

АКАДЕМИЯ НАУК СССР

**ВЕСТНИК
АКАДЕМИИ НАУК
СССР**

(ОТДЕЛЬНЫЙ ОТТИСК)

5

МОСКВА · 1973

КОПЕРНИК И СОВРЕМЕННАЯ АСТРОНОМИЯ

ДОКЛАД

академика В. А. АМБАРЦУМЯНА

Мне выпала большая честь выступать перед этим высоким собранием по вопросу о значении Коперника для современной астрономии. Прежде чем начать доклад, я хочу предупредить, что мне очень редко приходилось заниматься вопросами истории науки. Лично я думаю, что история науки — очень важный, очень трудный и весьма поучительный предмет. Иной раз даже обидно, что об этом предмете пишется так много сочинений, излагающих внешнюю сторону событий, и так мало глубоких исследований. Причина этого нам всем ясна. Кто способен творчески работать в науке, часто предпочитает создавать в ней что-то свое, а кто не может творить сам, тому нелегко понять творческий процесс у других, тем более ученых прошлых эпох, особенно если это были по-настоящему великие люди, великие мыслители. Однако надо надеяться, что в связи с быстрым ростом значения науки как важной отрасли человеческой деятельности закономерности ее развития, а следовательно, и ее история будут привлекать все более серьезное внимание.

Таким положением в разработке проблем истории науки объясняется, по-видимому, и то, что, хотя Копернику, его жизни и творчеству посвящено много трудов, некоторые вопросы, относящиеся к полученным им основным научным результатам, освещаются не совсем точно. Поэтому, отвлекаясь от основной темы, я позволю себе сделать некоторые замечания о сущности достижений самого Коперника и их оценке.

Здесь следует иметь в виду две стороны проблемы.

Создание Коперником гелиоцентрической системы мира явилось началом глубочайшей революции в точном естествознании. Возникнув в астрономии, эта революция распространилась на механику и всю физику. Достижения этой научной революции по существу служат фундаментом для всего здания современного естествознания. Чем лучше и крепче сделан фундамент здания, тем меньше он причиняет волнений и тем меньше занимает людей, живущих в этом здании. Фундамент, заложенный Коперником, Галилеем, Кеплером и Ньютоном, был заложен отлично. Он действительно не вызывает беспокойства. За это современное естествознание бесконечно обязано Копернику, положившему его первый камень.

Вторая, и для нас более интересная, сторона проблемы заключается в том, что будучи **величайшим новатором и революционером** в науке, Коперник показал образцы глубокого анализа данных астрономической науки и их истолкования для создания новой системы, проявил гениальную интуицию и подлинное бесстрашие, отказавшись от господствовавших в его время взглядов. При этом, разумеется, речь идет о новаторстве, ос-

нованном на самом глубоком изучении предмета. Этому новаторскому подходу к науке астрономия и все естествознание учились и еще долго будут учиться у Коперника. Иными словами, он был, остается и всегда будет для нас великим и живым учителем, к которому обращаются за советом и за примером.

Если первая сторона проблемы совершенно очевидна и не требует дальнейших комментариев, то вторая, связанная с влиянием Коперника на современную науку, его значением для ее дальнейшего развития, еще требует изучения и на данном этапе может рассматриваться различными учеными неодинаково. Именно на этом мы и остановимся вкратце, считая особенно важным то новое, что внес Коперник в подход к решению научных задач.

Конкретным результатом деятельности Коперника явилось создание гелиоцентрической системы мира, правильное познание природы нашей планетной системы. Познание природы любой космической системы может вестись в разных аспектах. Среди наиболее важных из них следует назвать проблему пространственного устройства системы, проблему кинематики и динамики системы и проблему ее происхождения и развития.

Природа некоторых космических систем такова, что каждый из упомянутых аспектов может изучаться в известной степени независимо от других. В других случаях это практически невозможно, т. е. два или три аспекта должны рассматриваться почти всегда вместе.

