

ВЕСТНИК

АКАДЕМИИ НАУК СССР

1976 •

1

ЭВОЛЮЦИОННЫЕ ПРОЦЕССЫ ВО ВСЕЛЕННОЙ

Доклад академика
В. А. АМБАРЦУМЯНА



На каждом этапе своего развития астрономия рисовала картину Вселенной в соответствии с имеющимися в ее распоряжении фактическими данными. И хотя достоверность таких данных, накопившихся, скажем, к началу нашего века, как правило, не вызывает и сейчас никаких сомнений, т. е. все, что тогда писалось в курсах астрономии, оказалось в общем правильным, тем не менее, картина Вселенной в конце третьей четверти XX столетия в основных чертах противоположна той, что была 70 лет назад.

В начале века мы уже имели достаточно ясные представления об устройстве солнечной системы, о периодах обращения вокруг Солнца планет и их спутников. Мы знали уже расстояния до многих звезд, мы знали об их движениях. Основные черты этой картины производили глубокое впечатление

регулярности, спокойствия и даже некоторой торжественности.

Астрономия XX в., в огромной степени расширив объем изучаемого ею пространства, глубоко проникла в мир галактик, или, как мы говорим, в Метагалактику, и установила, что эта Метагалактика, в которую входит и наша Галактика, расширяется с огромной скоростью, почти удваиваясь в объеме за время порядка 10 млрд лет. Как в нашей Галактике, так и в других наряду с медленными изменениями повсюду были открыты гигантские взрывы, выбросы колоссальных масс вещества, возгорание и затухание сверхмощных источников излучения, почти мгновенные всплески излучения звезд в оптических и γ -лучах, распад космических тел и их систем. Эти бурные процессы, происходящие на всех ступенях космической иерархии, т. е. и в жизни звезд, и звездных групп, и галактик, совершаются иногда буквально на наших глазах, в короткие и даже кратчайшие промежутки времени. Иначе говоря, для современной картины Вселенной характерны резкие и часто неожиданные изменения. И все же утверждение

о том, что общая продолжительность жизни космических объектов измеряется, как правило, миллиардами или, по крайней мере, миллионами лет, сейчас обосновывается лучше, чем когда бы то ни было.

Разрешение этого противоречия мы видим не столько в признании факта, что наряду с медленно эволюционирующими объектами изредка встречаются объекты быстро меняющиеся, сколько в том, что на определенных этапах развития многих космических объектов наступают критические фазы, когда объект становится неустойчивым, или, как говорят, «нестационарным», и после определенного цикла быстрых изменений переходит в другое, качественно новое состояние.

В XIX в. космогония, т. е. часть астрономии, ставившая и рассматривавшая вопрос о происхождении и эволюции космических тел и их систем, развивалась почти независимо от наблюдательной астрономии, была изолирована от других ее разделов и поневоле носила умозрительный характер. Теперь каждый новый факт, относящийся к числу «нестационарных», приковывает к себе внимание, требует объяснения и безотлагательно находит свое место в своеобразной, быстро разрастающейся систематике нестационарных явлений и объектов. В результате почти каждое астрофизическое исследование или программа наблюдений явно или неявно оказываются связанными с эволюционными вопросами. Особый интерес специалистов к нестационарным объектам выражается, в частности, в том, что наблюдательное время на больших современных телескопах в первую очередь отводится для изучения именно этих объектов.

Астроном северного полушария часто завидует своим коллегам из южного полушария, поскольку те имеют возможность наблюдать Большое Магелланово Облако — галактику, чрезвычайно богатую замечательными нестационарными объектами, среди которых выделяется сверхассоциация 30 Золотой Рыбки, место наиболее интенсивного звездообразования во всей Местной Группе галактик, в которую входит и наша Галактика, и знаменитая галактика в Андромеде, и другие ближайшие к нам системы. С другой стороны, выяснилось, что все открытые с помощью радиоастрономических методов интенсивные источники космического радиоизлучения возникли в результате текущей или прежней активности связанных с ними нестационарных объектов. Таким образом, радиоастрономический метод явился эффективным способом селекции нестационарных объектов и процессов. Вот почему этот метод так высоко оценивается астрофизиками.

Изучение нестационарных явлений, наблюдаемых в каждой категории астрономических объектов, позволяет, шаг за шагом раскрывать закономерности, касающиеся эволюции и происхождения этих объектов, а это теснейшим образом связано с выяснением природы самих объектов и происходящих в них процессов. Стало ясно, что эволюционные процессы в каждом случае настолько глубоки и своеобразны, что было бы неправильно и безнадежно пытаться понять их посредством одноактного придумывания какой-либо умозрительной гипотезы или построения единой модели. Эра умозрительных гипотез сменилась эрой наблюдательных подходов к астрофизическим явлениям, постепенного обобщения и анализа наблюдательных данных.

