

АКАДЕМИЯ НАУК СССР

**ВЕСТНИК
АКАДЕМИИ НАУК
СССР**

(ОТДЕЛЬНЫЙ ОТТИСК)

5

МОСКВА • 1972



**ЛАУРЕАТ ЗОЛОТОЙ МЕДАЛИ им. М. В. ЛОМОНОСОВА
В. А. АМБАРЦУМЯН**

Герой Социалистического Труда академик Виктор Амазаспович Амбарцумян — выдающийся астроном и астрофизик — создал количественную теорию свечения газовых туманностей, предложил метод расчета масс, выбрасываемых новыми звездами и истекающих из поверхностей нестационарных звезд. Им разработаны основы статистической механики звездных систем. В 1947 г. В. А. Амбарцумян открыл и исследовал динамически неустойчивые, находящиеся в стадии распада звездные системы нового типа, названные им звездными ассоциациями. Он установил, что межзвездное поглощение света вызывается не непрерывной средой, а отдельными темными туманностями. Им обнаружена космогоническая активность ядер галактик, вызывающая грандиозные нестационарные явления. Основанные В. А. Амбарцумяном новые направления оказали большое влияние на развитие астрономии.

В. А. Амбарцумян — крупный организатор науки и известный общественный деятель. Он член Президиума Академии наук СССР, с 1947 г. возглавляет Академию наук Армянской ССР. Под его руководством создан и работает один из крупнейших центров современной астрономической науки — Бюраканская астрофизическая обсерватория Академии наук Армянской ССР. В. А. Амбарцумян — депутат Верховного Совета СССР.

Ряд иностранных академий и научных обществ избрал В. А. Амбарцумяна своим членом, он был вице-президентом и президентом Международного астрономического союза, в 1968 г. избран президентом Международного совета научных союзов.

Вполне естественно, что Академия наук СССР назвала свою высшую награду именем Михаила Васильевича Ломоносова. Но тем самым она предопределила, что всякий, кто удостоивается этой награды, оказывается в трудном положении: вся жизнедеятельность Ломоносова являет собой пример такого беззаветного служения науке и вместе с тем беспредельной преданности своей родине, что каждый из награждаемых поневоле терзается сомнениями, достоин ли он столь высокой награды. Вы поймете мои чувства, если учтете, что, подобно многим моим товарищам, я постоянно испытывал и испытываю глубочайшее благоговение перед этим дорогим и священным именем.

Смущение, которое вызвала во мне эта награда, усиливается еще и тем, что в прошлом году она была вручена ученому, чья деятельность мне всегда представлялась недостижимым образцом научного творчества, — академику Ивану Матвеевичу Виноградову. Еще в 20-х годах, в Ленинградском университете Иван Матвеевич внушал нам, что в науке важно не модное, а трудное и полезное. И именно потому, что Иван Матвеевич сам строго придерживался этого правила, его имя стало знаком качества в любимой им науке.

Что касается меня, то пример Ивана Матвеевича Виноградова в моей работе и жизни имел такое же большое значение, как советы моего наставника и руководителя Аристарха Аполлоновича Белопольского по конкретным методам астрофизических исследований. При получении почетной награды в моих мыслях вновь возникает образ этого большого труженика науки, одного из основателей астрофизики, выдающегося русского ученого. В результате работы под руководством Белопольского в 1928—1932 гг. для меня стали яснее специфические особенности астрофизических исследований, что оказало большое влияние на мою дальнейшую деятельность.

Переходя к теме своего доклада, хочу отметить, что и в этом вопросе я нахожусь в трудном положении. Дело в том, что самым серьезным моим достижением и одним из главных достижений коллектива Бюраканской обсерватории я считаю открытие активности ядер галактик. Однако на эту тему я уже делал доклад на Общем собрании Академии наук СССР в 1968 г. К тому же, в отличие от ситуации, имевшей место лет 15 назад, когда вне Бюракана никто не верил в существование такой активности, сегодня о ней говорят почти на каждом углу, а раз это стало модой, то я имею еще одно основание коснуться лишь вскользь этой темы.



