галактик (12–13 млрд лет назад) пространство было еще плоским и возможным местом существования организмов были наружные области метагалактик все с той же температурой. По мере расширения и охлаждения Вселенной живые существа переселились в галактики. В эру до образования звезд местом существования организмов являлись наружные слои галактик внутри метагалактик с той же температурой. Вселенная расширялась, и происходило остывание межзвездного пространства и образование звезд, на которые переселились живые организмы. Когда планет еще не было, возможным местом обитания живых микроорганизмов был сферический слой газожидкопылевого облака, в котором находилось Солнце в эру образования планет с температурой 36 ± 36 °С. Эта сфера располагалась между орбитами Юпитера и Меркурия. Зарождаются звезды в облаках холодного газа. Как правило, источником нагрева и ионизации служат молодые звезды, поэтому большое количество ионизированного газа свидетельствует об интенсивном звездообразовании. Холодные молекулярные облака и связанные с ними яркие области концентрируются в спиральных рукавах близ галактической плоскости [1, с. 242–243, 244].

Для понимания природы исследуемых явлений обратимся к фазовым переходам. Р. Пенроуз [8] считает, что после работ Гамильтона и Якоби материальная точка механики — частица — потеряла фундаментальную роль в описании природы и стала только одной из возможных эффективных частных моделей. Материальными субстанциями (физическими переменными) для природы являются не

частицы, а энергия и информация-энтропия. Возникает новое понятие о пространстве: каждая «частица» вводит свое приращение в составе определения элемента объема $6N$ -мерного (по три координаты положения и по три координаты импульса для каждой частицы) фазового пространства. В этом объеме с помощью уравнений Гамильтона описывают состояние и движение множества заданных элементов системы (частиц), например нашего молекулярного газового облака. При описании структуры твердых тел опираются на представления о кристаллах и квазикристаллах (в них нарушается периодичность упаковки правильных геометрических форм). Важнейшей структурой жизни являются квазикристаллы. В основе понятия «кристалл» лежит принцип периодического повторения в пространстве одного и того же элемента из образованного одинаковыми атомами в одинаковой конфигурации. В зависимости от формы элемента различным будет внешний вид кристалла. Однако плотная упаковка кристалла должна происходить в фазовом пространстве, так как элементарные составляющие природы (как бы их ни называли) неразрывно объединяют в себе положение и движение. Принцип запрета Паули, утверждающий реальность фазового пространства, есть правило, которое управляет такой упаковкой [9, с. 364].

Точки фазового пространства, принадлежащие одной ячейке грубого разбиения (флуктуации), считаются (макроскопически) неотличимыми друг от друга. Энтропия возрастает, потому что, следуя вдоль стрелок, с течением времени мы, как правило, переходим ко все более крупным ячейкам; переход в ячейку меньших размеров ведет к уменьшению энтропии. Флуктуации сопровождаются мимолетным понижением энтропии. Обычно значительного падения энтропии не происходит, но в очень редких случаях возникает огромная флуктуация и энтропия может уменьшиться существенно и остаться малой на протяжении длительного времени [8, с. 291, 295].

Фазовые переходы свойственны природе Вселенной изначально: Вселенная никогда не была пустой, она являла собой особое фоновое поле, известное сегодня как поле Хиггса, в котором не действовали никакие силы-энергии, кроме гравитационной, и доминировала симметрия. Исключение составляла сингулярность – продукт Вселенной, воплощение всех ее сил-энергий. Превышение содержащихся в сингулярности напряжений в виде трех сил-взаимодействий прерывается распадом прежнего единства и наделением квантов фонового поля массой и зарядом.

С охлаждением Вселенной могли происходить процессы фазовых переходов, спонтанные нарушения симметрии, которые меняли природу пространства, вовлекая фоновое поле, заставившее электрослабые взаимодействия вести себя иначе, чем сильные. Подобно тому,

как вода переходит в метастабильное состояние, когда внешняя температура быстро падает ниже точки замерзания воды, а затем замерзает, совершив фазовый переход с выделением скрытой теплоты, изменение природы пространства вызывает фазовые переходы с передачей энергии вовне [10, с. 28, 29]. Изучение гравитационных процессов открывает дорогу к пониманию физических явлений периода ранней Вселенной — явлений, заложенных на квантово-механическом уровне. Возможно, покажется странным существование гравитационного взаимодействия до выделения трех других сил-взаимодействий, поскольку отсутствовали массы, порождающие гравитационные взаимодействия. Однако это объясняется допущением внутренней флуктуации в первичном фоновом пространстве или физическом вакууме. С. Карлип полагает, что в квантовой теории гравитации флуктуирует само пространство-время и, возможно, гравитация проявляется лишь во взаимодействии с другими силами и частицами [11, с. 28, 32].