И поскольку каждый тип объекта или явления требует специфической методики наблюдений, своей методики обобщения, своего теоретического анализа, а способ одноактного придумывания гипотез или моделей, имеющих своей целью дать, так сказать, тотальное решение космогонических вопросов, себя дискредитировал, космогония как изолированная и самостоятельная дисциплина астрономии прекратила свое существование. Взамен этого вся астрофизика оказалась пронизанной идеями эволюции. Теперь каждая астрофизическая проблема имеет или приобретает свои

космогонические аспекты. Кстати, можно предполагать, что таким же образом перестанет существовать и космология как изолированная дисциплина. Уже сейчас в каждом разделе внегалактической астрономии все большую роль начинают играть космологические аспекты, все большее значение придается интегральным свойствам и закономерностям Метагалактики.

Классическая космогония всегда выдвигала на первый план вопрос о происхождении **плотных тел** (звезд и планет). Тот факт, что разреженные образования, всякого рода туманности, встречаются гораздо менее часто, точнее, содержат гораздо меньшую суммарную массу, чем конденсированные объекты, не привлекал особого внимания ученых. Между тем сама постановка вопроса, из чего произошли плотные объекты, в частности звезды, в известной степени предопределяла ответ: очевидно, из **неплотных, разреженных, т. е. из диффузных образований типа туманностей**. Но так как в туманностях сосредоточена лишь очень небольшая часть вещества наблюдаемой Вселенной, оставалось предположить, что малое количество туманностей характерно лишь для сегодняшнего состояния Вселенной, а в отдаленном прошлом дело обстояло иначе, либо же, что существование диффузной фазы состояния вещества кратковременно. Во втором случае возникал другой вопрос, из чего возникают эти недолго существующие объекты — туманности? Если вдуматься глубже, то оказывается, многие соображения также приводят к выводу, что именно этот, казалось, более легкий, вопрос должен решаться в первую очередь. Однако классическая космогония в своем стремлении ставить и решать все проблемы сразу и целиком не хотела заниматься такими «мелочами». Ее прежде всего интересовало происхождение тех тел, в которых сосредоточена **основная часть** массы Вселенной. Поэтому допускалось, что изначальным является диффузное (как теперь говорят, газово-пылевое) вещество, из которого возникали и продолжают возникать звездные системы, звезды и планеты. Вот почему старая космогония видела свою задачу исключительно в составлении схем или моделей процессов, ведущих к образованию массивных тел из диффузного вещества.

Однако еще во второй половине прошлого века астрофизики начинают обращать внимание на прямо наблюдаемые процессы противоположных превращений, которые происходят как в солнечной системе, так и в звездном мире.

Академику Ф. А. Бредихину (1831—1904) принадлежит заслуга разработки теории образования метеорных потоков в результате распада периодических комет. В дальнейшем выводы Бредихина подтвердились; как следует из самой последней работы канадского ученого П. Милмана, метеоры, существующие в межпланетном пространстве, в основной своей массе происходят от комет. С другой стороны, непосредственное изучение **метеоритов** несомненно свидетельствует, что они возникли в результате взрыва или дробления более массивного тела или нескольких тел, по меньшей мере масштаба самых крупных астероидов.

Таким образом, первый же случай, когда оказалось возможным прямо из наблюдений сделать заключение о характере превращений космических объектов, показал, что процесс идет в направлении распада, а не сбирания, т. е. в направлении, прямо противоположном идеям великого Канта. Конечно, физические процессы, играющие роль в возникновении различных космических объектов, могут быть крайне не сходны друг с другом. Поэтому из одного факта **еще нельзя** делать вывода об универсальности процессов распада и взрывов во Вселенной.

Поднимаясь от метеоров и метеоритов на одну ступень выше, мы приходим к вопросу о направлении развития кольца астероидов и совокупно-

сти комет. Данные, относящиеся к статистике размеров астероидов, могут служить критерием для выбора между гипотезой постепенного собирания и гипотезой дробления. Только два года назад на Общем собрании Академии наук СССР мы слушали блестящий доклад нашего иностранного члена шведского физика Ханнеса Альвена, подробно рассмотревшего гипотезу собирания астероидов в одно тело. Произведенный У. Напье и Р. Доддом в прошлом году анализ проблемы происхождения астероидов, учитывающий взаимные столкновения последних и основанный на критериях распределения масс и периодов вращения, решает, однако, вопрос в пользу **фрагментации астероидов.**

В области происхождения комет, вероятно, в конечном счете придется остановиться на каком-либо варианте теории извержения или фрагментации, более или менее близком к идеям С. К. Всехсвятского. Во всяком случае, даже самые ярые защитники идеи конденсации вряд ли решатся утверждать, что в системе комет процесс идет в сторону соединения или слияния диффузных тел между собой. Таким образом, и здесь направление процесса совершенно ясно, хотя вопрос о конкретном механизме возникновения еще далеко нельзя считать решенным.

