

Методологические проблемы астрофизики

Академик В. А. АМБАРЦУМЯН (Ереван), В. В. КАЗЮТИНСКИЙ

Древнейшая из наук — астрономия за последние десятилетия достигла огромных успехов. Сегодня она принадлежит к числу наиболее быстро развивающихся областей естествознания.

Бурный прогресс астрономии вызвал существенную ломку многих привычных и казавшихся «незыблемыми» представлений, их замену представлениями неожиданными, непривычными и зачастую основанными на радикально новых идеях. Появляются все более веские основания утверждать, что в современной астрономии началась новая грандиозная революция. По своим масштабам и последствиям она, возможно, не уступает первой революции в науке о Вселенной, по праву связываемой прежде всего с именем гениального польского ученого Н. Коперника, 500-летие со дня рождения которого отмечает в этом году все человечество.

Каждая революция в естествознании (или в какой-либо из естественных наук), как известно, всегда приводит не только к расширению, уточнению, углублению тех или иных представлений о природе, но и к изменениям в принципах понимания и объяснения природы (или отдельных ее областей), иными словами, к изменениям в способе видения мира. Чем больше масштабы такой революции, тем значительнее изменения философского, методологического порядка, которые она вызывает.

Коперниковская революция в астрономии сопровождалась постановкой коренных философских проблем, без решения которых победа новых взглядов на Вселенную была бы заведомо невозможной. Ряд фундаментальных философских проблем поставила и современная революция в астрономии. В частности, на протяжении последних десятилетий (особенно в самые последние годы) большую актуальность приобрели методологические проблемы астрофизики, изучающей физическую природу, происхождение и эволюцию небесных объектов. Какими путями следует вести изучение различных астрофизических явлений? В чем состоят общие идеи, принципы, приемы и что является специфическим в решаемой астрофизиком конкретной задаче? Насколько адекватны объективной реальности различные астрофизические теории и концепции? Каковы основные тенденции и перспективы развития современной астрофизики? Эти вопросы обсуждаются сейчас все чаще. В их решении особенно ярко проявилась роль материалистической диалектики как общего способа движения к новому знанию.

Новые открытия в астрофизике. В прошлом наблюдения Вселенной велись с помощью оптических телескопов небольших и средних размеров; теоретической основой для истолкования наблюдений была классическая физика. В XX веке в средствах изучения Вселенной происходят огромные изменения. Был построен ряд крупных оптических телескопов, появились принципиально новые методы исследования — такие, как радиоастрономия, рентгеновская и инфракрасная астрономия, особенно ценные потому, что они позволяют получить более богатую информацию относительно нестационарных процессов во Вселенной. Стали возможны физические эксперименты в космосе, непосредствен-

ное исследование многих тел солнечной системы и межпланетного пространства. Возможности теоретического осмысления результатов наблюдений необычайно расширились в связи с созданием новых фундаментальных физических теорий — специальной и общей теории относительности, квантовой механики, а также с успехами физики элементарных частиц.

Физика элементарных частиц, которая, по существу, является физикой элементарных взаимодействий, в процессе своего развития переходила от взаимодействий малой мощности ко все более мощным взаимодействиям. Параллельно этому и в астрофизике совершается переход от процессов, связанных с относительно слабыми энергетическими превращениями, к процессам, связанным с превращениями (иногда очень быстрыми) все больших количеств энергии. Между этими двумя тенденциями в развитии различных областей физических наук существует тесная связь.

Новые эмпирические и теоретические методы исследования, появившиеся в современной астрономии, прежде всего необычайно расширили границы охваченной наблюдениями области Вселенной. Была получена обильная информация о Метагалактике, включающей десятки миллиардов звездных систем, подобных нашей Галактике, и, как выяснилось позднее, также внегалактические объекты иного типа. Бурный прогресс астрофизики привел к накоплению колоссальной по своему объему информации о физической природе небесных объектов и происходящих во Вселенной процессах. Выяснилось, что природа космических тел и систем в современном состоянии не может быть понята вне изучения их происхождения и развития. Тем самым космогоническая проблема стала основной задачей современной астрофизики.

Наиболее важная черта революционных изменений в системе знаний о Вселенной заключается в том, что вопреки прежним взглядам многие фазы процессов развития во Вселенной весьма быстротечны и носят характер взрыва, дезинтеграции, рассеяния. В то же время построение теорий нестационарных явлений во Вселенной в рамках традиционных представлений сталкивается с рядом серьезных трудностей.