В 1927—1928 гг., когда я и мои сверстники оканчивали Ленинградский университет, все большее развитие получала интерпретация звездных спектров на основе хорошо разработанной к тому времени систематики атомных спектров и представлений о переносе излучений как основной форме энергообмена в звезде и в ее атмосфере. Теория переноса излучения, носившая также название теории лучевого равновесия звездных атмосфер, стала широко применяться. Молодежь была увлечена идеей, что подобно тому, как атомные спектры являются языком, на котором атомы говорят нам о своем строении, так и спектры звезд при надлежащей их теоретической интерпретации, главным образом на основе теории лучистого переноса, рассказывают об устройстве звездных атмосфер. Имен-

но поэтому уже тогда меня сильно привлекали задачи теории лучистого переноса, и я стал довольно прилежно заниматься ими.

Если уж я не удержался и сказал здесь о том, что спектры атомов являются языком, на котором атомы говорят о своем строении, не могу не упомянуть, что именно в то время я задал себе вопрос: а насколько однозначно спектр собственных значений какой-либо системы определяет ее устройство? Так впервые возникла задача, обратная задаче Штурма — Ливилля. На короткий срок я отошел от своих астрофизических занятий и вскоре после окончания университета напечатал в журнале «Zeitschrift für Physik» маленькую статью, в которой поставил эту обратную задачу и нашел ее решение для очень частного случая. Если астроном выполнил математическую работу и напечатал ее в физическом журнале, то, ясно, что на нее никто не обратит внимания. Только через 15 лет после ее опубликования шведский математик Борг раскопал ее, в результате чего он и группа советских математиков уже в послевоенный период выполнила ряд интересных и более общих исследований по «обратной задаче» теории собственных значений дифференциальных уравнений.

Эпизод с этой работой не отвлек меня от теории переноса излучения. Я все больше занимался как вопросами применения этой теории к звездным спектрам, так и попытками найти математические методы решения задач теории переноса. К сожалению, теория переноса, в основном задача математической физики, одинаково применимая и в астрофизике, и в геофизике, и в оптике моря, и в расчетах по многократному рассеянию нейтронов, иногда увлекала меня больше, чем первая, чисто астрофизическая.

В разработке математических методов наиболее значительных результатов нам удалось добиться лишь в 1939—1942 гг. Первый из этих результатов заключался в том, что было найдено решение уравнения переноса излучения для глубоких слоев рассеивающей и поглощающей плоско-параллельной среды при любой форме индикатрисы рассеяния и тем самым, заодно, решена чисто геофизическая задача изменения освещенности в морских глубинах, куда проникает лишь многократно рассеянный свет. Вторым, более значительным результатом состоял в нахождении приема, с помощью которого уравнения переноса излучения (тогда рассматривались лишь линейные задачи переноса) сводятся к некоторым простым легко решаемым функциональным уравнениям. Этот прием заключался в применении так называемого принципа инвариантности. Поэтому иногда наш метод называют также методом или принципом инвариантного вложения.

Поясним его суть на одном примере. Представим себе однородную рассеивающую и поглощающую среду, заполняющую полупространство, ограниченное некоторой плоскостью. На эту граничную плоскость падает параллельный пучок лучей. Он входит в среду и там претерпевает многократные рассеяния и поглощения. Спрашивается, какой поток рассеянного излучения выйдет из среды паружку в каком-нибудь заданном направлении? Для решения этой задачи раньше поступали следующим образом. Анализировали процессы поглощения и испускания света в каждой точке, расположенной внутри рассеивающей среды, устанавливали, какое количество света должна рассеивать единица объема на различных глубинах и затем вычисляли поток выходящего в заданном направлении излучения. Поскольку на каждый элемент объема падают какие-то доли света, рассеянного всеми другими объемами, то задача оказывалась весьма сложной и приводила к трудным для практического решения интегральным уравнениям.

Предложенный нами метод заключался в том, что к границе среды прикладывался дополнительный слой, обладающий теми же свойствами, что и среда. Полупространство после прибавления слоя малой толщины остается полупространством и имеет те же интегральные свойства, поэтому выходя-

щее из него излучение от прибавления дополнительного слоя не должно измениться. Однако наш тонкий слой сам обладает свойством поглощать и рассеивать. Поглощая, он что-то убавляет из падающего на него со всех сторон света, а рассеивая, — добавляет. Из сказанного следует, что сумма изменений, внесенных дополнительным тонким слоем, должна быть равна нулю. А так как все эти изменения непосредственно выражаются через интенсивности падающего и выходящего излучения, получается некоторое простое функциональное уравнение, связывающее эти интенсивности. Из уравнения выводится решение задачи. Таким образом, уже не надо «влезать» внутрь среды и анализировать происходящие там явления. Поскольку для построения этого метода существенно то, что конечный результат не изменяется от прибавления дополнительного слоя, основная его идея была названа нами, быть может, несколько претенциозно «принципом инвариантности».