Следующий тип объектов, о направлении развития которых астрономам удалось составить представление, — планетарные туманности. В первое время после их открытия (т. е. в XIX столетии) некоторые космогонисты были склонны считать, что эти довольно симметричные, иногда кольцеобразные, туманные образования, в центре которых находится звезда, служат неплохой иллюстрацией к гипотезе Канта и Лапласа. Однако астрофизические наблюдения позволили уже в 30-х годах нашего века установить, что эти объекты расширяются со скоростями порядка 15—30 км/сек и по своей природе ничего общего с происхождением планетных систем не имеют.

Анализ физического состояния планетарных туманностей, основанный на теории их свечения, дал результаты вполне соответствующие этим

ГОВОРЯТ ИНОСТРАННЫЕ ГОСТИ

Б. ШИРЕНДЫБ,
заместитель Председателя
Великого Народного Хурала
Монгольской Народной Республики,
президент Академии наук МНР

В первой половине октября 1975 г. внимание мировой научной общественности было обращено к Москве и Ленинграду, где широко и торжественно отмечалось 250-летие Академии наук СССР.

В юбилейных изданиях, в научных докладах, сообщениях и на выставке достижений советской науки особенно рельефно показаны гигантские свершения советских ученых — от познания глубинных процессов Земли до космической высоты, от создания быстродействующих ЭВМ до космической техники, от изуче-

ния атомной энергии до сооружения целого ряда мощных атомных электростанций.

Эти успехи советской науки получили самую высокую оценку в выступлении Генерального секретаря ЦК КПСС товарища Л. И. Брежнева, в приветствии ЦК КПСС, Верховного Совета и Совета Министров СССР, в награждении Академии наук орденом Ленина и большой группы советских ученых высокими правительственными наградами.

В эти дни ярко проявилась характерная черта советской науки — ее неразрывная связь с интересами родного народа, коммунизма и мира.

Мне, участвовавшему в праздновании 220-летия Академии наук СССР в 1945 г., особенно хорошо видны огромные сдвиги и достижения Советского государства и советской науки за тридцать послевоенных лет.

наблюдательным данным. Поэтому сейчас нет сомнений, что эти туманности возникли вследствие выброса их из центральных звезд и дальнейшего расширения их внешних слоев с массами порядка от 0,01 до 0,1 массы Солнца; за время порядка 10^5 лет планетарные туманности успевают' расширяться в окружающем пространстве.

Интересно, что еще раньше, исследуя вспышки Новых звезд, астрофизики составили представление о сходных взрывах, когда из звезд в наружное пространство выбрасываются оболочки с гораздо меньшей массой (порядка 10^{-5} массы Солнца). Зато скорости расширения образующихся туманностей в данном случае значительно больше (порядка 1000 км/сек), и сами эти процессы происходят в Галактике гораздо чаще.

Итак, путем непосредственных наблюдений было установлено, что во многих объектах эволюция идет от более плотного состояния вещества к рассеянному. Вопрос о происхождении туманностей не только стал рассматриваться серьезно, но и оказался в некоторых случаях вполне разрешимым.

С течением времени обнаруживалось все больше случаев связи между туманностями и звездами. В конце 40-х годов были открыты звездные ассоциации двух основных типов — ОВ и Т. ОВ-ассоциации — рассеянные группы горячих и массивных звезд, содержащие, помимо звезд, еще и газовые туманности, т. е. облака ионизованной материи. Т-ассоциации — группировки карликов, находящихся в состоянии постоянных изменений и частично выбрасывающих из своих недр вещество. В эти ассоциации входят также диффузные, отражающие свет туманности, из пыли и газов, преимущественно нейтральных.

Из довольно разнообразных соображений следовало, что как ОВ-, так и Т-ассоциации суть группировки молодых звезд; возраст их порядка нескольких миллионов лет. Нет сомнений, что эти группировки с течением времени распадаются. И хотя стало очевидным, что эволюция здесь идет от более плотных группировок к рассеянным, проблема связи между звезд-

Незабываемое впечатление произвело на нас выступление товарища Л. И. Брежнева. С большим интересом мы выслушали научные доклады многих видных советских ученых на общей юбилейной сессии и специальных заседаниях.

Представителям монгольской науки, принимающим участие в юбилейных торжествах, оказана самая теплая встреча советскими учеными, с которыми мы проводим деловые беседы, полезный обмен мнениями о дальнейшем сотрудничестве между нашими академиями. Это постоянно расширяющееся научное сотрудничество академий наук МНР и СССР оказывает все более усиливающееся влияние на рост научных кадров и развитие научной мысли в нашей стране, на успешное осуществление программных задач Монгольской народно-революционной партии по строительству социализма.