Революция в системе знаний о Вселенной началась с коренных изменений взглядов на структуру и эволюцию Вселенной в больших масштабах — с открытия проявлений нестационарности Метагалактики и разработки соответствующих теорий, которые произвели не меньший, а, может быть, даже больший эффект, чем в свое время, например, открытие радиоактивности. Но это был лишь первый впечатляющий «сюрприз», который преподнесло нам изучение Вселенной. Дальнейшие исследования показали, что Вселенная является не только расширяющейся, но и буквально «взрывающейся». Это привело к разрыванию и углублению революции в астрономии.

В нашей солнечной системе происходят такие нестационарные процессы, как распад короткопериодических комет и других малых тел. Получены также хотя и косвенные, но веские аргументы, подтверждающие, что на поверхностях планет и некоторых спутников происходили мощные вулканические процессы. Результаты исследований Луны, Марса и Венеры с помощью экспериментальных методов делают эти аргументы все более убедительными.

Выяснилось, что многие звездные группы и скопления, входящие в состав Галактики, должны распадаться за сравнительно короткие (по космическим масштабам) сроки. Развитие исследований в этом направлении привело к открытию в 1947 году звездных ассоциаций — недавно возникших групп звезд, во многих случаях нестационарных в полном смысле слова: входящие в них звезды быстро удаляются друг от друга. Нестационарными оказались и многие структурные элементы звездных ассоциаций (системы типа Трапедии, звездные цепочки). Та-

кое открытие было качественно новым для астрономии, которая до тех пор всегда имела дело со стационарными или квазистационарными звездными группировками.

Довольно неожиданно в последние годы обнаружилось, что многие карликовые звезды ассоциаций время от времени претерпевают сильные «вспышки». В дальнейшем «вспыхивающие» переменные были обнаружены, помимо ассоциаций, также в других звездных группах и скоплениях. Большое значение имело открытие в 1968 году пульсаров. Но особенно грандиозные явления нестационарности были открыты в мире галактик.

В 50-х годах было доказано существование значительного количества нестационарных групп и скоплений галактик. Оказалось, что вместо отдельных проявлений нестационарности мы наблюдаем почти повсеместные процессы распада скоплений и групп галактик.

Дальнейшие исследования привели к открытию гигантских взрывных процессов в ядрах галактик, что позволило ввести понятие о космической активности ядер.

В настоящее время известно уже много разнообразных форм этой активности.

При взрывах в ядрах галактик выделяется колоссальная энергия: 10^{59} — 10^{60} эрг. Еще более фантастические количества энергии выделяются в квазизвездных радиоисточниках (квазарах), открытых в 1963 году американскими астрофизиками М. Шмидтом, Дж. Гринстейном и Т. Мэтьюсом. В квазарах наблюдаются необычайно бурные процессы — быстрые колебания их яркости, выбросы струй огромных масс газа и др. В 1965 году были открыты и такие квазизвездные источники, которые не дают заметного радиоизлучения. Таким образом, помимо звезд, считавшихся еще недавно основной формой существования вещества во Вселенной, обнаружены качественно новые, неизвестные ранее типы небесных тел — активные ядра галактик и квазизвездные объекты. В них сосредоточены мощнейшие, поистине «дикивинные» источники энергии.

В 1965 году американские радиофизики А. Пензиас, Р. Вилсон и другие сделали еще одно важное открытие. Было обнаружено приходящее из глубин Метагалактики микроволновое радиоизлучение, которое предсказал Г. Гамов, исходя из созданной им теории «горячей Вселенной». Эта теория основана на дальнейшем развитии идеи «большого взрыва», высказанной бельгийским астрономом Ж. Лемэтром.

За последние годы благодаря применению новых методов исследования во Вселенной обнаружены и такие «экзотические» объекты, как «рентгеновские звезды» и другие. Несомненно, мы находимся на пороге новых выдающихся открытий, которые наверняка окажутся еще более необычными, чем все известное до сих пор.

Итак, «кунсткамера» астрофизического знания непрерывно пополняется все новыми удивительными объектами, задающими теоретикам все более трудные загадки.

Явления нестационарности во Вселенной обнаруживаются со все возрастающей четкостью при переходе от звездных агрегатов к галактикам, их группам и скоплениям и, наконец, к Метагалактике. Иначе говоря, имеет место целая иерархия процессов взрыва, дезинтеграции, распада.

Два направления в астрофизике. В теоретическом истолковании астрофизических явлений можно выделить два главных направления. Основанные на некоторых различиях в теоретико-познавательных предпосылках, они приводят к выбору различных путей построения теории. Это в конечном счете обусловило разработку различных теоретических представлений об эволюции космических объектов.

К сожалению, для этих направлений трудно подобрать сколько-нибудь подходящие названия. За отсутствием более удачных мы будем употреблять термины: «бюраканское» и «ортодоксальное (классическое)» направления, — не забывая об их условности и некоторой претенциозности первого.