Когда квантовый уровень остался позади и все было готово, чтобы действовать, начались химические, термодинамические и механические процессы. Что касается природы неоднородности и неустойчивых состояний, то они проявляются уже на уровне физического вакуума, где непрерывно происходят рождение, взаимодействие и уничтожение виртуальных (короткоживущих) элементарных частиц. При отсутствии внешних полей вакуум устойчив, т. е. все протекающие в нем процессы не приводят к появлению реальных (долгоживущих) элементарных частиц, а при наличии внешнего поля часть виртуальных частиц может приобрести энергию, чтобы стать реальными. Этот процесс приводит к эффекту квантового рождения элементарных частиц из вакуума внешним полем, и его называют фазовым. Примером рождения элементарных частиц во внешнем поле является электрическое поле [7, с. 264–267]. В начальный период формирования Вселенной излучение было таким горячим, что электроны тепловыми движениями были оторваны от ядер, нейтральные атомы не могли существовать, и космическая среда находилась в состоянии полной ионизации, в состоянии плазмы. К особенностям космической плазмы относят турбулентность, взаимодействие с излучением, сверхпроводимость, способность под воздействием магнитных силовых линий возбуждать магнитогидродинамические волны [12, с. 80, 82].

Излучение и ионизированное вещество, взаимодействуя между собой благодаря электромагнитным силам, находились в термодинамическом равновесии. С понижением температур берет начало процесс первичного нуклеосинтеза: образовались ядра самых легких элементов (в огромных количествах — ядра водорода и гелия, а также в сотых долях процента — лития, бериллия и бора). Так возникло первичное веще-

ство для формирования самых старых звезд [13]. Вследствие того, что меняются температура, давление, плотность, среда не может покоиться, когда в ней действует ничем не уравновешенная сила тяготения, такое состояние неустойчиво. Процесс космической фрагментации и формирования космических систем регулируется механизмами гравитационной, адиабатической и энтропийной неустойчивости. Изначально слабое отклонение от общей плотности среды самопроизвольно усиливается, т. е. имеет место расширение с замедлением. Первыми оторвались от космологического расширения огромные массы вещества, сравнимые с массами скоплений и сверхскоплений галактик, затем развивался процесс дробления этих масс и возникала иерархия объектов.

Элементами галактических структур служили слабые, расплывчатые нерегулярные среды, которые в физике принято называть малыми возмущениями. Их образованию предшествовали микроскопические отклонения от однородности и изотропии, которые существовали изначально, возможно, в результате процесса выделения четырех сил-взаимодействий из одной силы-сингулярности. Сначала неоднородности плазмы были как бы заморожены в «невозмущенный» фон излучения, они не рассасывались и не усиливались в течение первого миллиона лет. В самых малых по размеру возмущениях происходит постепенное распыление сгущений плазмы, но таким путем могут исчезнуть сгущения лишь с массой около одной массы Солнца, все остальные, большего масштаба, неизменны. В результате рекомбинации от прежних энтропийных возмущений остаются сгущения нейтральных атомов, которые теперь могут беспрепятственно усиливаться гравитационной неустойчивостью. Для этого нужно лишь одно условие — чтобы размер возмущения превышал джинсову длину (критический размер, при котором силы тяготения и давления, или упругости среды, сравнимы друг с другом). Джинсова длина резко падает, и в области сравнимого с ней размера содержится около миллиона солнечных масс. Лишь подобным сгущениям по силам выделиться и обособиться от общего космологического расширения. Гравитационная неустойчивость превращает эти сгущения в довольно плотные облака, имеющие более или менее сферическую форму, дальнейшая их эволюция сопровождается постепенным охлаждением, выделением отдельных сгущений — протозвезд и звездных скоплений — галактик. Когда при небольшом превышении размера сгущения над джинсовой длиной гравитация преобладает, но давление еще существенно, сгущение принимает более или менее сферическую форму.

Существует несколько эволюционных схем последовательности событий, которые привели к наблюдаемой космической структуре вещества.

Согласно одной из них, процесс предполагает рождение звезд и галактик из межгалактического молекулярного облака, затем обособив-

шиеся галактические структуры, продолжая испытывать влияние внешних агентов, осваивают внутренний синергетический эффект: звезды, время от времени взрываясь, выбрасывают свою кинетическую энергию в межзвездную (галактическую) среду, вследствие чего меняется физика околозвездного газа в той же мере, что и мгновенный выброс при взрыве сверхновой звезды. Данное явление сыграло важную роль в образовании Солнца [6]. Так происходит рождение тяжелых элементарных частиц, которые изначально отсутствовали в ранней Вселенной, вследствие чего создаются условия для образования планет. Видимо, речь идет об универсальном механизме. Именно по этой причине содержание тяжелых элементов на Солнце выше, чем можно было бы ожидать, основываясь на его положении в галактике.