ЙОЗЕФ ПОУЛИК,
Вице-президент
Чехословацкой Академии наук

Еще в 18—19 столетии существовали оживленные контакты между чешскими и русскими учеными. Это не было случайным, а вытекало из того, что чешский народ после нескольких столетий чужеземного порабощения обратился к великому русскому народу в надежде на его помощь в борьбе за свободу. Однако конкретные, новые формы отношений между чешским и русским народами появились лишь после Великой Октябрьской социалистической революции, в области науки — благодаря профессору З. Неedly, который установил контакты с Академией наук СССР. По примеру высшего в Советском Союзе научного учреждения в 1952 г. была создана Чехословацкая Ака-

дами и туманностями все еще могла рассматриваться с двух противоположных точек зрения.

Первой из них обращалось главное внимание на то, что молодые звезды во многих случаях (например, звезды типа Р Лебеда и Вольфа — Райе) обладают свойством непрерывно выбрасывать вещество. Если так, то на самых ранних этапах развития звезд это выбрасывание могло быть более интенсивным. Нельзя исключить, что тела, из которых формируются звездные группировки, выбрасывали в окружающее пространство диффузное вещество с еще большей интенсивностью. Естественно предполагать, что значительная часть вещества туманностей образовалась как побочный продукт в процессе возникновения группы звезд, входящих в ассоциацию, из первоначального единого прототела — «протозвезды».

С другой точки зрения, звездные группировки — это результат конденсации материи некоей первоначальной массивной туманности. Те диффузные туманности, которые наблюдаются в ассоциациях, являются остатками процесса конденсации. Более того, из этих остатков, вероятно, формируются новые звезды. «За» и «против» обеих гипотез приведено большое количество наблюдательных и теоретических аргументов. Свидетельством сложности спора служит то, что часто один и тот же факт истолковывается в пользу и той и другой гипотезы.

Автору очень трудно представить здесь беспристрастную оценку степени правдоподобности этих диаметрально противоположных концепций, так как он убежденный сторонник первой. Оставаясь по возможности объективным, я хотел бы сказать несколько слов об основных недостатках каждой из них.

Сторонники гипотезы фрагментации первоначального плотного (или сверхплотного) прототела не предлагают никакого конкретного механизма фрагментации и выброса диффузного вещества, считая, что для теоретической разработки такого механизма пока нет достаточных исходных наблюдательных данных.

демия наук в Праге, и З. Неядлы стал ее первым президентом. С этого времени началось постоянное плодотворное сотрудничество между советскими и чехословацкими учеными, основанное на интернациональных ленинских принципах, на товариществе и братстве.

Неоднократно приезжая в СССР, я всегда с большим интересом наблюдал бурное развитие советской науки. Поэтому я с большой радостью принял приглашение прибыть на празднование 250-летнего юбилея Академии наук СССР. И теперь, когда завершено это большое торжество, которое мы отмечали совместно с советскими друзьями, постоянно вспоминается речь Л. И. Брежнева, подчеркнувшего, что наука в СССР тесно связана с народом, его жизнью, с экономическим и культурным строительством в первом в мире социалистическом государстве.

В торжествах по случаю 250-летия Академии наук СССР участвовали не только ученые социалистических, но и других стран. Они имели возможность собственными глазами увидеть хотя бы часть Советского Союза. Надо думать, что большинство из них убедилось, каких гигантских успехов достиг советский народ вместе с советской наукой за последние 30 лет. В этом я вижу исключительное значение торжеств Академии СССР, которые способствовали углублению отношений между народами, усилению стремлений к миру, отвечающих духу недавнего совещания в Хельсинки, инициатором которого был Советский Союз во главе с Л. И. Брежневым.

Сторонники же гипотезы конденсации звезд из первоначальной диффузной массы не могут указать на случаи, когда прямо наблюдался бы процесс такой конденсации. Повсюду непосредственно наблюдаются только процессы выбросов диффузного вещества, расширения, истечения и взрывов. Поэтому сторонникам гипотезы конденсации приходится считать, что за наблюдаемым истечением и расширением скрываются (как их причина) предшествовавшие им, но ускользающие от наблюдений сжатие и втекание. Следует признать, что эти процессы, если бы они существовали, было бы трудно наблюдать непосредственно из-за их чрезвычайной медленности.

Астрономы мало занимаются абстрактными спорами о преимуществах каждой из гипотез. Они внимательно сравнивают теоретические положения с наблюдениями. Такое сравнение показывает, что проблема происхождения звезд (так же, как и планет) очень сложна и мы еще не сумели подобрать к ней соответствующие ключи. Важно, однако, что все астрономы одинаково убеждены в крайней своеобразии процессов, ведущих к звездообразованию, в возможности выявления природы этих процессов только на основе дальнейших наблюдений и открытий. И действительно, следует отметить большое число открытий прямо-таки удивительных объектов неба, находящихся, несомненно, на каких-то фазах звездообразования и привлекающих пристальное внимание исследователей.