Оба методологических направления развиваются в астрофизике наших дней, что является по-своему оправданным (так сказать, «законным»). Но отсюда, конечно, еще вовсе не вытекает, что оба направления во всех отношениях одинаково эффективны. Плодотворность методологических принципов каждого из направлений должна быть проверена практически — на основе анализа конкретных результатов, которые оно позволило получить.

Методологические принципы бюраканского направления могут быть суммированы так. Необходимо отказаться от умозрительного подхода к решению задач астрофизики. Для этого умозрительного подхода, получившего значительное распространение особенно в 30-е годы, характерны увлечение математическими задачами, возникающими при решении того или иного вопроса, и отсутствие практического рассмотрения основных физических допущений, исходя из которых строится астрофизическая теория. Такой формальный подход, при котором сначала строятся математические модели различных астрофизических объектов, затем эти модели сравниваются с наблюдениями и выбирается та, которая похожа на реально существующие объекты, в большинстве случаев не может служить достаточно эффективной основой для получения плодотворных результатов (в этой области исследования).

Новые, качественно своеобразные свойства космических объектов, как правило, трудно установить чисто теоретически — они могут быть выявлены чаще всего на основе наблюдений; построение моделей и теорий структуры и эволюции космических объектов следует осуществлять на основе последовательного обобщения эмпирических данных. Это означает следующее.

В условиях невозможности прямого эксперимента исследование какого-либо астрофизического явления должно распадаться на три последовательные стадии: 1) наблюдение; 2) интерпретация наблюдения — выявление того, что именно происходит в наблюдаемом объекте; 3) построение полной теории явления, включающей объяснение его причин. Попытка перескочить через одну из таких стадий (скажем, строить теорию явления, не дожидаясь прояснения его внешней картины) в астрофизике, как правило, не может привести к успеху.

Исследования структуры и эволюции звезд и звездных систем должны начинаться с постановки отдельных частных задач, решение которых не требует введения сколько-нибудь произвольных допущений. Например, подробное изучение отдельных изменений в звездной системе, а также процесса накопления этих изменений создает предпосылки для решения более общей задачи — изучения эволюции системы как целого и построения обоснованной теории этого процесса.

Конечно, признание важности эмпирических данных в синтезе нового знания о Вселенной отнюдь не дает основания умалять или недооценивать ту роль, которую играют в этом процессе различные уровни теоретического знания. Если в одних проблемных ситуациях решающим оказывается тщательный и всесторонний анализ эмпирических данных, то в других — развитие новых теорий возможно даже без привлечения дополнительных фактов, то есть имеет место как бы внутреннее развитие (астрофизической или физической) теории. Например, в квантовой физике уравнение Дирака было получено путем уточнения уравнения Шредингера на основе требования релятивистской инвариантности и некоторых других теоретических принципов. Новая, более правильная нелинейная теория цефеид возникла не потому, что после создания пред-

шествующей ей линейной теории пульсаций появились дополнительные эмпирические данные (хотя за этот период времени были установлены многие важные факты), а потому, что к теории были предъявлены более строгие требования, а также был критически пересмотрен вопрос, соответствовала ли линейная теория уже известным во время ее построения наблюдательным данным.

Более того, обобщение фактических данных вовсе не представляет собой какой-то чисто индуктивный процесс. В подавляющем большинстве случаев логика построения теории не сводится лишь к движению в направлении: от наблюдения к теории, а включает всесторонний анализ эмпирических данных, построение и разбор различных гипотетических вариантов их объяснения, сравнение этих гипотез с наблюдениями, а также между собой. Это возможно лишь на основе использования не только индуктивных, но и дедуктивных приемов рассуждения, которые могут причудливо переплетаться между собой. Однако в целом решение какой-либо астрофизической задачи в конечном счете всегда направлено на то, чтобы дать истолкование и объяснение определенной совокупности фактов, включить их органически в систему знания. Вот почему можно утверждать, что астрофизические теории (как и все научные теории) представляют собой обобщение эмпирических данных. Формы обобщения могут быть, естественно, очень разнообразными.

Не весь колоссальный фактический материал о звездах и звездных системах, накопленный современной астрофизикой, может быть сразу использован для разработки теорий их структуры и эволюции; кроме того, не все эти данные имеют одинаковую ценность. Какие же факты особенно важны?

Если говорить о решении проблем космогонического характера, то особое значение имеют те эмпирические данные, в которых «следы» эволюционных процессов проявляются с наибольшей отчетливостью. К ним относятся прежде всего факты о нестационарных объектах. Их значение для понимания процессов космической эволюции было подсказано диалектической концепцией развития, а именно положением о внутренних противоречиях как источнике развития, которое помогает понять значение нестационарных объектов как закономерных фаз космической эволюции. Эти объекты представляют собой поворотные пункты в развитии космических тел и систем, связанные с их переходом из одного состояния в другое или, как выяснилось позднее, также с рождением новых тел. Мы можем непосредственно наблюдать процессы изменения их состояния. Следовательно, они заслуживают особенного внимания. Дальнейшие исследования позволили предсказать многие явления нестационарности во Вселенной, включая те, открытие которых воспринималось большинством астрофизиков как полнейшая неожиданность.