Так, в случае планетной системы проблема пространственного устройства почти неотделима от кинематической. Эти две проблемы неразрывно связаны между собой, но третья — проблема происхождения планет — может рассматриваться на следующем этапе. В случае звездной системы (любой галактики, нашей Галактики, любого звездного скопления) проблема ее пространственного строения может сначала рассматриваться отдельно. После ее грубого решения могут быть рассмотрены кинематика и динамика, а затем, на более позднем этапе может решаться проблема происхождения и эволюции звездной системы (или систем).

В противоположность этому на более высоком уровне астрономических исследований, например при изучении Метагалактики, все три аспекта оказываются связанными друг с другом самым тесным образом. Именно благодаря этому проблемы изучения Метагалактики, т. е. проблемы современной космологии оказываются крайне трудными и привлекают широкое внимание.

Коперник всю свою жизнь посвятил совместному изучению пространственного и кинематического аспектов проблемы планетной системы. Несомненно, одним из важнейших моментов в жизни и деятельности Коперника является этап, когда его недовольство геоцентрической системой переросло в убеждение, что эта система бесперспективна, когда он понял правильность гелиоцентрической системы и решил посвятить свои усилия ее разработке. Дело историков науки найти, когда это случилось, был ли этот выбор между двумя системами произведен мгновенно, в результате прибавления какого-либо важного аргумента к уже имевшимся в сознании молодого ученого, или он был обусловлен длительным процессом взвешивания всех доказательств «за» и «против». Оговоримся, что если новая система верна, то все «против» при ближайшем изучении оказываются аргументами «за нее».

Кстати, такие случаи, когда аргумент, сперва как будто противоречивший новой теории, превращается в яркое свидетельство в ее пользу, часто служат поводом для окончательного убеждения в ее справедливости. Вспомним, например, критическую ситуацию, сложившуюся на наших глазах в конце 50-х годов вокруг теории, согласно которой радиогалакти-

ки являются результатом столкновения двух галактик. Тогда в качестве наиболее сильного аргумента в пользу этой теории приводили особенно-сти движений в галактике NGC 1275 в созвездии Персея. Но более подробный анализ положения именно в этой галактике дал яркие свидетельства в пользу противоположной концепции, считающей радиогалактики результатом активности ядер, и вопрос был окончательно решен в пользу нового представления.

Здесь нас интересует не хронология поворотного момента в творчестве Коперника, а каков был характер решающих аргументов в той драматической борьбе идей, которая несомненно имела место в его сознании. Мы этого в точности не знаем, но, очевидно, что одним из таких аргументов могло быть совпадение в системе Птолемея периода движения Сатурна, Юпитера и Марса по соответствующим эпициклам (а также движения Меркурия и Венеры по деферентам) с периодом движения Солнца по деференту¹, т. е. точное равенство этих периодов одному году. Это точное совпадение было совершенно естественным с точки зрения гелиоцентрической системы и совершенно необъяснимым для системы Птолемея.

Однако дело в том, что все численные отношения периодов в системе Птолемея являлись чем-то предопределенным как бы свыше и не требующим объяснения. Только глубокая интуиция, а также созревший в сознании Коперника новый подход к явлениям природы, похожий на современный подход, могли подсказать ученому, что такое точное совпадение четырех периодов должно иметь весьма простую причину, в данном случае то, что все они отражают одно и то же движение — годичное обращение Земли вокруг Солнца. Став на такую позицию, было естественно рассматривать этот эффект как самое прямое, непосредственное и убедительное доказательство годичного движения Земли. Более того, это движение Земли было единственно возможным объяснением такого совпадения. Тогда, как и сейчас, нельзя было придумать другого объяснения.

Между тем в литературе часто встречается утверждение, будто Коперник не имел прямых доказательств движения Земли вокруг Солнца, что просто его теория упрощала систему мира, поэтому она в конечном счете и была принята, и что прямые доказательства этого движения были получены лишь много времени спустя после его смерти вследствие открытия абберрации звезд и измерения годичных звездных параллаксов. По этому поводу можно лишь заметить, что трудно провести сколько-нибудь точное разграничение между прямыми и косвенными доказательствами какого-либо утверждения, относящегося к природным явлениям. То, что для человека ограниченного служит лишь косвенным свидетельством, порой для проникательного исследователя может быть самым прямым и самым убедительным доказательством. Как указывалось выше, совпадение периодов, безусловно является именно таким доказательством. Собственно говоря, видимые движения внешних планет по эпициклам имеют в точности ту же самую природу, что и видимые движения неподвижных звезд по годичному параллактическому эллипсу. Поэтому как можно явление годичного параллакса считать прямым доказательством, а гораздо более крупное явление, параллактическое движение внешних планет, описывавшееся во времена Коперника как видимое движение планеты по эпициклу, не считать прямым доказательством?