Элегантность и простота метода заставили меня заняться его применением сперва к другим задачам теории переноса излучения (обобщить его), а затем и к задачам совершенно других типов. Например, с его помощью удалось легко справиться с трудной проблемой флуктуации интенсивностей в звездной системе, содержащей случайно распределенные поглощающие облака.

Этот метод решения задач теории переноса получил дальнейшее развитие в трудах В. В. Соболева и его учеников, в работах С. Чандрасекара и его школы, Р. Белмана и его группы и в последние годы в работах группы бюраканских исследователей. Было показано также, что принцип инвариантности позволяет найти простые пути решения большого класса других задач математической физики и является довольно сильным орудием и в некоторых других областях математики. Как это ни удивительно, но недавно было показано, что этот метод, казалось бы, целиком основанный на линейности соответствующих задач, может быть применен и в области нелинейных задач.

Я назвал одну область, увлекавшую молодых астрофизиков в конце 20-х годов, — теорию звездных атмосфер и ее аппарат — теорию переноса излучения. Но в тот же период стали известны важные результаты по физике газовых туманностей (в частности, планетарных), полученных Хабблом и Боуэном. Боуэну удалось отождествить таинственные эмиссионные спектральные линии, наблюдавшиеся в спектрах планетарных и вообще газовых туманностей и условно приписывавшиеся гипотетическому элементу небулию. Оказалось, что это просто запрещенные линии ионов кислорода и азота, соответствующие переходам из метастабильных состояний вниз. Выяснилось также, что в газовых туманностях создаются благоприятные условия для накопления атомов в метастабильных состояниях, в результате чего соответствующие спектральные линии достигают большой интенсивности.

При построении теории этого явления на основе расчета возбуждения и ионизации в газовых туманностях Росселандом была допущена ошибка в оценке заселенности метастабильных уровней атомов и ионов в туманностях: полученные им оценки оказались верны лишь в случае, когда условия таковы, что запрещенные линии не должны наблюдаться. Между тем, как раз нужно было объяснить, почему эти линии наблюдаются и имеют измеренные астрономами интенсивности. Это дало мне повод построить в 1932 г. улучшенную теорию возбуждения запрещенных линий в газовых туманностях, а затем вообще заняться газовыми туманностями. Изучение работ голландского астрофизика Цанстра показало нам, что в этой области возникают существенно новые задачи теории переноса излучения. Стало ясно, что здесь мы имеем дело с задачей переноса полихроматического из-

лучения, т. е. одновременного взаимодействия материи с полями излучения в разных частотах.

Нам удалось найти адекватную этой задаче разрешимую схему и показать, что дело сводится к расчету двух полей излучения L_α и L_c (лайман-альфа и лаймановский континуум) и что каждое из этих полей можно последовательно определить из условий и уравнений задачи.

Вместе с тем, удалось выяснить, что хотя в стационарной туманности световое давление должно было бы играть огромную роль, учет его приводит лишь к выводу о том, что планетарные туманности наблюдаемой формы вообще не могут находиться в стационарном состоянии. Отсюда было сделано заключение о нестационарности этих объектов. А в нестационарных туманностях световое давление уже не велико. Сейчас мы имеем многочисленные свидетельства в пользу того, что планетарные туманности расширяются и, удаляясь от своей центральной звезды, рассеиваются в окружающем пространстве.

Очевидно, планетарная туманность возникает из вещества, выброшенного из звезды. Еще задолго до этого наблюдениями было установлено, что во время вспышек новые звезды выбрасывают газовые расширяющиеся оболочки, которые видны вокруг этих звезд в течение десятков лет как маленькие туманности, а затем рассеиваются в окружающем пространстве. Теперь стало ясно, что гораздо более солидные, более долгоживущие и хорошо известные планетарные туманности тоже порождаются отдельными звездами.

Продолжительность жизни планетарных туманностей была рядом авторов оценена примерно в 10^4 — 10^5 лет. Тем самым был сделан важный шаг в констатации наличия быстропротекающих явлений и нестационарных объектов в Галактике.