Анализируя неожиданные результаты астрофизических наблюдений (а теперь и экспериментов), необходимо сосредоточивать внимание на возможных трудностях их объяснения на основе существующих представлений, чтобы выяснить, не сталкиваемся ли мы с качественно новыми явлениями; их можно рассматривать как обусловленные неизвестными нам физическими законами и фундаментальными теориями еще до того, как исчерпаны все возможности их объяснения в рамках известных законов и теорий.

Дело в том, что ни при какой степени изученности какого-либо астрофизического явления, которое не удалось объяснить в рамках известных законов физики, нет полной гарантии, что все возможности получить такое объяснение нами уже исчерпаны. Между тем на каком-то этапе исследования может оказаться плодотворным предположение, что исследуемое явление объясняется лишь на основе других, неизвестных нам законов. Это предположение может быть неправильным или

правильным, однако без введения подобных предположений для объяснения неожиданных результатов физических экспериментов и астрофизических наблюдений прогресс в области выявления принципиально новых, более глубоких свойств материи, несомненно, остановился бы. К такому выводу приводит диалектико-материалистическое представление о неисчерпаемости материи, из которого следует, что каждому уровню природы должны соответствовать свои собственные структурные и эволюционные закономерности и что фундаментальные физические теории должны в принципе иметь лишь ограниченную область применимости: мы должны считаться с возможностью (и необходимостью) их уточнения и обобщения по мере изучения все новых областей природы. Значит, хотя известные нам космические объекты состоят из тех же самых частиц, с которыми имеет дело земная физика, в космосе могут приобретать значение такие «интимные» свойства элементарных частиц, которые в земных экспериментах мало заметны или не проявляются вовсе. Именно качественное своеобразие свойств космических объектов и обуславливает в большинстве случаев то, что их возможно установить лишь на основе обобщения физических данных.

Систематическое применение такого подхода к исследованию звезд и звездных систем началось впервые в 30-е годы в Ленинградском государственном университете и продолжается сейчас в Бюраканской астрофизической обсерватории. Оно позволило получить ряд важных выводов относительно физической природы ряда космических объектов, особенно об их происхождении и развитии.

Прежде всего был установлен ряд важных эмпирических закономерностей, которыми характеризуются процессы образования звезд и звездных систем (многие из них были перечислены выше).

Анализ этих эмпирических закономерностей привел к следующей интерпретации некоторых из них, носящей в основном пока лишь качественный характер.

1) Звезды и звездные системы не могли возникнуть в результате конденсации разреженного, диффузного вещества. Звездная система, возникшая подобным образом, во всех случаях была бы стационарной, обладала бы отрицательной полной энергией, но это противоречит фактам. Некоторые особенности звездных групп, скоплений и подсистем, а также групп и скоплений галактик можно объяснить без натяжек и противоречий только в том случае, если мы введем следующее предположение: космогонические процессы направлены не от разреженного состояния ко все более плотному, а в прямо противоположном направлении — от более плотных состояний вещества к менее плотным.

2) Возникновение галактик со всеми особенностями их структуры — результат космогонической активности ядер, вещество которых по своей физической природе отлично от звезд и диффузной материи. Эти плотные или даже сверхплотные тела способны разделяться на части, удаляющиеся друг от друга с большими скоростями, а также выбрасывать массивные сгустки вещества. Для этого в них должны быть заключены в потенциальном состоянии громадные количества энергии. Взрыв ядра приводит к образованию новых галактик или в других случаях — различных звездных подсистем в галактиках. Часть энергии, освободившейся при взрыве ядра, переходит в кинетическую энергию образовавшихся объектов.

Не только пары галактик, но и целые группы, а также скопления галактик образуются в результате взрывов в ядрах. В момент возникновения групп вначале появлялись лишь плотные «зародыши» галактик, образовавшиеся в результате одновременного или последовательного разделения массивного плотного тела. Удаляясь друг от друга, каждый из них формировал вокруг себя галактику, становясь ее ядром.

Сами первоначальные массивные тела, которые делятся на «зародыши» галактик,— это, возможно, фрагменты того плотного или сверхплотного тела, которым была Метагалактика в начальной фазе своего развития.