Для большей ясности произведем следующий мысленный эксперимент. Представим себе, что Солнце, кроме планет, имеет также отдаленный самосветящийся спутник, т. е. является широкой двойной звездой, и ука-

¹ В системе Птолемея предполагалось, что движение планет вокруг Земли совершается по некоторому малому кругу (эпициклу), центр которого движется вокруг Земли по другому, большому кругу, называемому деферентом.

занный спутник вращается вокруг Солнца на расстоянии 10 000 астрономических единиц. Тогда период обращения этого спутника вокруг Солнца будет близок к миллиону лет. В своем орбитальном движении он будет перемещаться примерно на 1,2 секунды дуги в год. Для астронома, не знающего, что это спутник Солнца, объект будет представляться звездой, собственное движение которой равно $1,2''$, а годичный параллакс $20''$. Астроном же, знающий, что этот объект описывает орбиту вокруг Солнца, будет рассматривать столь большой годичный параллакс как эпикл.

Этот пример рельефно показывает, что между двумя доказательствами движения Земли вокруг Солнца (тем, которое было у Коперника, и тем, которое было получено в XIX в.) нет принципиальной разницы. Только, выражаясь фигурально, у Коперника было доказательство, большее по своим угловым размерам.

Итак, неправильно считать, что в эпоху Коперника не было прямых доказательств движения Земли. Именно потому, что Коперник обладал гениальной интуицией, сила и значение указанного выше доказательства в его глазах во много раз перевешивали различные неувязки в его теории и возможные возражения противников новой системы. С этой точки зрения как открытие абerrации света звезд в XVIII в., так и измерение первых годичных параллаксов в XIX в. послужили подтверждениями, хотя и крайне важными, но лишь подтверждениями системы Коперника.

Другое обстоятельство, которое несомненно делало гелиоцентрическую систему убедительной в глазах Коперника, было то, что в системе Птолемея относительные размеры орбит различных планет вокруг Земли оставались неопределенными. В гелиоцентрической же системе эти отношения определялись из наблюдений сразу. Они были найдены Коперником, и полученные им численные значения отношений диаметров орбит мало отличаются от принимаемых нами сегодня отношений больших полуосей. А это значит, что Копернику удалось получить хотя и приближенную, но правильную картину устройства солнечной системы.

Таким образом, гелиоцентрическая система мира сразу же предстала перед ее автором и перед подлинными учеными как теория, дающая однозначный ответ на вопросы, которые теория Птолемея оставляла без ответа вообще. Можно себе представить, какую уверенность вселяла такая строгая однозначность ответа в автора теории.

Итак, новая система мира становилась космологией, в которой геометрические соотношения определялись количественно и притом однозначно из наблюдений. Это относилось в некоторой степени и к неподвижным звездам, расстояния до которых столь велики, что их было невозможно определить при измерительных средствах того времени. Поэтому тогда можно было дать лишь нижнюю границу этих расстояний.

Сказанное выше дает основание внести некоторое уточнение в оценку исторической роли Коперника и утверждать, что Коперник по своему подходу к задачам бесконечно удалился от Птолемея. Между тем в литературе часто подчеркивается, что при описании движений планет Коперник постоянно пользуется понятиями и приемами Птолемея, вследствие чего якобы новая система не была еще удовлетворительной. Конечно, при описании кинематической стороны дела Коперник вводил осложнения такого же типа, которые были у Птолемея. Но не надо забывать, что проблема устройства планетной системы имела два аспекта: пространственный и кинематический. Мы указывали, что характер системы требовал совместного рассмотрения этих двух аспектов, но это не значит, что полученное решение должно было оказаться одинаково совершенным в обоих аспектах. Из приведенных фактов ясно, что Коперником было найдено решение зада-

чи о пространственном устройстве планетной системы, не вызывающее никаких принципиальных возражений. Что касается кинематического аспекта, то здесь было дано лишь приближенное описание. Окончательное решение проблемы кинематики было дано Кеплером.