Следующим важным шагом было доказательство того, что **открытые звездные скопления**, являющиеся существенными составными образованиями в Галактике, не могут существовать больше 10^9 — 10^{10} лет. Еще до наших работ по проблеме возраста скоплений высказывалась мысль, что внешние возмущения должны разрушать эти образования и сокращать время их существования. Однако нами было показано, что основным процессом, ограничивающим продолжительность существования этих систем, является, так сказать, процесс самоиспарения. Члены звездного скопления, двигаясь, иногда сближаются друг с другом и обмениваются при этом энергиями. В результате таких обменов отдельные звезды приобретают столь большие кинетические энергии, что безвозвратно покидают скопление. С течением времени так должно испариться все скопление.

Таким образом, стало ясно и то, что скопления не возникают из независимых друг от друга звезд общего звездного поля Галактики, а, наоборот, разрушаясь, как бы становятся источником, питающим это общее поле. Стало ясно, что звезды каждого скопления возникли совместно, **имеют общее происхождение**.

Здесь следует сказать, в какой обстановке были получены эти выводы. В тот период благодаря работам Эддингтона и Джинса считалась установленной так называемая «долгая шкала» эволюции звезд в нашей Галактике, согласно которой возраст последних оценивался в 10^{13} лет. Предполагалось, что за такой короткий срок звезды вследствие излучения постепенно теряют свою массу и что именно в потере массы и заключается сущность их эволюции. Вместе с тем, тогда уже было известно явление расширения системы галактик (расширяющаяся Вселенная), откуда возникала мысль, что возраст всей системы галактик не превосходит нескольких миллиардов лет, во всяком случае 10^{10} лет. Эта цифра тогда называлась «короткой шкалой» эволюции Вселенной. Некоторое время обе шкалы стран-

ным образом уживались между собой. Парадоксальность ситуации заключалась в том, что системе более высокого порядка приписывался более короткий возраст, чем входящим в нее системам и телам низшего порядка (галактикам, звездам). Трудно сказать, чего ждало тогда большинство астрономов. Какого-нибудь компромисса или какого-нибудь неожиданного объяснения противоречия? Но некоторым это положение казалось невыносимым.

Наши исследования показали, что открытые звездные скопления имеют короткую шкалу эволюции (это еще ничего не решало в отношении звезд общего звездного поля и Галактики вообще). Но если бы оказалась справедлива длинная шкала времени, то все звезды наблюдаемых скоплений, например Плеяд, должны были бы считаться буквально только что возникшими. Тогда нужно было бы удивляться, почему слабые звезды в Плеядах, являющиеся такими молодыми объектами, столь похожи на равных им по светимости карликов общего звездного поля.

Появилось первое серьезное сомнение в справедливости долгой шкалы звездной эволюции.

Для того чтобы окончательно решить вопрос о долгой шкале, мы приступили тогда к изучению распределения элементов орбит двойных звезд. С самого начала этого исследования нам стало ясно, что наблюдаемое распределение больших полуосей орбит широких звездных пар полностью противоречит долгой шкале звездной эволюции. Я еще не успел опубликовать свои результаты, как в «Nature» появилась статья Джинса, который тоже начал изучать этот вопрос и приходил к выводу, что распределение эксцентриситетов известных орбит двойных звезд хорошо подтверждает долгую шкалу. Легко было найти, в чем ошибка Джинса, и начавшаяся между нами полемика быстро закончилась.

Таким образом, на основе изучения нестационарных процессов, в данном случае темпов установления равновесного распределения элементов орбит двойных звезд, была доказана справедливость короткой шкалы звездной эволюции, и парадокс, о котором говорилось, был устранен.

Другой неизбежный вывод из работы по статистике широких звездных пар — в Галактике благодаря случайным встречам двойных звезд с одиночными происходит процесс разрушения широких пар. Возможные же противоположные процессы возникновения таких пар при тройных сближениях практически не имеют места. Таким образом, не оставалось сомнения в том, что компоненты каждой пары возникли одновременно.

Примерно в те же годы ряд других авторов на основании изучения звезд типа Р Лебеда и Вольфа — Райе пришел к выводу о нестационарном состоянии звезд с непрерывным истечением вещества, ведущим к существенному уменьшению их массы. Здесь особо следует отметить важную роль, которую сыграли выполненные в тот период (30-е годы) работы советских астрофизиков: Козырева — о протяженных фотосферах у таких звезд и Воронцова-Вельяминова — о природе горячих звезд. Становилось очевидным, что на смену классическому методу умозрительных гипотез, касающихся эволюции небесных тел, приходят полученные на основе хорошо установленных фактов и связывающих их между собой довольно строгих теоретических рассуждений картины отдельных этапов развития звезд. Эти картины относились к разным объектам, к разным этапам их эволюции, не давая полного представления об эволюции звездного мира. Однако они свидетельствовали, что современная астрофизика все более становится эволюционной наукой.