Существует концепция сильных гидродинамических движений. Свободное сжатие не может происходить одинаково, в одном темпе по всем направлениям. Если скорость сжатия в каком-либо направлении случайно немного больше, чем в двух других, то в этом направлении облако быстрее уменьшается в размере, и потому сжимающая его сила тяготения оказывается в данном направлении больше, что ведет к уплощению облака, его блинообразности. По мере сжатия давление газа, которое сначала не играет никакой роли, постепенно возрастает, и в конце концов оно должно было бы прекратить сжатие. Однако здесь возникает новое явление: плавное сжатие газа сменяется образованием так называемой ударной волны, возникает скачок давления, температуры и плотности в сжимающемся газе. С течением времени по обе стороны от среднего слоя возникают резкие скачки скорости и плотности, т. е. образуются две ударные волны, отделяющие сжатый газ внутренних слоев от внешнего «свежего» газа. На фронтах ударных волн происходит превращение в тепло части кинетической энергии набегающего снаружи газа. Сжатый газ нагревается, и его температура растет. Плотные внутренние области слоя — протоскопления — претерпевают фрагментации и дают начало галактикам. Судя по картине крупномасштабного распределения галактик, структура такого объединения напоминает сферические или эллиптические ячейки, более того — какие-то регулярные гармонические пустоты.

К. Вайцеккеру принадлежит гипотеза, развитая впоследствии Г. Гамовым, о том, что вращательные движения галактик обязаны своим происхождением изначальным вращательным вихревым движениям космической среды, порожденным в том же процессе, в котором родилась сама Вселенная и возникло ее общее расширение. Важным свойством вихревых движений является их «вмороженность» в поток: вихрь, охватывающий данные частицы среды, не переходит от них к другим частицам, а всегда прочно связан с ними и переносится

потоком с одного места на другое, только если и сами эти частицы перемещаются. Но при больших скоростях возникает новое явление — турбулентность: вихри взаимодействуют между собой, обмениваясь энергией, дробятся на движения меньших масштабов или сливаются, образуя вихри больших масштабов. Каждый элемент среды в таком случае участвует сразу в двух движениях: в общем расширении с хаббловской скоростью и в хаотическом вихревом движении со случайной скоростью. Наложение разных участков среды вызывает либо разряжения, либо сгущения. В эпоху рекомбинации превращение вещества из ионизированного в нейтральное освобождает частицы от связи с фотонами излучения, и из-за этого довольно резко падает скорость звука в среде: от значения, близкого к скорости света, она уменьшается до нескольких километров в секунду. Скорости же первичных вихрей должны быть в эту эпоху по крайней мере в 100 раз больше последней величины. Поэтому вихревые движения из дозвуковых, какими они были с самого начала, становятся в ходе рекомбинации сверхзвуковыми. Таким образом порождаются ударные волны, способные сжимать газ, более того, могут возникать довольно плотные тела [11, с. 60–78].

Догалактические возмущения формируются в виде совокупности слабых сгущений газа, облаков, каждое из которых начинает приобретать скорость, добавочную к скорости взаимного космологического разбегания первичного вещества. Особый интерес представляют ситуации, когда имеет место столкновение облаков, при котором возникает слой сжатого газа с такими явлениями, как скачки плотности, скорости и температуры. Ударная волна — особый тип такого скачка, при котором меняется перпендикулярная фронту компонента скорости, а касательная остается неизменной. Если набегающий на фронт ударной волны поток безвихревой, то при пересечении фронта он перестраивается и может стать вихревым. При нецентральных столкновениях газовых масс материал каждого облака не только сминается, но еще и скользит вдоль поверхности, отделяющей одно облако от другого. Такой разрыв касательной скорости (тангенциальный) не может долго существовать и распадается со временем. Скорости исходного скользящего тангенциального движения дают начало вихревым скоростям в слое сжатого газа.

Природу этой гидродинамической неустойчивости можно представить как скачок касательной скорости двух соседних слоев, как тангенциальный разрыв, вихрь, сосредоточенный в плоскости, который возникает из первоначально безвихревого движения облаков молекулярного газа, когда сверхзвуковое столкновение этих облаков порождает неэволюционный (вызванный внешней причиной, а не собственной эволюцией движения) гидродинамический разрыв. Речь

идет о сочетании эволюционных процессов, когда имеет место постепенное развитие гравитационной неустойчивости в данной массе газа, и неэволюционных процессов, следствием которых являются тангенциальные разрывы (система разрывов) и отходящие от них в разные стороны ударные волны в массе газа.