3) Объяснение свойств массивных и плотных прототел, а также процесса образования из них звезд и звездных систем на основе современных знаний об элементарных частицах и вообще в рамках известных законов физики затруднительно или даже невозможно. Разработка каких-либо теоретических моделей ядер галактик и протозвезд, а также конкретного механизма их превращения в звездные группы, скопления и подсистемы должна базироваться на фактах, полученных непосредственно из наблюдений, и не может вестись на основе предвзятых теоретических допущений. Необходимо сначала собрать как можно больше фактических данных о различных внешних проявлениях свойств дозвездного вещества, изучить их закономерности. Это позволит более надежно выяснить природу ядер галактик и протозвезд, а уже затем построить их модели.

Методологический подход к исследованию солнечной системы, основные принципы которого во многом аналогичны бюраканским, применялся еще в начале 30-х годов профессором С. К. Всехсвятским. Им было, в частности, подчеркнуто решающее значение обобщения эмпирических данных о нестационарных процессах для решения основных проблем солнечной системы и разработана «эруптивная теория», по своему содержанию также примыкающая к бюраканской концепции¹.

Методологические принципы «ортодоксального» (классического) направления в астрофизике состоят в следующем. Поскольку весьма широкую применимость в астрофизике известных сейчас фундаментальных физических законов и теорий можно считать доказанной, необходимо стремиться объяснить в рамках этих законов и теорий как можно большую совокупность астрофизических явлений. Эти законы и теории, по-видимому, в принципе достаточны для истолкования структуры и эволюции всех известных нам космических объектов (за исключением, быть может, самой начальной фазы эволюции Метагалактики).

Как считает большинство сторонников этого направления, вывод о том, что какие-либо открытые астрофизикой явления свидетельствуют о чем-то принципиально новом, правомерен только тогда, когда станет ясно, что все попытки их объяснения на основе известных физических законов оказались неудачными. В связи с этим академик Я. Б. Зельдович писал: «Можно, конечно, на каждое яркое явление придумывать новый закон природы. Однако научное направление, к которому я примыкаю, исходит из необычайной цельности и стройности современной теоретической физики». Значит, «ближайшая задача — описание наблюдаемых явлений на основе установленных законов физики. Это не означает полного запрета на какое бы то ни было принципиально новое открытие, но такое открытие приобретает право на существование, только когда исчерпаны другие возможности объяснения явлений»².

Построение теорий структуры и эволюции космических объектов необходимо вести путем разработки моделей, исходя из как можно более правдоподобных предположений; эти модели должны уточняться на основе новых фактов. Не следует дожидаться, пока фактов об изучаемом явлении будет накоплено достаточно (ведь никогда не может быть уверенности в том, что все основные факты нам уже известны). При построении теории вполне допустимо выдвижение не только гипотез, «подсказанных» эмпирическими данными, но и гипотез, кото-

¹ С. К. Всехсвятский. Природа и происхождение комет и метеорного вещества. М., «Просвещение», 1967 г.

² Я. Б. Зельдович. Удивительные звезды. В сб. «Рождение и эволюция галактик и звезд», М., «Знание», 1964, стр. 17—18.

рые не имеют сначала наблюдательной опоры и сравниваются с наблюдениями лишь после их подробной теоретической разработки.

Наиболее фундаментальная идея, принимаемая сторонниками «классического» направления — гипотеза об образовании космических тел и их систем из разреженного, диффузного вещества, — восходит к натурфилософским космогониям мыслителей древности. Однако она до сих пор не имеет прямых наблюдательных подтверждений. Много раз создавалось впечатление, что процесс конденсации разреженного вещества в звезды стал наконец эмпирическим фактом. Но каждый раз при дальнейшей проверке соответствующих фактов они оказывались не имеющими прямого отношения к делу. Расчеты моделей звезд и их изменений во времени ведутся в предположении, что источник звездной энергии — термоядерные реакции того или иного типа.

С позиций «ортодоксального» направления нестационарные объекты во Вселенной первоначально считались (за небольшими исключениями) некими «выродками», аномалиями, отклонениями от «стандартного» пути космической эволюции. Основное внимание уделялось фактическим данным о стационарных состояниях небесных тел и их систем. Иными словами, это направление исходило сначала совсем из другого фактического материала, чем бюраканское. Однако после того, как выяснилось, что нестационарные объекты представляют собой закономерные фазы космической эволюции, отношение к ним изменилось. Сейчас предпринимаются многочисленные попытки построить модели также и этих объектов.

В рамках «ортодоксального» направления была построена концепция, включающая теорию структуры и эволюции звезд и звездных систем. Она связана в первую очередь с именами выдающихся современных астрофизиков Ф. Хойла (Англия), Я. Оорта (Голландия), М. Шварцшильда (США), а также многих других исследователей. Эта концепция представляет собой попытку раскрыть процессы образования звездных систем и звезд из разреженного газа, их дальнейшую эволюцию, образование химических элементов в звездных недрах. Разработаны также многочисленные варианты объяснения с «классических» позиций структуры и эволюции солнечной системы.