Несколько меньше внимания в то время обращали на другое обстоятельство: везде, где удавалось на основе наблюдательных данных установить наличие эволюционных изменений, процесс шел в одном направлении —

от более концентрированных тел и систем к более разреженным, везде мы встречали процессы рассеяния. Между тем, все созданные до того и даже продолжавшие появляться умозрительные схемы и гипотезы о звездной эволюции неизменно говорили о возникновении и эволюции этих объектов в процессе конденсации. Собственно говоря, все такие гипотезы и модели в большей или меньшей мере примыкали к классическим космогоническим гипотезам прошлого. Авторы упомянутых умозрительных схем и гипотез в большинстве сторонились достаточно радикальных выводов о направлении эволюции космических систем, они искали новые варианты теорий конденсаций, в которых может появиться расширение и рассеяние, но уже как вторичное явление, как следствие конденсации.

С 1947 г. началось исследование звездных систем нового типа — звездных ассоциаций. Эти звездные группировки выделяются тем, что содержат горячие звезды-гиганты типов О и В или неправильные переменные звезды-карлики, называемые звездами типа Т Тельца. Иногда ассоциации содержат и те и другие объекты в значительном количестве. Мы назвали эти системы соответственно О-ассоциациями, Т-ассоциациями и О+Т-ассоциациями. Поскольку О-ассоциации включают, как правило, звезды типа В (а не только типа О), в употребление вошло и обозначение их как ОВ-ассоциаций.

Изучение этого нового класса звездных группировок, особенно О-ассоциаций, показало, что они должны быть гораздо менее устойчивыми, чем скопления, а подчас просто распадающимися системами. Действительно, голландскому астрофизику Блаау удалось обнаружить расширяющуюся ассоциацию в Персее. Другая группа быстро расходящихся звезд была найдена в районе созвездия Ориона. Такие группы получили название систем с положительной энергией. Все происходит так, как если бы звезды данной ассоциации образовались внутри одного или нескольких малых объемов пространства, а после этого стали удаляться от центров этих объектов со значительными скоростями — порядка нескольких (иногда свыше десяти) километров в секунду. В одном случае этих скоростей бывает достаточно, чтобы соответствующая группировка быстро рассеялась в пространстве, в другом — получается очень широкая неустойчивая группировка слабо связанных силами притяжения звезд, в третьем — возникают обычные открытые звездные скопления, о судьбе которых мы уже говорили. В первых двух случаях продолжительность жизни группировки измеряется сроками порядка 10^7 лет или даже меньше.

Как видно из сказанного, общее звездное поле непрерывно питается за счет звезд, сформировавшихся в ассоциациях.

Мы не будем останавливаться здесь на тонкостях, связанных с тем, что в одной ассоциации часто имеется несколько центров звездообразования, вследствие чего внутренние движения звезд в ассоциациях не всегда можно истолковать как простую экспансию из одной точки. Важно, что в результате проведенных исследований удалось сформулировать две истины: процесс звездообразования в Галактике продолжается в нашу эпоху, звезды, как правило, возникают не по одиночке, а группами.

Эти исследования укрепили убеждение, что эволюционные процессы, относящиеся к звездам и их агрегатам, связаны с расширением и рассеянием, что формирование звезд происходит в каких-то малых объемах. Не оставалось ничего другого, как, отбросив ни на чем не основанные предвзятые представления о сгущении рассеянного вещества в звезды, просто экстраполируя наблюдательные данные, выдвинуть диаметрально противоположную гипотезу о том, что звезды возникают из плотного, скорее сверхплотного вещества, путем разделения (фрагментации) массивных дозвездных тел на отдельные куски. Поскольку в ассоциациях наряду со звезда-

ми имеются диффузные газовые и пылевые туманности, пришлось также допустить, что при фрагментации дозвездных тел могут выделяться и потом рассеиваться значительные массы диффузного вещества.

Если это так, если звезды и диффузные туманности возникают совместно, то там, где наблюдаются наиболее тесные комбинации звезд и газовых облаков, мы должны искать наиболее молодые объекты звездного мира.