В зонах тангенциальных разрывов возникают хаотические движения различных масштабов и интенсивности, черпающие энергию из относительно касательных движений газа, в общем хаотическом движении среды имеют место завихренности. Собственно, сам тангенциальный разрыв — это уже как бы вихрь, сосредоточенный в плоскости. При этом возмущения, отходящие от тангенциального разрыва, уносят с собой только его энергию, но не завихренность [11, с. 89]. Вихрь может появиться и исчезнуть, но чисто безвихревое движение невозможно. Однако вихрь не рождается и не уничтожается, если в гидродинамическом движении нет разрывов, небаротропии, вязкости.

Возникновение и усиление возмущений, обладающих значительной завихренностью, а затем и распад тангенциального разрыва на вихревое приводит в результате к интенсивным внутренним движениям в слое-протоскоплении, возникшем при сверхзвуковом соударении самых крупных облаков межгалактической среды. Сложный и запутанный характер вихревых движений, порожденных неустойчивостью и распадом тангенциального разрыва, предопределяет развитие турбулентности в газовом протоскоплении. Так, в межгалактической среде образуются турбулентные слои, в которых газ сжат, сильно разогрет и, что особенно важно, обладает внутренними вихревыми, вращательными движениями. Если полная масса всего образования сравнима с массой скопления галактик, то внутренние вихри охватывают массы газа, сравнимые с массами отдельных галактик. Обособление и гравитационная конденсация вихрей превращает их в быстро вращающиеся спиральные галактики. Наиболее крупные вихри образуются в совокупности движений турбулентные слои — протоскопления — вихревые ядра; своей энергией они способны поддерживать и питать вихри меньших масштабов, со временем формируется стройная иерархия вихрей с каскадной передачей энергии от немногих крупных вихрей к большому числу вихрей меньшего масштаба. Протогалактические вихри возникают как закономерное следствие всей предшествующей эволюции метагалактической структуры в изотропной расширяющейся Вселенной. Те самые движения, которые создают крупномасштабные сгущения — облака метагалактической среды, порождают и внутренние турбулентные вихри в слоях-протоскоплениях [11, с. 92–94].

Возникнув в результате неустойчивости и динамического хаоса, огромные массы Вселенной своим воздействием уменьшают неопределенность, а значит, и хаотичность, в движении частиц [14, с. 63].

Под воздействием радиации звезд, вспышек сверхновых звезд и звездного ветра имеет место переход межзвездного газа из фазы холодного в фазы теплого и горячего. Под воздействием ударных волн происходит образование диффузных облаков и переход межзвездного газа из горячей в теплую и холодную фазы. Столкновение хаотически движущихся диффузных облаков приводит к их слипанию и концентрации в гигантские молекулярные облака с одновременной их эрозией, нарастанием гравитационной неустойчивости и наступлением новой фазы звездообразования.

Суть явлений можно понять так, что «циклические изменения в межзвездной среде имеют ту же природу, что периодические изменения популяций в простых экологических системах», например, четкие минимумы и максимумы численности зайцев, оленей карибу и рысей, с определенным периодом наблюдаемые в замкнутой экологической системе острова. В роли хищников можно мыслить ультрафиолетовую радиацию, звездный ветер, вспышки сверхновых звезд, которые разрушают гигантские молекулярные облака, вследствие чего и рождаются звезды. При этом в спиральных галактиках такие крупномасштабные долгопериодические циклы прерываются при прохождении спиральных волн плотности. Поэтому описанная картина нагляднее всего реализуется в иррегулярных галактиках и, возможно, в области коронации или на периферии спиральных галактик, наподобие галактики Млечный Путь [5, с. 170, 172].

Оставив аналогии, отметим, что галактика — не сплошное тело, а совокупность отдельных объектов, удерживаемых общим гравитационным полем. Галактики вращаются не как твердые тела, их различные составляющие также движутся, они могут иметь разные скорости вращения даже на одном и том же расстоянии от центра, при этом каждый объект описывает сложную незамкнутую траекторию вокруг центра масс галактики. От характера вращения галактик зависят форма и ориентация спиральных ветвей в ее диске [1, с. 282]. Перейдем к характеристике галактик и выделению уникальных свойств галактики Млечный Путь.