Критерий практики в астрофизике. По вполне понятным причинам сторонники различных точек зрения считают, что именно их взгляды подтверждаются (или даже все более подтверждаются) новыми эмпирическими данными, тогда как соперничающие с ними теории соответственно не находят подтверждения (или вступают во все большее противоречие с фактами). Но дело в том, что критерий истинности теорий формулируется по-разному.

В астрофизике, как и в любой науке, критерием истины является практика, которая включает прежде всего сопоставление теории с результатами наблюдений (а в последние годы также и экспериментов).

С нашей точки зрения, в астрофизике следует применять критерий практики, распространенный во всех других науках о природе (а в физических науках прежде всего). Именно астрофизические гипотезы, теории, модели должны не только объяснять уже известные явления, но и предсказывать новые, еще неизвестные явления и притом такие, которые не вытекают ни из какой другой гипотезы, теории, модели. Если гипотеза действительно схватывает существенные черты механизма явления (или явлений), для объяснения которого (которых) она была создана, эта гипотеза обязательно будет предсказывать новые явления, не входившие в число тех, на основе которых она строилась, или неизвестные в момент ее создания, и тем содействовать их открытию, распространяясь с течением времени на новые группы явлений, объяснение которых первоначально не имелось в виду.

Подтверждение предсказаний гипотезы играет особую роль в ее доказательстве, превращении в обоснованную теорию. Конечно, и в этом случае нельзя исключать, что гипотеза в конце концов окажется ошибочной,— в истории естествознания правильные предсказания иногда выводились в качестве следствий и из ложных гипотез (теорий). Тем не менее большинство плодотворных гипотез (теорий) все-таки оказывалось относительно истинными.

В астрофизике, в условиях крайне ограниченных возможностей прямого эксперимента, выведение из различных гипотез новых следствий, предсказывающих ранее неизвестные явления, и проверка их с помощью наблюдения приобретают решающее значение. Ввиду сложности прямой проверки астрофизических гипотез, теорий, моделей, в том случае, когда для объяснения какого-либо явления предлагается несколько гипотез (теорий), необходимо искать такие эмпирические данные, в отношении которых конкурирующие гипотезы (теории) дают противоположные предсказания.

Сторонники же «ортодоксального» направления в астрофизике, не отрицая важности того, чтобы гипотеза, теория, модель, предсказывала новые явления, считают все же большим достижением, если теория «согласуется» с фактами или «может быть согласована» с ними. Уже в этом случае теория часто рассматривается как относительная истина, по крайней мере в некоторых своих аспектах. Но такой критерий не может быть признан достаточным. Он позволяет утверждать лишь, что гипотеза не противоречит известным фактам,— и не более того. Однако в астрофизике часто удавалось путем подгонки и натяжек «согласовать с фактами» весьма различные гипотезы, теории, модели, в том числе и оказывавшиеся впоследствии ошибочными.

Если астрофизическая теория или модель может «быть согласована» с фактами, но не предсказывает новых явлений и для согласования с новыми данными постоянно требует разного рода добавочных или тем более искусственных допущений, это обычно означает, что она не схватывает реального механизма объясняемых явлений.

Современное состояние теорий структуры и эволюции космических объектов. Серьезные трудности истолкования нестационарных явлений во Вселенной, качественно отличных от всего, с чем астрофизика имела дело раньше, создали крайне противоречивую ситуацию. Это подлинная «драма идей», которая характеризуется острой борьбой конкурирующих теорий, гипотез, концепций, быстрой сменой теоретических представлений. «Время жизни» многих из них в силу непримиримых противоречий с фактами часто не превышает нескольких месяцев (а есть и такие теории, которые успевают погибнуть раньше, чем статьи с их изложением выходят из печати).

Если критерием истинности различных теорий и концепций в астрофизике считать просто возможность их «согласования» с эмпирическими данными, то оказывается, что во многих случаях одни и те же факты можно понять исходя из различных, в том числе и противоположных, представлений. Но все же применение и этого критерия позволяет сделать определенные выводы.

Бюраканская концепция, на наш взгляд, объясняет довольно естественно многие факты, особенно нестационарные процессы в галактиках, их ядрах и квазизвездных объектах. Никаких серьезных фактических данных, находящихся в противоречии с бюраканской концепцией, в настоящее время нет.

Нельзя вместе с тем не отметить, что как в прошлом, так и в настоящее время все же высказываются сомнения в реальности многих явлений, составляющих эмпирическую основу бюраканской концепции. Отрицалась, например, неустойчивость звездных ассоциаций. Многочисленные возражения были первоначально высказаны против идеи

о существовании компактных сверхплотных тел в ядрах галактик, проявляющих многообразные формы активности. Оспаривалась нестабильность скоплений галактик.