На приведенных примерах мы видели также, как в трудах Коперника в науку решительно вторгались новые требования. В одном случае — объяснения численных совпадений и соотношений, а в другом — однозначного определения на основе наблюдений размеров входящих в систему величин. Эта тенденция, когда по мере углубления наших знаний в какой-либо области возникают требования определения и теоретического объяснения явлений и величин, которые при более ранних и поэтому более поверхностных описаниях оставались **неопределенными или необъяснимыми**, является основной тенденцией во всем развитии современного естествознания.

Приведем элементарный пример. Если установленный в прошлом веке закон Кирхгофа определял только отношение между спектральной, излучательной и поглощательной способностью нагретого газа, то сегодня сами коэффициенты поглощения и излучения газа становятся величинами, которые определяются из атомной физики.

Или если уже на первом этапе теории свечения газовых туманностей было возможно, исходя из температуры освещающей звезды, температуры электронного газа туманности и ее химического состава, теоретически определить относительные интенсивности спектральных линий, наблюдаемых в эмиссии, то в дальнейшем возник вопрос об определении из соображений энергетического баланса электронной температуры, на первом этапе принимавшейся заранее заданной. Следующий этап — объяснение химического состава на основе теории возникновения туманностей и теории эволюции химического состава порождающих их звезд и т. д. Так, параметры, которые раньше не поддавались даже наблюдательному определению, в дальнейшем становится возможным определить на основе правильной интерпретации измерений некоторых наблюдаемых величин, а на более поздней стадии их удастся получить из теоретических расчетов. Более того, их значения удастся предсказать для тех случаев, когда соответствующие наблюдения еще предстоит сделать.



В результате исследований Галилея, Кеплера и Ньютона гелиоцентрическая система мира Коперника превратилась в логически законченную теорию, внесшую полную ясность в проблему устройства планетной системы. Более поздние исследования, приведшие к открытию Урана, Нептуна и Плутона, так же, как обнаружение множества спутников больших планет и астероидов, только дополнили картину в полном соответствии с основами уже построенной теории. Таким образом, была разрешена первая задача космологии — **выяснение устройства непосредственно окружающего нас мира — солнечной системы.**

После выяснения строения солнечной системы следующей важнейшей космологической задачей должна была стать проблема **устройства звездной системы**, куда Солнце входит в качестве одного из членов. В течение XVIII, XIX и первой четверти XX в. астрономами были приложены огромные усилия для накопления соответствующих данных о звездах. Звездные подсчеты, прообразом которых были знаменитые «черпки» Герпеля, составление обширнейших звездных каталогов типа до сих пор широко используемого каталога Аргеландера, определение звездных движений путем точнейших измерений их положений, наиболее блестящим примером

чего могут служить известные пулковские каталоги звездных положений, работы по фотометрии и спектральной классификации звезд, наблюдения их лучевых скоростей, прямые и косвенные определения их параллакс — все это было направлено на получение возможно более обширной информации о большом количестве звезд. На этой основе возникли такие дисциплины, как звездная астрономия и звездная статистика, стремившиеся посредством изучения **видимого распределения** по небу миллионов звезд и данных о расстояниях некоторой части из них составить карту пространственного строения звездной Вселенной, т. е. системы Млечного Пути, или, как теперь говорят, нашей Галактики.

Однако в первых схемах строения звездной системы благодаря приблизительно равномерному **видимому распределению звезд** вдоль пояса Млечного Пути получалось, что Солнце находится где-то вблизи центра системы. Такое **неправильное заключение** было вызвано тем, что не учитывалось поглощение света в межзвездном пространстве. Только в 20-х годах нашего века американский астроном Шепли показал, что данные, относящиеся к наиболее удаленным от нас объектам звездной системы, неукоснительно свидетельствуют о нахождении этого центра на огромном расстоянии от Солнца (по современным данным около 30 000 световых лет) в направлении созвездия Стрельца. Определение истинного местонахождения центра Галактики было **крупнейшим достижением астрономии**. Но на этот раз такая смена представлений не вызвала научной революции. Решение вопроса было достигнуто методами, уже тогда ставшими обычными в астрономии.