В тот период в результате анализа совокупности данных о кратных звездах нами был выделен класс неустойчивых кратных систем, получивших название систем типа Трапедии. Оказалось, что Трапедии встречаются в ассоциациях особенно часто и в тесной связи с диффузной материей. По всей видимости, возраст этих систем измеряется сроком порядка одного миллиона лет и даже меньше. Само существование систем типа Трапедии как весьма ранней фазы развития звездных групп явилось новым указанием на то, что сейчас же после своего возникновения звезды составляют весьма тесные группы, а это в свою очередь свидетельствует о направлении эволюции от плотного к рассеянному.

Параллельно с этим в 50-х годах шло изучение Т-ассоциаций и их отдельных членов — звезд типа Т Тельца. Оказалось, что целый ряд явлений свидетельствует о необычайно бурных процессах, происходящих во внешних слоях этих звезд. К их числу относятся появление временами непрерывной эмиссии вуаллирующей линии поглощения, что особенно подробно было изучено американским астрономом Джоном.

Вскоре к звездам типа Т Тельца были присоединены две новооткрытые категории объектов: так называемые вспыхивающие звезды, в частности звезды типа UV Кита и объекты Хербига — Аро. Все эти классы вместе составили обширную категорию **нестационарных молодых звезд**.

На основе огромной наблюдательной работы, направленной на исследование нестационарных звезд, мексиканский астроном Аро показал, что при переходе от молодых звездных группировок типа ассоциаций к более поздним — типа классических звездных скоплений, вместо звезд типа Т Тельца появляются вспыхивающие звезды, т. е. такие, которые обычно имеют постоянный блеск, но время от времени переживают вспышки, когда яркость звезды буквально за десятки секунд возрастает в несколько, а иногда в сотни раз. В дальнейшем вспышки ослабевают и звезда превращается в обыкновенного карлика.

Если фаза изменений типа Т Тельца продолжается в течение порядка 10^6 лет, то фаза вспышечной активности гораздо более длительна и у звезд с малой массой может продолжаться до 10^8 лет.

Недавно нам удалось найти способ оценки общего числа вспыхивающих звезд в каждом данном скоплении. Первые же такие оценки привели к выводу, что все звезды-карлики, входящие в скопления, проходят через длительную стадию вспышечной активности. Иными словами высокая вспышечная активность является фазой эволюции карликовых звезд, непосредственно следующей за фазой Т Тельца.

Еще недавно было принято считать вспыхивающие звезды относительно редкими объектами. В результате работ, выполненных в Бюракане за последние годы, мы знаем, что число вспыхивающих звезд в одном лишь скоплении Плеяд не меньше 700 и, возможно, даже достигает одной тысячи. Иными словами, большинство членов Плеяд, как это можно наблюдать, и сейчас проходят вспышечную фазу.

Выдвинутая нами гипотеза о том, что молодые звезды сохраняют в себе какое-то количество дозвездного вещества, которое время от времени в виде дискретных порций выносятся во внешние слои звезды и даже в окружающее звездное пространство, является спорной. Но она оказалась в высшей степени плодотворной, позволив предсказать ряд интересных явлений,

в том числе разделение вспышек на два класса — «быстрые» и «медленные», с различными физическими особенностями.

Наш переход (середина 50-х годов) от нестационарных явлений в мире звезд к нестационарным явлениям внегалактической астрономии был вызван стремлением найти объекты, у которых ранняя фаза развития космического вещества, выраженная в абсолютной мере, может продолжаться достаточно долго и где дозвездное состояние и свойства дозвездного вещества могут длительно проявляться в более явной форме. Некоторые факты говорили, что как раз во внегалактической астрономии имеются необходимые для этого условия.

Как мы показали, уже в 30-е годы стало ясно, что шкала времени эволюции для звезд, галактик и даже больших групп галактик одна и та же — порядка 10^{10} лет. Но очевидно, что изменения в галактиках, в частности процессы их становления, должны занимать гораздо более длительные сроки, чем аналогичные процессы в звездах, поэтому среди галактик можно ожидать гораздо более высокий процент объектов, проходящих через этапы молодости. А если принять точку зрения (ставшую к этому времени для нас исходной) о связи начального этапа развития космических тел и систем с высокими плотностями и энергиями, следовало ожидать, что в мире галактик мы должны особенно часто встречать бурные нестационарные процессы.