Конечно, было бы неправильно отрицать наличие ряда конкретных неточностей в некоторых старых работах бюраканских астрономов, посвященных исследованию нестационарных процессов во Вселенной. Было, например, установлено, что некоторые звездные группировки, первоначально считавшиеся ассоциациями, в действительности отнесены к этому типу систем ошибочно. Картина расширения звездных ассоциаций оказалась во многих случаях гораздо сложнее, чем расширение из одного центра; сомнения в том, что расширение нескольких ассоциаций уже надежно обосновано, оказались правильными. В ходе острейших дискуссий о нестационарности групп и скоплений галактик в первоначальные выводы также были внесены определенные коррективы. В целом же было не только подтверждено наличие явлений, составляющих эмпирическую основу бюраканской концепции, но было найдено много новых интереснейших явлений, свидетельствующих о ее правильности и плодотворности.

Что касается теоретических аспектов бюраканской концепции, то на современной стадии ее разработки большинство положений удается сформулировать лишь качественно, так как эта концепция носит пока полуэмпирический характер. Значительное число вопросов остается без ответа. Но неразработанность какой-либо концепции, конечно, не должна рассматриваться в качестве аргумента против нее.

С другой стороны, анализируя теории происхождения и эволюции звезд, основанные на принципах «ортодоксального» направления, можно сделать вывод, что, хотя ряд следствий этих теорий действительно соответствует некоторым известным фактам, они вместе с тем сталкиваются с серьезными трудностями и противоречиями.

Сопоставление этих теорий с фактами приводит к следующим выводам:

а) ряд фактов, которые обычно рассматриваются как подтверждающие «классические» теории, может быть еще более убедительно объяснен с позиций бюраканской концепции. Например, параллелизм между пространственным распределением молодых звезд и газовой пылевой туманности может объясняться двумя альтернативными причинами: возникновением звезд из туманностей или совместным возникновением звезд и туманностей (на эту возможность указал академик Г. А. Шайн);

б) в некоторых случаях факты противоречат представлению об образовании звезд и звездных систем из диффузного вещества — это факты о процессах рассеяния и распада звездных групп и скоплений, а также связанных с ними газовых туманностей (часть последних состоит из диффузного вещества, которое «на наших глазах» выбрасывается из звезд); факты, говорящие о том, что процессы образования звезд продолжаются и в тех областях, где нет заметных количеств газа; процессы рассеяния и распада многих групп и скоплений галактик, которые невозможно понять с точки зрения гипотезы их образования из разреженного газа: если бы скопления галактик формировались таким путем, они были бы устойчивыми. Неоднократные попытки спасти эту гипотезу путем отрицания нестационарности групп и скоплений галактик пока не привели к успеху. Таким образом, выявились серьезные противоречия между гипотезой сгущения диффузного вещества в плотные небесные тела и фактическими данными;

в) многие факты, хотя и могут быть «объяснены» с классических позиций, но лишь с огромными натяжками, которые, по существу, делают подобные объяснения совершенно неправдоподобными. Это относится в первую очередь к ряду нестационарных явлений в мире звезд

и звездных систем. Особенности трудности встречают попытки космогонического истолкования квазаров и процессов в активных ядрах галактик на основе идеи коллапса (катастрофического сжатия под действием тяготения). Какой бы вариант объяснения, основанного на гипотезе коллапса, ни предлагался, он довольно быстро сталкивался с теми или иными теоретическими трудностями и отвергался. По нашему мнению, гипотеза коллапса является неплодотворной и должна быть оставлена;

г) теория звездной эволюции не в состоянии сказать что-нибудь об одном из самых фундаментальных свойств звезд — о явлении звездных вспышек в фазе молодости звезд.

Конечно, известное соответствие получаемых из теории параметров и звездных треков на диаграмме Герцшпрунга — Рессела с наблюдаемыми является некоторым свидетельством в пользу теории. Но этого еще недостаточно для того, чтобы признать теорию уже хорошо обоснованной, тем более что в последнее время обнаружены интересные (правда, требующие тщательного подтверждения) факты, которые ставят под сомнение принятые в классической теории представления о природе источников звездной энергии (отсутствие ожидаемого потока нейтрино от Солнца).

Намного хуже обстоит дело с согласованием фактов и теорий «классического» направления при истолковании основных черт солнечной системы. Развитие даже наиболее детально разработанных гипотез происходит здесь таким образом, что все большее число положений, которые казались соответствующими фактическим данным, приходится непрерывно видоизменять и даже совсем от них отказываться. «Согласование» их с фактами, достигавшееся путем некоторой подгонки, оказывается иллюзорным и недолговечным.