Пройдя длительный путь формирования, галактики явлены нам как эмпирические объекты с их общими и уникальными характеристиками, по которым мы реконструируем их эволюцию. В основе классической классификации Э. Хаббла лежит наблюдаемая форма галактик. Впоследствии У. Морган проанализировал интегральный оптический спектр их центральной конденсации и степень концентрации звезд к центру системы и сделал предположения относительно эволюции галактик; Ж. де Вокулер углубил классификацию спиральных галактик, сделал вывод, что неправильные галактики являются частью их истории; ван дер Берг совместил морфологический

анализ с классификацией галактик по типу светимости; современные классификации выделяют наблюдаемые признаки активности ядра и формы выделения энергии в нем.

До своеобразной периодической таблицы еще далеко, однако классификация галактик постепенно усложняется и включает в себя следующие виды:

- спиральные. Их подразделяют на два подтипа: нормальные спирали (S) и спирали с перемычкой, или баром (пересеченные (SB)). Оба подтипа подразделяются по степени закругленности рукавов: от Sa с туго закрученными рукавами до Sc с большими расстояниями между ними, быстро удаляющимися от центра по мере продвижения от начал рукава в центре галактики к его окончанию на краю диска. Такую же последовательность образуют и пересеченные спирали: SBa, SBb, SBc. Подгруппы спиральных галактик Хаббл назвал ранними (Sa и SBa), промежуточными (Sb и SBb), поздними (Sc и SBc);

- эллиптические. Позднее была введена классификация, подразделившая их на компактные, глобальные и позднего типа;

- неправильные, или иррегулярные.

Классификация Хаббла с вариациями используется и сегодня. Важно, что классификации демонстрируют огромное разнообразие галактик, едва ли не каждая из них оказывается в силу тех или иных явлений уникальной, неповторимой. К примеру, по характерным проявлениям активности ядер галактики разделяются на сейфертовские, радиогалактики, квазары и лацертиды, однако и в этом случае при любой величине, диапазон ее значений в галактике потрясает. Почти всегда звезды формируются в дисках галактик, где концентрируется межзвездная среда [1, с. 238, 250]. Темп звездообразования и расположение областей, где в галактиках рождаются звезды, зависят от многих факторов, которые могут ускорять или замедлять процесс превращения газа в звезды. Выявление этих факторов прямо связано с вопросом о морфологии галактик, поскольку их внешний вид почти полностью определяется распределением в них областей звездообразования [1, с. 251].

Различия между близкими по типу спиральными системами можно рассмотреть на примере двух галактик — Млечный Путь и туманность Андромеды, их морфологические типы S(B)bc (промежуточные объекты между нормальными и пересеченными галактиками) и Sb соответственно. По форме они различаются не очень сильно, но физические различия между ними вполне заметны. Хотя диски их более или менее сходны (за исключением предполагаемого бара у нашей галактики), сферические подсистемы существенно различаются: у Андромеды светимость балджа втрое больше нашего, он значительно богаче населен шаровыми скоплениями, а на его периферии

располагаются два могучих эллиптических спутника. В то же время на периферии Млечного Пути мы имеем два крупных неправильных спутника — Магеллановы Облака, и содержание газа в нашем диске немного выше. Возможно, эти различия как-то связаны между собой? При сходном содержании газа в дисках темп звездообразования в нашей галактике заметно выше, чем в Андромеде, поэтому считать эти галактики копиями друг друга было бы неоправданным [1, с. 217]. Различия касаются морфологического типа, а именно светимости балджа: отношения осей, дисперсии скоростей и количества шаровых скоплений в балдже, а также характеристик диска: по светимости, показателю цвета, содержанию газа, скорости вращения, инфракрасной светимости и градиенту методичности газа. Чтобы уподобить одну галактику другой, понадобилось бы управление процессами на этапе формирования протогалактических облаков, а возможно, и они не имели бы нужного результата в силу неодинакового местоположения галактик во Вселенной.

Наша галактика является спиральной. Одна из теорий образования спиральных рукавов говорит о волнах плотности, бегущих по звездному диску, как по поверхности воды. Другой подход основан на том, что спиральные ветви могут и не иметь волновой природы. Короткие спиралевидные участки бывают вытянуты дифференциальным вращением диска, что связано с непрерывно возникающими и исчезающими областями рождения звезд. Зрелые области звездообразования в состоянии стимулировать рождение звезд в соседних областях, так что весь процесс будет иметь незатухающий (пока есть газ) характер.