Поэтому значительный интерес вызывало то обстоятельство, что определенные уже к началу 50-х годов лучевые скорости галактик, входящих в некоторые скопления галактик, обладают гораздо большей дисперсией, чем это можно было предполагать на основании представления о стационарности скоплений (теорема вириала). Различные гипотезы такого типа, как, например, о наличии в скоплениях значительных масс сильно ионизованных межгалактических газов, были неспособны спасти гипотезу о стационарности скоплений, по крайней мере в ряде хорошо изученных случаев. Приходится считаться с тем, что хотя бы часть скоплений галактик находится в состоянии экспансии. Это не так уж удивительно, когда мы знаем о грандиозном явлении расширения всей системы галактик, включая их скопления, — явлении, называемом расширением Вселенной. А так как большинство галактик входит в скопления, ожидание того, что нестационарность в мире галактик встречается гораздо чаще, чем в мире звезд, оказывалось еще более оправданным.

Наконец, в 1952 г. произошло отождествление некоторых наблюдаемых космических радиоисточников с определенными галактиками и появился термин «радиогалактики». Астрономы, выполнившие в 1952 г. первые такие отождествления, Бааде и Минковский, тогда же указали на то, что радиогалактики по своему виду (в оптических лучах) довольно резко отличаются от обычных галактик, и выдвинули гипотезу, что каждая радиогалактика является результатом столкновения двух галактик. В течение почти десяти лет эта гипотеза излагалась как единственно правдоподобная в учебниках и популярных статьях. Предполагалось, что при столкновении двух галактик возникают огромные облака релятивистских электронов, которые и ответственны за радиоизлучение.

Однако сразу же после появления этой гипотезы нами было указано, что она находится в резком противоречии с некоторыми твердо установленными данными. Изучение вопроса в 1953—1954 гг. привело нас к выводу, что радиогалактики — результат сильных критических явлений, возникающих вследствие внутреннего развития галактики. В 1955 г. стало ясно, что мы здесь имеем дело с последствиями взрывных процессов гигантской силы, происходящих в ядрах галактик.

Несколько лет после этого я и мои сотрудники работали над изучением

оптических изображений галактик, главным образом по картам знаменитого Паломарского атласа и частично по снимкам, полученным на скромном 24-дюймовом телескопе Шмидта Бюраканской обсерватории. Именно результатом этих довольно трудоемких исследований было обнаружение таких явлений, как голубые выбросы из ядер галактик, и других фактов, которые привели к рождению идеи о разнообразной активности ядер галактик. Более полные формулировки этой идеи были даны в нашем докладе на Солвейской конференции 1958 г. Может быть, небезынтересно напомнить, как участники конференции встретили эту идею: одни отнеслись к ней отрицательно, другие приняли ее холодно, как одну из мыслимых возможностей. Между тем, идея активности ядер к тому времени уже была неизбежной для всех, кто серьезно изучил соответствующие наблюдательные данные. Подтверждением того, что большинство астрофизиков еще не приняло в тот период идеи активности ядер, было продолжавшееся появление больших статей, хорошо иллюстрированных прекрасными фотоснимками, в которых повторялась версия о возникновении радиогалактик вследствие столкновений. Даже значительно позже, когда в 1961 г. я в своем Invited Discourse, прочитанном на пленарном заседании съезда Международного астрономического союза в Беркли, представил в более подробно разработанном и в более радикальном виде идею об активности ядер галактик, многие астрономы еще не соглашались с ней. И только еще через два года, после открытия квазаров, которые по существу оказались теми же ядрами, только более высокой светимости и более мощной активности, а также после обнаружения Сандейджем и Линдсом большого взрыва в ядре галактики M82, происшедшего полтора миллиона лет назад, все стало на свое место.

Поскольку я уже имел честь докладывать Общему собранию то, что мы знаем о сущности и внешних формах проявления активности ядер галактик, я не буду приводить эти данные. Теперь, конечно, все признают огромную роль этой активности в развитии галактик.

Но я хочу совершенно четко здесь заявить, что последние годы приносят все новые свидетельства в пользу самой крайней формы идеи об активности ядер, которая может быть выражена так: каждая галактика образуется в результате активности своего ядра и выделившихся из него вторичных центров активности. Только дальнейшая эволюция галактики протекает главным образом по законам взаимодействия и саморазвития звезд и туманностей при относительно слабом внешнем воздействии самого ядра.