В тот период говорилось, что все, находящееся в районе центра Галактики, **закрыто от нас темными облаками космической пыли** и нам трудно разобраться в устройстве этой центральной части нашей Галактики. Теперь благодаря методам инфракрасной астрономии и радиоастрономии, для которых пылевые облака уже не являются непреодолимым препятствием, мы знаем, что там находится такое же ядро, какое имеется в соседних галактиках. Исследование строения и свойств этого ядра является сейчас актуальнейшей задачей астрономии.

В 30-х годах нашего столетия были в основном решены проблемы движений звезд в Галактике. К тому времени были открыты главные закономерности вращения звезд вокруг центра Галактики. Тем самым была положена основа решению **второй большой космологической проблемы**, стоявшей перед астрономией, — об устройстве звездной системы. Устройство звездного мира и в количественном и в качественном отношении оказалось резко отличающимся от устройства планетной системы. Хотя ядро Галактики — его центральное образование, основную часть массы Галактики составляют миллиарды входящих в нее звезд. Иными словами, большая часть массы распределена во всем объеме Галактики, и движение здесь по существу происходит **вокруг общего центра тяжести**. Динамическое воздействие самого ядра на звезды относительно невелико в отличие от планетной системы, где динамическое воздействие Солнца определяет в основном движения планет.

Уже в те годы, исходя из состава звездного населения нашей Галактики, можно было заключить, что она представляет собой **спиральную систему**. Однако только в 50-х годах, после открытия **звездных ассоциаций**, удалось установить действительную топографию спиральных рукавов в нашей Галактике как **геометрических мест, где расположены О-ассоциации**. Было найдено, что наша Галактика принадлежит к числу спиральных систем со средней степенью открытости рукавов.

Таким образом было в основном выполнено решение проблем строения и кинематики нашей Галактики, т. е. завершен второй (после Коперника)

этап в решении стоящих перед астрономией космологических задач. Однако, конечно, еще продолжаются работы по уточнению всех деталей строения Галактики и остается нерешенной проблема возникновения установленной структуры.

Следующей ступенью в постановке космологических проблем явилась проблема строения гигантской системы галактик — Метагалактики, простирающейся от нас на расстояния в миллиарды световых лет во все стороны. Исследование кинематической стороны этой проблемы привело к установлению **закона красного смещения Хаббла**, иными словами, к установлению факта расширения Метагалактики. Несколько раньше этого А. А. Фридман показал, что в рамках релятивистской теории тяготения существуют решения уравнений тяготения, которые соответствуют расширению Вселенной в целом, а также решения, которые соответствуют ее сжатию. При этом эмпирический закон Хаббла соответствует одному из этих решений. Это соответствие указывает на широкую применимость современной теории тяготения к Метагалактике, хотя могут быть различные мнения по вопросу о том, насколько далеко можно экстраполировать решение Фридмана.

Однако современная теория тяготения оказалась бессильной в решении основного космологического вопроса — объяснении **островного строения Метагалактики**, т. е. того, что она состоит из совокупности пространственно изолированных друг от друга звездных систем.

Новые открытия в этом отношении следовали одно за другим уже на основе наблюдений. Перечислим их. Вопреки построенной Хабблом картине более или менее равномерного пространственного распределения галактик, в которое только вкраплены отдельные скопления галактик, швейцарский астроном Цвикки открыл, что по существу вся наблюдаемая **Метагалактика состоит из гигантского числа отдельных скоплений галактик** и что большинство галактик является членами этих скоплений. Тем самым Цвикки установил одну из самых замечательных закономерностей современной космологии.

Далее. Имеются веские основания в пользу того, что и скопления галактик не распределены в пространстве равномерно, а образуют так называемые «сверхскопления». Наконец, есть указания и на существование неоднородностей более крупного масштаба.

В результате работ по определению лучевых скоростей отдаленных галактик и по изучению скоплений галактик был сделан **существенный шаг** в решении наиболее крупной по масштабу (третьей) космологической проблемы, хотя здесь еще далеко до полного завершения дела. Кроме того, в случае Метагалактики проблемы структуры и кинематики оказываются неотделимыми от проблемы происхождения и развития. Здесь космологическая и космогоническая проблемы сливаются воедино, о чем уже говорилось выше.