Перечислим несколько типов таких объектов:

Объекты Хербига—Арс — небольшие и странные на вид туманности, в которых прямо на наших глазах наблюдалось возникновение более ярких сгустков. Внезапность появления сгустков говорит о том, что они не могли возникнуть вследствие сгущения более разреженного вещества, так как подобный механизм потребовал бы много времени.

Фуоры — звезды, находящиеся в фазе активных изменений, обычных для звезд Т-ассоциаций. В течение нескольких месяцев они вдруг увеличивают свою светимость приблизительно в сто раз и затем остаются на

А. С. ЛУНДБЕРГ,
президент
Шведской Королевской Академии
инженерных наук

В XVIII и начале XIX века около десяти шведских ученых стали членами Российской Академии наук, а некоторые русские ученые, в том числе и Ломоносов, стали членами Шведской Академии. И сейчас многие специалисты Советского Союза и Швеции хорошо знают друг друга, интересуются тем, что делают их соседи.

Еще со времени эпохи просвещения вошло в традицию повсеместно сообщать о достижениях науки. Сейчас легче следить за тем, что происходит в других странах — мы много путешествуем, читаем научные доклады и т. п. В точных науках и в технике ученые, независимо от того, где они живут, говорят на одном и том же языке, через границы. Гораздо слож-

нее найти такой общий язык представителям гуманитарных наук и политикам, хотя то, что они делают, возможно, важнее, чем то, что мы делаем в точных науках и в технике. Однако именно техника проложила путь к международному сотрудничеству путем развития транспорта и связи, обеспечив более широкое и глубокое сотрудничество также между нашими академиями.

Усиление международных контактов как одну из характернейших черт современной науки продемонстрировало и празднование 250-летнего юбилея Академии наук СССР, на который прибыли ученые со всего мира.

[продолжение на стр. 36]

А. С. Лундберг (справа) и академик Н. Г. Басов у Большого глобуса в Музее М. В. Ломоносова в Ленинграде

этом примерно уровне светимости. Это как бы примеры быстрого расширения объема звезды в сотни раз, сопровождаемого внешним успокоением их активной деятельности.

Кометарные туманности, в которых прямо видна связь молодой звезды с туманностью.

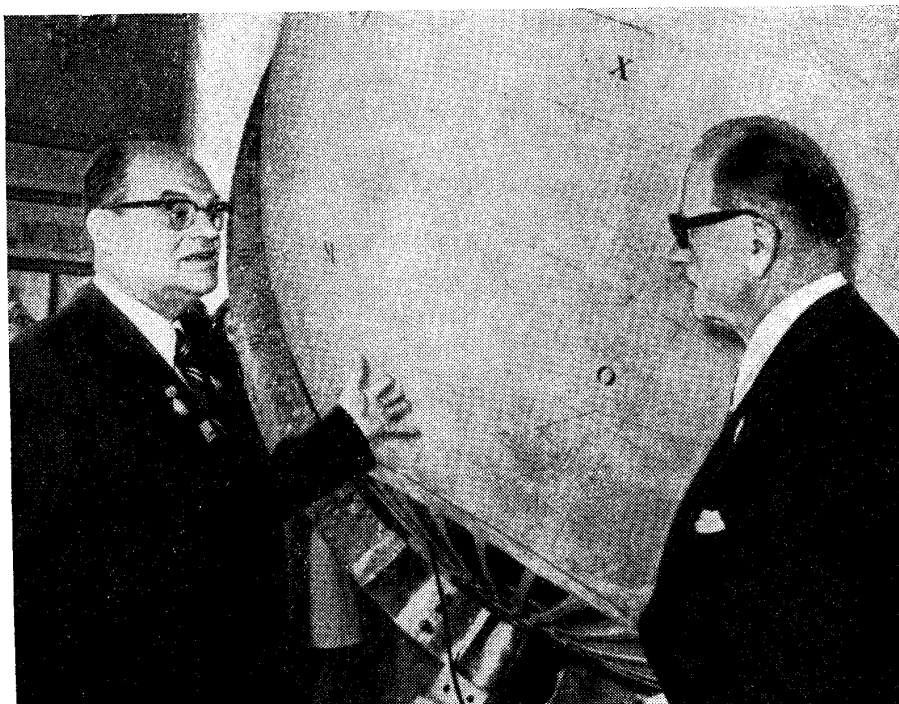
Облака, состоящие из сложных молекул и формирующиеся в различных областях Галактики, в том числе и в таких, где заведомо идет процесс звездообразования. Часто эти облака, состоящие из формальдегида, водяного пара, молекулярного водорода, имеют небольшие объемы, но скорости движения облаков наводят на мысль об их выбросе из каких-то источников.

Кратные системы типа Трапеции Ориона.