Все звезды входят в состав тех или иных систем; до сих пор астрономы не обнаруживали светил, свободно и в одиночку блуждающих по Вселенной. Классификация звездных систем включает: 1) двойные и кратные (тройные и т. п.) звездные системы, их около 50 %; 2) рассеянные звездные скопления; 3) шаровые звездные скопления; 4) звездные ассоциации; 5) звездно-газовые комплексы [1, с. 255]. Звезды рождаются большими группами, в период формирования они выглядят очень плотными, но существует несколько явлений, в силу которых скопления частично или полностью разрушаются. Наиболее важное — выброс из формирующегося скопления остатков межзвездного газа. Образовавшийся горячий плазменный шар своим высоким давлением разрушает родительское облако, и новорожденная группа звезд оказывается изъятой из той ловушки, которой служило массивное облако. Предоставленную самой себе группу новорожденных звезд ожидает три возможных исхода: 1) скорости хаотического движения звезд так велики, что они преодолевают взаимное притяжение и разлетаются от места рождения навсегда: образуется расширяющееся облако молодых звезд — ассоциация; 2) взаимного притяжения звезд достаточно, чтобы удержать

их вместе: образуется гравитационно связанная система — звездное скопление; 3) медленно движущиеся звезды остаются на месте и формируют гравитационно связанное скопление, а более динамичные разлетаются в виде ассоциации [1, с. 261].

Самые древние свидетели истории галактики — шаровые скопления звезд, их осталось очень мало, около 180, а также рассеянные скопления, которых обнаружено около 2200, это лишь 2 % от расчетного числа. Выявлены очень удаленные и трудно рассматриваемые древние шаровые скопления, их особенностью является чрезвычайно большая масса, несмотря на малый размер. Чем дальше от центра галактики, тем больше доля невидимой массы (темной материи): звезд и газа там почти не видно, а источник тяготения присутствует. Однако в окрестностях Солнца темной материи крайне мало.

Современная теория образования галактик говорит о том, что исходными материалами для формирования крупных звездных систем служили неоднородно распределенная в пространстве темная материя (ее природа заключена в элементарных частицах неизвестного типа, у которых отсутствует сильное взаимодействие, электрический заряд, т. е. это не барионное вещество) и обычный газ (водородно-гелиевая плазма), сжатие и остывание которого в гравитационном поле темной материи привели к бурному рождению звезд и формированию галактических структур. Масса звездных островов, рождающихся в бурных потоках газа, могла расти как за счет струй межгалактического газа и темной материи, вливающих в галактику, так и благодаря слиянию и поглощению более мелких систем.

Наиболее быстрый рост галактик происходил первые 1–2 млрд лет, в нашей галактике от той поры остались шаровидные скопления и наиболее старые звезды, образующие толстый диск. По мере эволюции эллиптические галактики быстро потеряли запас межзвездного газа, формирование звезд в них остановилось, и в большинстве своем системы медленно старели, не претерпевая существенных изменений. Чуть позднее прекратилось звездообразование в тех галактиках, которые мы называем линзовидными. Другое дело — спиральные и неправильные галактики: их формирование растянулось на миллиарды лет и не завершилось полностью. Это может быть связано как с более экономным расходом газа на звездообразование, так и с постоянным притоком в них новых порций газа из межгалактического пространства.

Химический состав звезд диска нашей галактики практически не менялся последние 8–9 млрд лет, что указывает на ведущую роль взаимодействия и слияния галактик в их эволюции. А каждое слияние — это не только увеличение массы всей системы, но и повышение металличности звезд эллиптической галактики.

Альтернативная точка зрения состоит в том, что фундаментальный вклад в формирование галактик вносит не темная материя, а барионное вещество, которое под воздействием гравитации концентрируется вокруг гало с темной материей.

Итак, в ранней Вселенной сначала формируются маленькие темные гало, а в них — карликовые галактики. При формировании темных гало газ, составляющий по массе не более 25 % от темной материи, вириализуется, т. е. равномерно распределяется по сферическому объему темного гало и нагревается до вириальной температуры, обеспечивающей давление, достаточное для приостановки его сжатия. Затем газ постепенно высвечивается, остывает и осаждается в диск, поскольку энергия уходит с излучением, а момент импульса никуда не исчезает. В газовом диске начинается звездообразование: в центре небольшого темного гало формируется небольшая дисковая галактика. Под действием взаимной гравитации малые темные гало продолжают сближаться, группироваться и сливаться. При слиянии двух темных гало их две дисковые галактики тоже сливаются (с задержкой по времени) и образуют одну эллиптическую. Затем едва оформившаяся галактика сливается с другой и порождает более крупную эллиптическую галактику. Циклы могут повторяться [1, с. 317].

В этой связи уместно рассматривать приток сил-энергий извне как часть механизма функционирования галактики Млечный Путь. В полной изоляции ее ждала бы участь одинокой звезды, которая распадается вплоть до элементарных частиц. Процесс неуклонного сближения (медленного по земным меркам и быстрого по космическим) нашей галактики с галактикой туманность Андромеды представляет собой проявление такого рода механизма.