С теоретической точки зрения трудность тут состоит в том, что совершенно однородным по плотностям моделям Вселенной, разрабатываемым релятивистской космологией, противостоит **реальная Вселенная** со всеми ее структурными особенностями. Думается, однако, что здесь нет полного противоречия, так как предположение об однородности моделей вносится в релятивистскую космологию для облегчения расчетов. Несомненно, что релятивистская космология может описать и неоднородную Вселенную. Однако сама **дискретность распределения вещества в Метагалактике**, наличие галактик, скоплений и сверхскоплений являются фундаментальным космологическим фактом, который, очевидно, получит свое объяснение только на основе теории происхождения и эволюции объектов и систем.

Как показал опыт, именно вопросы происхождения небесных тел — наиболее сложные в астрономии, и именно в этой области развертывается борьба различных идей и возможных подходов.

Один из существующих подходов можно назвать попыткой решения задачи главным образом на основании умозрительных соображений. Предполагается (и это действительно только предположение), что первоначально вещество было распределено более или менее однородно в виде большого газового облака, а затем, вследствие гравитационной неустойчивости, облако разорвалось на части, которые стали сгущаться в более плотные облака, а затем в еще более плотные тела или группы тел. Последовательная фрагментация облаков с дальнейшим их сгущением должна якобы дать наблюдаемую структуру.

Надо сказать, что такие представления сопровождалась многочисленными расчетами. Поэтому развитие этих представлений не должно считаться чем-то совершенно оторванным от обычного хода науки в целом. Более того, соответствующие гравитационно-газодинамические решения могут представлять ценность с различных точек зрения. Но произвольное исходное допущение, касающееся газового облака более или менее равномерной плотности само по себе не обосновано ничем, разве только авторитетом Канта, а полный отрыв такой космогонии от наблюдательных данных вызывает опасения, что таким путем мы можем не прийти к решению вопроса.

Другой подход к проблеме происхождения космических объектов указывает на необходимость обратиться к самой природе и из наблюдений вывести искомые закономерности развития. Он не отрицает умозрительных методов, но объявляет чисто умозрительный подход неплодотворным. Он основывается на анализе наблюдательных данных и их обобщении.

Однако наблюдательный подход к решению проблем происхождения и развития небесных тел встречает известные трудности в связи с тем, что промежутки времени, необходимые для существенного продвижения космических объектов по пути их развития часто измеряются многими миллионами лет, и потому непосредственное наблюдение такого продвижения бывает невозможно.

Но бывают исключения. Исключение составляют вспышки Новых звезд, Сверхновые, флуоры, а также те интересные случаи, когда физическое состояние объектов определяется более или менее монотонно меняющейся величиной, измеряемой весьма точно. Так, период колебания радиоизлучения пульсаров (пульсары — это недавно открытая разновидность сверхплотных тел) может быть определен в ряде случаев с точностью до одной десятиллионной доли его длины. Поэтому, если даже существенные изменения периода требуют миллионов лет, направление и скорость изменения этого периода могут быть определены довольно хорошо за два-три года наблюдений. Выяснилось, что вращение всех пульсаров систематически замедляется, хотя время от времени как бы толчками происходит ускорение периода, что лишь немного меняет темп замедления, если взять длительные сроки.

Наконец, имеются другие случаи, когда некоторая часть процесса эволюции сводится к простым механическим или статистико-механическим явлениям и поэтому может быть хорошо рассчитана без внесения каких-либо сомнительных гипотез. Так, вопрос об эволюции открытых звездных скоплений в значительной мере сводится к вопросу о взаимодействиях членов скопления во время их внутренних движений. Статистико-механические расчеты, а также вычисления на ЭВМ показывают, что тут эволюция всегда идет в направлении «испарения» звездного скопления, когда звезды

постепенно уходят из скопления и входят в общее звездное поле Галактики.