Все эти разные, и на первый взгляд странные, объекты кажутся какими-то исключениями, будто бы противоречащими идее общих закономерностей возникновения и развития звезд. На самом же деле мы теперь все более убеждаемся, что это кратковременные и крайне нестационарные стадии развития, через которые при определенных начальных условиях должны проходить все звезды с соответствующей массой.

Гораздо яснее обстоит дело с эволюцией уже сформировавшихся звезд.

В этом отношении астрономы добились наибольших успехов посредством тщательного изучения разнообразных звездных агрегатов, которые как составные части входят и в нашу и в другие галактики. К звездным агрегатам обычно относят шарообразные и открытые скопления, известные еще с прошлых веков; ОВ-ассоциации и Т-ассоциации, являющиеся конгломератами звезд и диффузного вещества (некоторые из ОВ-ассоциаций настолько велики, что имеют диаметры до 200 *пс*, т. е. 600 световых лет); сверхассоциации — грандиозные конгломераты массивных звезд, газовых облаков и других образований, имеющие диаметры до 1000 *пс* (3000 световых лет) и светимость почти в сотню раз более высокую, чем у обычных ОВ-ассоциаций (мы не знаем ни одной сверхассоциации в на-



шей собственной Галактике, но, как уже упоминалось, хорошо известна одна в Большом Магеллановом Облаке); сверхскопления звезд — системы, имеющие светимости того же порядка, что и сверхассоциации, но с диаметром всего лишь до 40 пс, иногда даже около 15 пс (такие объекты найдены вокруг ядра галактики М82, предполагается, что к их числу принадлежит известный источник радиоизлучения Стрелец-В2, находящийся вблизи центра Галактики).

Изучение всех этих объектов привело к следующим важным выводам.

Процесс звездообразования в Галактике в нашу эпоху продолжается.

Звезды возникают группами в ассоциациях, скоплениях, сверхассоциациях и сверхскоплениях (в двух последних категориях идет особенно интенсивное звездообразование).

Большинство возникающих звезд имеет низкую светимость (карлики). В течение первого миллиона лет, или несколько дольше, в каждой новорожденной звезде происходят бурные, неправильные, непериодические изменения блеска. Из таких звезд часто происходит истечение вещества. Изменение блеска, очевидно, связано с выделением энергии из источников, находящихся во внешних слоях молодой звезды и по природе отличных от внутренних источников, определяющих нормальное температурное излучение. У звезд высокой светимости, вероятно, происходят такие же процессы, однако получаемое от них дополнительное лучеиспускание незаметно на фоне высокого температурного излучения этих горячих объектов.

По окончании фазы неправильных и непрерывных изменений блеска наступает вторая фаза — «вспышечная». Продолжительность ее порядка 10 млн лет у звезд с массой, близкой к массе Солнца, и намного больше (до 500 млн лет) у менее массивных карликов. На этой фазе в звезде время от времени происходят мощные, но кратковременные дискретные вспышки. Постепенно средняя энергия вспышек уменьшается, вследствие чего они перестают играть существенную роль в энергетике звезды. Следует считать вероятным, что так называемые γ -всплески, наблюдаемые со спутников, — это проявления тех же звездных вспышек. Кратковременность γ -всплесков служит прямым указанием на ядерную природу первичных источников энергии вспышек.

Звезды высоких светимостей также довольно быстро эволюционируют, превращаясь из голубых гигантов в красные и желтые. Эти изменения позволяют объяснить диаграммы цвет — светимость для открытых и шарообразных скоплений. Гипотеза о термоядерных реакциях, хотя и с некоторыми натяжками и неувязками (примером неувязки может служить отсутствие предсказанных этой гипотезой нейтрино от Солнца), позволяет объяснить эволюционные изменения и перемещения звезды по диаграмме цвет — светимость.

После стадии красного гиганта, когда, по-видимому, исчерпываются источники термоядерной энергии, звезда переходит в одно из состояний, называемых вырожденными конфигурациями. До сих пор мы знаем в природе два рода подобных объектов — белые карлики и нейтронные звезды. Предполагается еще существование более массивных «черных дыр», которые пока обнаружить не удалось.

Образование нейтронных звезд, в том числе пульсаров, часто связывается с процессом вспышки Сверхновых. С этой позиции особенно ценны ведущиеся многочисленные исследования вспышек Сверхновых, остатков Сверхновых (радиотуманности, в том числе Крабовидная и Кассиопея А) и пульсаров. Однако и здесь эволюционные соотношения и связи не столь ясны, как кажется некоторым астрономам и физикам, хотя совершенно очевидно, что мы имеем дело с весьма драматическими эпизодами в жизни звезд.