Ключевым вопросом формирования морфологических типов галактик становится его временная шкала. В космологической модели гравитационное сгущивание темной материи сначала идет волнами, потом разбивается на комки, затем они коллапсируют (сжимаются до состояния динамического равновесия) и начинают сближаться и сливаться друг с другом под действием гравитации. В этой модели в рамках концепции иерархического сгущивания все времена зажаты достаточно жестко. Например, массивные эллиптические галактики должны формироваться последними и при этом сравнительно недавно [1, с. 318].

Классификация физических механизмов, управляющих глобальной эволюцией галактик [1, с. 323, 325], включает две основные характеристики: по масштабам пространства (внутренние и внешние) и по масштабам времени (быстрые и медленные). Скорость механизма оценивается по отношению его характерного времени к двум близким по значению динамическим временам: периоду вращения галактики и

времени ее свободного падения, т. е. коллапса. В пределах отдельной галактики быстрые механизмы — это те, которые действуют на протяжении нескольких сотен миллионов лет; медленные механизмы порождают заметные изменения в галактике лишь за миллиарды лет.

Внутренние механизмы действуют в изолированных галактиках, если такую галактику оставить в покое. Для запуска внешних механизмов необходимы посторонние агенты — соседние галактики или межгалактическая среда, которая и порождают звездообразование, круговорот газа, обогащение металлами. Энерговыделение через звездный ветер и взрывы сверхновых звезд. Среди механизмов внутренней вековой эволюции радиальное смещение барионного вещества в диске галактики, в первую очередь газа, возможно, если существует механизм перераспределения импульса. Между тем эффективное перераспределение момента газа и звезд происходит, если в диске нарушается осевая симметрия и орбиты звезд и газовых облаков, представляющих собой в осесимметричном потенциале плоские окружности с центром в центре диска галактики, становятся существенно некруговыми.

В случае внешней вековой эволюции действуют гравитационные эффекты, связанные с взаимодействием галактик.

Выводы. Эволюционирующая Вселенная представляет собой гравитационную и гидродинамическую неустойчивость, фазовые переходы, возникновение новых форм на основе различных, но функционально взаимосвязанных, возможностей. Не являются исключением и галактические процессы.

Галактики являются частью более масштабного целого, Вселенной, и существуют лишь в качестве таковых. Каждая из них образует относительно замкнутую уникальную структуру, порождающую новое качество локального места Вселенной, заключающееся в концентрации только им присущих энергий-сил, вызванных расстановкой внутри нее космических объектов.

Экологические условия в галактике Млечный Путь, Солнечной системе и на планете Земля являются эмпирическим фактом, они возникают и имеют необратимый характер как одна из возможных ветвей эволюции Вселенной, как не только божественная, но и физическая среда, в которой заложены условия жизни. Возникнув, экологические ниши не могут самопроизвольно разрушиться, они также эволюционируют, их разрушение возможно только под действием внешних сил. Создание экологических условий является результатом специфических механизмов, исследование которых является важной теоретической и практической задачей науки.

ЛИТЕРАТУРА

- [1] *Галактики*. Москва, Физматлит, 2013, 432 с.
- [2] Шуваев Г.В. *Концепция научной картины мира «Циклоническая Вселенная»*. Ярославль, 2014, 230 с.
- [3] Параев В.В., Молчанов В.И., Еганов Э.А. Философский аспект проблемы происхождения и эволюции жизни. *Философия науки*, 2009, № 3 (42), с. 140–165.
- [4] Эбелинг В., Файстель Р. *Хаос и космос: синергетика эволюции*. Москва, Ижевск, НИЦ «Регулярная и хаотическая динамика», 2005, 336 с.
- [5] Лозинская Т.А. *Взрывы звезд и звездный ветер в галактиках*. Москва, УРСС, 2013, 216 с.
- [6] Цварт С.П. Давно потерянные родственники Солнца. *В мире науки*, 2010, № 1, с. 16–23.
- [7] Дмитриев В.Ф. *Физика информационного строения материи*. Тула, ФГУП «ГНПП «СПЛАВ», 2012, 500 с.
- [8] Пенроуз Р. *Новый ум короля: о компьютерах, мышлении и законах физики*. Москва, УРСС, 2003, 384 с.
- [9] Хазен А.М. *Разум природы и разум человека*. Москва, Мособлупрполиграфиздат, 2000, 610 с.
- [10] Краусс Л. Маяк Большого взрыва. *В мире науки*, 2014, № 12, с. 22–32.
- [11] Карлип Ст. Квантовая гравитация во Флатландии. *В мире науки*, 2012, № 6, с. 24–32.
- [12] Левитан Е.П. *Физика Вселенной: экскурс в проблему*. Москва, УРСС, 2013, 184 с.
- [13] Гуревич Л.Э., Чернин А.Д. *Происхождение галактики и звезд*. Москва, Наука, 1987, 192 с.
- [14] Янчилин В.Л. *Квантовая теория гравитации*. Москва, УРСС, 2002, 256 с.