Но кроме этих прямых или почти прямых данных о направлении эволюционных изменений и их скорости, с помощью наблюдений получают и другие, не менее ценные сведения. Речь идет о тех случаях, когда мы застаем космические объекты на поворотных этапах развития, связанных с переходом из одного состояния в другое, резко отличное от первого. В частности, это те случаи, когда объект в наблюдаемой форме только что образовался. Так, исследование планетарных туманностей показало, что они не могут быть стационарными объектами. Наблюдения структуры спектральных линий у этих объектов подтвердили, что объекты расширяются. Благодаря этому в грубых чертах была решена проблема происхождения планетарных туманностей. Установлено, что каждая такая туманность выбрасывается из ее центральной звезды, а затем, расширяясь, рассеивается в межзвездном пространстве за промежутки времени порядка 100 тыс. лет. Таким образом, планетарные туманности явились первыми объектами звездного мира, происхождение которых установлено, хотя мы не знаем в точности, какие силы вызывают отделение массы туманности от центральной звезды.

Этот пример был интересен тем, что в отличие от схем развития, выдвигаемых на основе упомянутых выше умозрительных представлений, мы встретили здесь не процесс сгущения диффузного вещества (туманности) в звезду, а наоборот, наглядный пример рождения диффузного образования (туманности) из звезды и его рассеяния в межзвездном пространстве.

В течение последних десятилетий астрономия обогатилась новыми наблюдательными данными, свидетельствующими о процессах образования диффузных разреженных, обычно нестабильных, объектов из более плотных агрегатов. И хотя значительная часть подобных открытий относится к процессам, протекающим внутри нашей Галактики, все же наиболее поразительными оказались данные, которые относятся к подобным явлениям, происходящим в масштабе целых галактик, т. е. к грандиозным процессам их превращений, особенно связанным с деятельностью ядер галактик.

Мы уже упоминали, в частности, о радиогалактиках — системах, дающих особо интенсивное радиоизлучение. Очень часто это интенсивное радиоизлучение исходит от двух дискретных облаков релятивистской плазмы, расположенных более или менее симметрично по отношению к ядру данной галактики на некотором расстоянии от него. Факты, относящиеся к радиогалактикам, не оставляют сомнения, что эти облака возникли из вещества, выброшенного из ядра в результате гигантского взрыва. Но каждая галактика представляет собой сложную систему, состоящую из целого ряда подсистем, взаимно проникающих друг в друга и имеющих, как правило, общий центр в ядре галактики. Иначе говоря, каждая галактика является суперпозицией, наложением целого ряда подсистем, имеющих общий центр. Некоторые из этих подсистем состоят из звезд высокой светимости, другие — из звезд-карликов, одни из них имеют форму спиралей, другие — диска, третьи — эллипсоида, а иногда и шара.

Чтобы не входить в специальные подробности, укажем здесь, что, например, каждую галактику можно (в известной степени условно) представить себе как наложение трех подсистем: подсистема звезд, подсистема классического межзвездного газа, подсистема, состоящая из релятивистского газа, т. е. частиц высоких энергий. К последней подсистеме можно отнести и магнитное поле, в котором эти частицы движутся.

Сказанное нами выше, означает, что третья из этих подсистем, состоящая из релятивистской плазмы, возникает у радиогалактик в результате

выброса огромного количества вещества и энергии из ядра. Что касается второй подсистемы, то в ряде случаев мы имеем **прямые доказательства выброса** по крайней мере основной части классического межзвездного газа из ядра. Это касается галактики М-82, галактик Сейферта, галактик типа NGC 3561.

Однако не все газовые массы должны появиться в результате прямого выброса вещества из ядра. Ряд диффузных туманностей в нашей Галактике (туманность Ориона, туманность NGC 2244 — Розетка и др.) возник вместе со звездами звездных ассоциаций, расположенных в спиральных рукавах нашей Галактики, куда они входят. Поэтому вопрос о происхождении этих газовых масс неотделим от проблемы происхождения звезд и, в частности, проблемы механизма возникновения звездных ассоциаций.

Независимо от того, возникает ли звездная ассоциация из плотного прототела или из большой диффузной газовой массы (назовем ее диффузным прототелом), в обоих случаях мы должны постулировать длительное или кратковременное существование прототел, за счет масс которых возникают звездные ассоциации и другие звездные группировки.