Методы статистической механики звездных систем позволили установить некоторые факты, касающиеся эволюции звездных коллективов (агрегатов), входящих в Галактику, а также самой Галактики. Выяснилось, что все эти агрегаты эволюционируют в сторону распада. Содержащиеся в них звезды, старея, постепенно уходят из них, включаясь в состав общего звездного поля Галактики. Но темпы распада различны. Наиболее быстро распадаются ассоциации и сверхассоциации (продолжительность жизни соответственно порядка 10 и 100 млн лет). Потому-то наблюдаемые ассоциации состоят исключительно из молодых звезд. Многие из открытых скоплений имеют время жизни ~ 1 млрд лет. Распад шарообразных скоплений иногда может протекать десятки миллиардов лет.

Соображения, основанные на статистике широких звездных пар из той части Галактики, где находится Солнце, в свою очередь говорят, что возраст Галактики не может по порядку величины превосходить 10 млрд лет. С другой стороны, для расходования основной части ресурсов термоядерной энергии большинство звезд (звезды малой массы) и их значительной эволюции требуется время, превосходящее 10^{10} лет. Сопоставление этих фактов позволяет считать, что во всяком случае большая часть вещества Галактики входила в состав лишь одного, живущего сейчас поколения звезд. Иными словами, как наша Галактика, так и другие наблюдаемые галактики не пережили еще даже одного полного круговорота вещества. Наивные представления некоторых философов прошлого о постоянном механическом круговороте вещества и возобновлении состояний космических систем абсолютно несовместимы с тем, что мы знаем об эволюции Вселенной сегодня.

Тем не менее гипотеза о конденсации звезд из диффузного вещества все же признает частичный круговорот. Часть вещества массивных звезд в течение жизни звезды выбрасывается в окружающее пространство, входит в состав туманностей, из которых снова возникают звезды. Частично новое поколение звезд оказывается состоящим из массивных объектов, и процесс повторяется. Однако число уже совершившихся кругооборотов, усредненное по всей массе Галактики, и в этой гипотезе должно быть меньше единицы.

Концепция о возникновении звезд путем фрагментации плотных или сверхплотных тел отказывается от столь простой картины круговорота вещества. Она предполагает, что количество диффузного вещества в каждой галактике на данном этапе возрастает.

Переходя к проблеме возникновения и развития галактик, мы должны обратить внимание на то, что любая галактика представляет собой несколько взаимнопроникающих материальных составляющих. Таковы, в частности, ядро, спиральные ветви, диск, сферическая составляющая. Существуют и составляющие другого рода, которые простираются далеко за оптическую границу рассматриваемой галактики. К ним относятся, например, радиоизлучающие облака релятивистских частиц в радиогалактиках.

Есть все основания считать, что после своего возникновения многие из составляющих мало взаимодействуют друг с другом и почти не обмениваются веществом. Это относится к спиральным ветвям и сферической составляющей в спиральных галактиках или к сферической составляющей и к облакам радиоизлучающих частиц в радиогалактиках.

Вместе с тем исследования последних лет привели к выводу, что по крайней мере некоторые составляющие галактик возникают из материи, выброшенной из ядра. Это, в частности, облака частиц высоких энергий в радиогалактиках. Известны также многочисленные случаи выбрасывания из ядер галактик дискретных облаков различного масштаба, состоящих из классического газа. Особенно часто подобные явления происходят и непосредственно наблюдаются в галактиках типа Сейферта. Кстати, большин-

ство известных нам галактик этого крайне интересного типа было открыто в нашей стране. Иностраный член Академии наук СССР профессор Ян Оорт (Нидерланды) обнаружил факты, которые прямо свидетельствуют об истечении спиральных рукавов галактик из их ядер. Еще более мощные процессы выбрасывания вещества происходят из ядер иррегулярных галактик типа M82. Наблюдаются также случаи, когда из ядер некоторых галактик выбрасываются образования относительно высокой светимости, порядка светимости небольших галактик. Таковы галактики NGC 3561, IC 1182, NGC 4486. Подобных фактов, свидетельствующих о том, что карликовые галактики ведут свое происхождение от ядер сверхгигантских галактик, становится все больше.

Если отдельные детали и даже целые подсистемы галактик создались вследствие активности их ядер, возникает естественное желание обобщить эту картину на все составляющие больших галактик, т. е. допустить, что вся галактика возникает из вещества, выброшенного ядром. Такой «экспансионистской» точке зрения иногда противопоставляется опять-таки конденсационная гипотеза образования галактик из больших протяженных масс диффузного вещества — протогалактик. Поскольку нигде больших туманных масс мы не наблюдаем, сторонники этих взглядов вынуждены допустить, что все галактики сформировались в отдаленном прошлом. Следует, однако, признать, что большинство астрофизиков, изучающих конкретные галактики и знающих предмет, редко придерживается такого представления. Последнее вызвано тем, что гипотеза о **решающей роли активности ядер** в развитии галактик вообще оказалась гораздо плодотворнее.