Статья поступила в редакцию 24.04.2015

Ссылку на эту статью просим оформлять следующим образом:

Ловецкий Г.И. Эволюция и экология галактических процессов. *Гуманитарный вестник*, 2015, вып. 9. URL: <http://hmbul.bmstu.ru/catalog/hum/phil/296.html>

Ловецкий Геннадий Иванович — д-р филос. наук, профессор, заведующий кафедрой философии и политологии Калужского филиала МГТУ им. Н.Э. Баумана. Область научных интересов: социальная философия, философия науки и техники. e-mail: ce3@bmstu-kaluga.ru

Evolution and ecology of Galactic processes

© G.I. Lovetskiy

Bauman Moscow State Technical University, Kaluga Branch, Kaluga, 248000, Russia

Evolution of galactic processes reveals gravitational and hydrodynamic instability, phase transitions, emergence of new forms, including living substance. Different but functionally interrelated possibilities are responsible for them. Galaxies, clusters and planets are unique. Ecological conditions in the Milky Way galaxy, in the Solar system and on the planet Earth evolved under the impact of very specific mechanisms. Study of these mechanisms is a very important theoretical and practical task of sciences.

Keywords: galaxies, evolution, phase transitions, ecology.

REFERENCES

- [1] *Galaxies*. Moscow, Fizmatlit Publ., 2013, 432 p.
- [2] Shuvaev G.V. *Kontseptsiya nauchnoi kartiny mira "Tsiklonicheskaya Vselennaya"* [The Concept of the Scientific Picture of the World "Cyclonic Universe"]. Yaroslavl, 2014, 230 p.
- [3] Paraev V.V., Molchanov V.I., Eganov E.A. *Filosofiya Nauki — Philosophy of Sciences*, 2009, no. 3(42), pp. 140–165.
- [4] Ebeling W., Feistel R. *Chaos und Kosmos: Prinzipien der Evolution* [In Russian: Ebeling W., Feistel R. *Khaos i Kosmos: Sinergetika evolyutsii*. Moscow-Izhevsk, NITs "Regulyarnaya i khaoticheskaya dinamika", 2005, 336 p.].
- [5] Lozinskaya T.A. *Vzryvy Zvezd i Zvezdnyy Veter v Galaktikakh* [Explosions of Stars and Stellar Wind in Galaxies]. Moscow, 2013, URSS Publ., 216 p.
- [6] Tsvart S.P. *V Mire Nauki — Scientific American*, 2010, no. 1, pp. 16–23.
- [7] Dmitriev V.F. *Fizika informacionnogo stroeniya materii* [Physics of the Information Structure of Matter]. Tula, FGUP "SNPP "SPLAV", 2012, 500 p.
- [8] Penrose R. *The Emperor's New Mind: Concerning Computers, Minds and The Laws of Physics* [In Russian: Penrouz R. *Novyy um korolya: o kompyuterakh, myshlenii i zakonakh fiziki*]. Moscow, URSS Publ., 2003, 384 p.
- [9] Hazen A.M. *Razum prirody i razum cheloveka* [The Intelligence of Nature and of the Human Mind]. Moscow, Mosobluprpoligrafizdat, 2000, 610 p.
- [10] Krauss L.M. *V Mire Nauki — Scientific American*, 2014, no. 12, pp. 22–32.
- [11] Carlip S. *V Mire Nauki — Scientific American*, 2012, no. 6, pp. 24–32.
- [12] Levitan E.P. *Fizika Vselennoy. Ekskurs v problemu* [Physics of the Universe: Insight into the Problem]. Moscow, URSS Publ., 2013, 184 p.
- [13] Gurevich L.E., Chernin A.D. *Proiskhozhdenie Galaktiki i Zvezd* [The Origin of Galaxy and Stars]. Moscow, Nauka Publ., 1987, 192 p.
- [14] Yanchilin V.L. *Kvantovaya teoriya gravitacii* [Quantum Theory of Gravitation]. Moscow, 2002, URSS Publ., 256 p.

Lovetskiy G.I., Dr. Sci. (Philosophy), professor, Head of the Philosophy and Political Science Department at Kaluga Branch of Bauman Moscow State Technical University. Academic interests include social philosophy, philosophy of science and technology. e-mail: ce3@bmstu-kaluga.ru