Встает вопрос, как появились эти массы в объеме Галактики? Можно ли допустить, как некоторые думают, что хотя масса подсистемы, состоящей из релятивистского газа (особенно в тех случаях, когда эта масса велика), может выбрасываться из ядра и масса подсистемы, состоящей из классического газа, по крайней мере частью выбрасывается из ядра, все же масса, из которой возникает звездное население данной галактики, появляется из какого-то другого источника, например в результате сгущения протогалактического гипотетического облака?

Идея о таком двойственном происхождении массы, сосредоточенной в объемах галактик, чем-то напоминает бы теорию Тихо Браге о том, что часть планет обращается вокруг Солнца, а часть — вокруг Земли.

Тот факт, что спиральные рукава, в которых расположены звездные ассоциации, во многих случаях непосредственно начинаются в ядре галактики, свидетельствует скорее в пользу ядерного происхождения масс, из которых формируются звездные ассоциации и звезды.

Добавим к этому, что энергия, освобождающаяся в результате мощных процессов, происходящих в ядрах галактик сравнима с суммарной кинетической энергией всех звезд галактики, а иногда даже превосходит ее. Поэтому и в энергетическом отношении ядра галактик могут вполне обеспечить формирование всей галактики вокруг ядра.

Таким образом, мы приходим к представлениям, согласно которым **галактика возникает в результате активности ее ядра**. Это означает, что на первоначальном этапе эволюции ядра должны быть изолированными компактными объектами, без значительного звездного и небулярного населения вокруг них.

Наблюдаем ли мы такие изолированные ядра?

Естественно предположить, что открытые 10 лет назад квазизвездные объекты являются именно такими изолированными, предельно компактными объектами.

За истекшие 10 лет открыто также много метагалактических объектов промежуточного типа. Это компактные галактики, галактики с ультрафиолетовым избытком, что как будто подтверждает предположение о переходах квазизвездный объект — галактика. Однако вопрос о том, как именно совершается этот переход, пока еще труден, и здесь существуют разные точки зрения. В частности, не исключено, что каждый квазар, как это считает Б. А. Воронцов-Вельяминов, дает начало целому скоплению галактик.

Можно полагать, что окончательное решение будет в пользу представления о последовательной фрагментации, приведшей к образованию сверх-

скоплений, скоплений галактик, а затем отдельных галактик. Однако не думаю, что окончательная теория сведется только к этой картине. Подобно тому, как картина, предложенная Коперником, была уточнена в работах Кеплера и круговые движения были заменены эллиптическими, так из упомянутых выше двух противоположных друг другу картин, та, которая окажется правильной, должна будет пройти путь существенных уточнений и нововведений. Это в свою очередь поможет найти более фундаментальные законы, лежащие в основе космогонических процессов.

●

Астрономия — древнейшая из наук. Несмотря на это, в течение последних 100 лет она переживает такой интенсивный процесс роста и обновления, период таких замечательных открытий, что ей может позавидовать любая более молодая дисциплина.

Если в течение тысячелетий астрономия занималась одними и теми же объектами — планетами, их спутниками, звездами, кометами и метеорами, а также системами этих объектов, то в последние два десятилетия открыты новые, существенно иные объекты: ядра галактик, квазары, пульсары, рентгеновские источники. Многие из этих объектов нестационарны. В их изучении все большую роль начинают играть методы внеатмосферной астрономии, применение спутников и космических станций. Астрономические исследования распространяются на все более широкие объемы Вселенной, а сами исследования приобретают все более глубокий характер. Вскрываются все более глубокие тайны природы.

Бесстрашный польский ученый проложил путь, приведший к замечательным по своей плодотворности результатам. Человечество еще долго будет пользоваться плодами его безмерного труда. Поэтому сегодня, когда мы отмечаем 500-летие со дня рождения Коперника, мы видим в нем пример для каждого ученого. Мы указываем молодежи на это удивительное сочетание трудового героизма, гениальной интуиции, научной добросовестности и бескорыстного служения обществу.

Всем этим Коперник особенно близок нам, гражданам нового общества, основанного на труде, на принципах науки и подлинного гуманизма. Его идеи освещают новые пути, пролагаемые современным точным естествознанием.