Одно из проявлений активности ядер — приобретаемая ими на некоторое время повышенная светимость. Это стало очевидным после открытия галактик Сейферта, у которых светимость ядер иногда достигает нескольких десятков процентов светимости всей галактики, в то время как объемы ядер ничтожны (меньше одной миллионной) по сравнению с объемом всей галактики.

Еще более поразительны факты, касающиеся квазаров. С современной точки зрения квазары — частный случай ядер галактик, когда светимость ядра во много раз превосходит светимость галактики. Наблюдения показывают, что в квазарах происходят бурные процессы выбрасывания вещества из центрального тела. Однако до сих пор мы еще не знаем, к каким изменениям в окружающей галактике приводит период активности ядер, их столь высокой светимости. Можно лишь предполагать, что состояние квазара — это одна из ранних стадий развития ядра.

Подобно тому, как существует главная последовательность в диаграмме состояний звезд, имеет место главная последовательность форм галактик. Эта последовательность, будучи вначале линейной, затем разветвляется на две. Вся эта картина называется «вилкой Хаббла». И подобно тому, как в соответствии с первыми наивными гипотезами об эволюции звезд предполагалось продвижение вдоль главной последовательности, так и в соответствии с первыми гипотезами об эволюции галактик предполагалось продвижение вдоль этой вилки. Сначала считали, что развитие происходит от эллиптических форм к неправильным. Затем возникли противоположные идеи о продвижении галактик от неправильных структур к эллиптическим.

Теперь мы склонны думать, что вилка Хаббла — это геометрическое место тех состояний, находясь в которых, галактики на более или менее длительное время принимают правильную форму, а сама эволюция не совершается вдоль вилки. Заметим также, что вследствие избирательности наблюдений вилка характеризует главным образом положение дел в мире гигантских галактик. Карликовые же галактики еще ждут своей систематической классификации.

Надеяться же на более быстрое установление закономерностей эволюционных изменений можно именно в случае карликовых галактик. В тех из них, которые входят в списки Маркаряна и Аро, т. е. обладают избытком ультрафиолетового излучения, протекает аномально интенсивный процесс звездообразования. Среди них много голубых гигантов. Наряду с этим существуют карликовые галактики, в которых процесс звездообразования вообще отсутствует или он очень слаб. Естественное объяснение этих различий можно дать, допустив, что иницилирующим фактором служит активность ядра, в результате чего формируются тела, из которых возникают звезды. В частности, может оказаться, что карликовые галактики списка Маркаряна — молодые системы. Многие из них очень сходны со сверхассоциациями. Это как бы изолированные сверхассоциации. Вероятнее всего, они недавно отделились от своих материнских галактик. В последнее время такое толкование находит все новые подтверждения. Следовательно, речь идет о продолжающемся процессе образования новых галактик в результате фрагментации ядер старых.

Для гипотезы конденсации, как признается всеми, существование карликовых галактик с интенсивным процессом звездообразования представляет очень большие трудности.

□

Важнейшая особенность наблюдаемой нами части Вселенной — крайняя неоднородность ее строения и сосредоточение материи в дискретных скоплениях галактик. Если большинство изучавшихся до сих пор скоплений представляло собой галактики такого же рода, как наша и ее ближайшие соседи, то в последнее время открыты относительно редкие скопления или группы, состоящие главным образом из так называемых компактных галактик. Особенно интересны компактные группы компактных галактик. В отличие от других скоплений, где часто резко выделяются своей светимостью одна или две сверхгигантские галактики, в компактных группах компактных галактик население (галактики) удивительно однородно, т. е. по светимости эти системы близки друг другу. Есть достаточные основания предполагать, что и по звездному населению компактные галактики, входящие в указанные компактные группы, отличаются от обычных протяженных.

Изучение различий в строении и составе скоплений и групп галактик теперь вступило в новую интенсивную фазу, и это, несомненно, приведет к очень важным выводам, по крайней мере о некоторых сторонах механизма образования галактик. Нужно ждать результатов ведущихся в настоящее время работ, но уже сейчас можно сказать, что огромное разнообразие форм галактик и процессов в них указывает на сложность и необычность этого механизма.

Итак, на всех ступенях космической лестницы, о чем свидетельствует планетная, звездная и внегалактическая астрономия, очевидны интенсивные эволюционные процессы, из которых, однако, только часть может быть на данном этапе сколько-нибудь ясно и последовательно описана. Другие же, прежде всего процессы образования звезд и планет, связаны со столь сложными явлениями, что их еще долго придется изучать, прежде чем будет понято существо их механизма. Кстати, мы не останавливались на проблеме эволюции и происхождения больших планет. Примечательно, что и здесь современные открытия говорят о последствиях грандиозной эндогенной активности (Марс, Меркурий), о чем раньше исследователи и не подозревали.

УДК 523