Таким образом, даже применение ослабленного варианта критерия практики не позволяет сделать вывода, что теории «ортодоксального» направления как в астрофизике звезд и звездных систем, так и в астрофизике солнечной системы могут считаться уже надежно обоснованными; скорее совсем наоборот! Если же при оценке истинности теоретических представлений исходить из того, какие явления они оказались способными предсказать, то сделанный нами вывод только усиливается.

Было бы трудно отрицать, что «ортодоксальное» направление пока не привело к предсказанию чего-либо существенно нового. Например, хотя «ортодоксальная» теория внутреннего строения звезд основана на довольно разумных предпосылках, несмотря на гигантскую по объему работу по расчетам звездных моделей, а также на то, что астрофизика буквально переполнена неожиданными открытиями, на основе современной теории внутреннего строения звезд не было предсказано какого-либо принципиально нового явления, которое было бы затем обнаружено наблюдениями. В то же время после открытия новых фактов их обычно удавалось согласовать с теорией путем введения более или менее произвольных дополнительных предположений. Все это лишает разработанные сейчас модели внутреннего строения звезд значительной части их ценности. Иногда говорят, что на основании этой теории строения и эволюции звезд было предсказано открытие нейтронных звезд — пульсаров. Но не следует забывать, что теория вырожденных конфигураций стоит особняком от общей теории строения звезд. Фактически ни одно из нестационарных явлений во Вселенной не только не было предсказано с позиций этого направления, но каждое новое открытие таких явлений выглядело для его сторонников как весьма неприятный «сюрприз».

Никаких предсказаний, которые были бы затем подтверждены наблюдениями, не было сделано с позиций гипотез «ортодоксального» направления относительно солнечной системы. В связи с этим появилось

даже мнение, что требование предсказания новых явлений слишком жесткое и его не следует выдвигать.

В то же время на основе бюраканского направления удалось предсказать ряд качественно новых для астрономии явлений, таких, как нестационарность звездных ассоциаций, взрывы в ядрах галактик, нестационарность многих групп скоплений галактик и другие. Все эти предсказания были не только полностью и довольно быстро подтверждены, но в ходе их проверки были обнаружены новые грандиозные явления нестационарности во Вселенной. Эруптивная теория происхождения комет предсказала наличие льдов в кометных ядрах, важнейшую роль вулканических процессов в развитии планет и спутников. Оба эти предсказания получили сейчас убедительные подтверждения.

Тенденции и перспективы развития современной астрофизики. В развитии современной астрофизики четко прослеживается та же тенденция, которую отметил В. И. Ленин, анализируя начальный этап «новой революции в естествознании»: от привычного — к непривычному, неожиданному и, казалось бы, даже невозможному.

Эта перестройка системы знаний о Вселенной — ее расширение, углубление и уточнение, — по нашему мнению, имеет столь много общего с революцией, которая в первой трети XX века произошла в физике, что она может рассматриваться как ее продолжение и дальнейшее развитие. Но если теории нестационарных явлений во Вселенной во многих случаях еще не созданы, не является ли вывод о том, что в современной астрономии происходит революция, преждевременным? Ведь революция в науке — это не само по себе открытие новых, хотя бы и неожиданных фактов, а радикально новые теоретические истолкования их. Не следует ли подождать с подобным выводом до тех пор, пока новые теории не будут созданы по крайней мере в основных чертах?

На это можно возразить, что о революции в физике стали говорить задолго до того, как были разработаны новые фундаментальные физические теории — после открытий, подобных радиоактивности и других, — когда стало ясно, что прежние представления уже не имеют шансов на успех, но еще не были сформулированы даже основные принципы квантовой механики. Именно такая ситуация и сложилась в современной астрономии.

Каков механизм выделения колоссальных количеств энергии в активных ядрах галактик, еще недавно считавшихся заурядными, ничем не примечательными объектами? Астрофизик, занятый поисками ответа на этот вопрос, напоминает физика конца XIX — начала XX века, недоумевавшего, как «неделимые» атомы могут распадаться, выделяя энергию, или почему электроны в невозбужденном атоме не излучают энергии.

Понимание физической природы нестационарных явлений во Вселенной постепенно складывается в ходе исследований, совершенно аналогичных тем, которые проделали физики, прежде чем им удалось построить теорию атома или теорию радиоактивного распада, а именно путем изучения эмпирических закономерностей этих явлений. Если даже теории нестационарных космических явлений будут в конце концов построены на основе законов современной физики, все равно они заведомо окажутся настолько далекими от традиционных представлений, что их создание будет означать дальнейшее развитие революции в астрономии XX века. Но если выяснится, что известные нам сейчас физические законы и теории недостаточны, астрономия снова, как в эпоху Возрождения и нового времени, приведет к революционному изменению основных физических представлений и явится источником революции во всей системе физического знания.