При этом иногда разным подсистемам, возникающим в галактике, соответствуют в качестве основных причин разные формы активности ядра. В одном случае это взрывы, при которых выбрасываются значительные по массе плотные сгустки, в другом — истечение потоков классического газа, в третьем — выбрасывание облаков релятивистского газа, в четвертом — длительное и, может быть, относительно более спокойное истечение спиральных рукавов.

Возникает вопрос: каков механизм этих различных форм активности? Ответить на него — значит полностью понять проблемы происхождения галактик. Следует признать, что мы пока очень далеки от возможности дать такой ответ. И это естественно. Уже тысячелетия человек собирает данные о звездах и еще не смог разгадать механизм их происхождения. Более того, испокон веков человек живет на Земле, но еще не смог понять механизма ее возникновения. Однако находятся смелые люди, которые читают доклады не только о происхождении галактик, но и о механизме происхождения ядер галактик — квазаров. Мы не отрицаем огромной важности этих проблем. Но для их разрешения надо сперва накопить необхо-

димые фактические данные, понять природу ядер галактик — квазаров и на этой основе начать решать отдельные проблемы, связанные с их происхождением. Мы не будем пытаться ответить на такие трудные вопросы. Очень трудным является и вопрос о том, что представляют собой ядра галактик. Пока можно лишь сказать, что это сверхмассивные объекты. Можно утверждать, что это не просто большие, очень плотные звездные группы, подобные шаровым звездным скоплениям, как думали еще четверть века назад почти все астрономы; последние наблюдения ядра галактики М33, проведенные группой Мартина Шварцшильда с помощью аппаратуры, установленной на баллоне, говорят о том, что диаметр ядра, возможно, значительно меньше полпарсека, а средняя плотность вещества по крайней мере в миллионы раз выше, чем в шаровых скоплениях.

В этом вопросе необходимо большое терпение. Может быть, в XXI столетии нам удастся лучше понять подлинную природу ядер и квазаров. Что касается происхождения этих объектов, то это кажется делом еще более отдаленного будущего.

Я не буду, как уже обещал, останавливаться подробно на сущности вопроса об активности ядер и многообразии проблем, с которыми здесь сталкивается астрофизика. Рассмотрю лишь два направления исследований, которые привели к новым успехам.

В упоминавшемся последнем моем докладе Общему собранию Академии я рассказывал об открытии в Бюраканской обсерватории большого числа галактик с аномально яркой ультрафиолетовой частью спектра. По имени их открывателя, действительного члена АН АрмССР Б. Е. Маркаряна они получили название галактик Маркаряна. Оказалось, что ультрафиолетовым избытком обладают два типа галактик: галактики с **особо активными ядрами**, во многом схожими с квазизвездными объектами, и галактики, содержащие очень высокий процент горячих звезд. Оба типа галактик примерно в равном количестве входят в списки Маркаряна и одинаково интересны для прояснения проблем эволюции галактик.

За последние два года число открытых галактик этих типов превзошло 500, и среди них все время обнаруживаются отдельные галактики, представляющие исключительный интерес. Благодаря работам Хачикяна и Видмана, Сарджента, Арпа, Аракеяна, Дибая, Есипова и самого Маркаряна достигнуты большие успехи в подробном исследовании спектров галактик Маркаряна с относительно большой дисперсией.

Я упомяну здесь лишь об обнаружении Хачикяном и Видманом в водородных эмиссионных линиях галактики Маркарян-6 существенных изменений (появление нового компонента, смещенного по отношению к старому), которые свидетельствуют о быстром (в течение двух лет) появлении расширяющегося газового облака, выброшенного из ядра или, может быть, какого-нибудь вторичного центра и имеющего массу одного лишь водорода порядка двух-трех солнечных масс. Это явление истолковывается как выброс из ядра газовой массы буквально **на наших глазах**. Следует с нетерпением ждать следующих подобных выбросов из активных ядер галактик, так как их изучение несомненно прольет свет на механизм выброса.

Открытие галактик Маркаряна — крупное достижение нашей науки. Сейчас все больше астрономов у нас и за рубежом с помощью самых крупных телескопов стремятся подробнее изучить природу этих объектов. Укажем также, что Маркарян включил в свои списки несколько новооткрытых им **квазаров**. В частности, объект Маркарян-132 оказался **чрезвычайно интересным** квазизвездным объектом (оптическим квазаром). По своей абсолютной яркости в оптических лучах (исследования, выполненные пятиметровым телескопом) этот квазар ярче всех известных в настоящее вре-

мя науке квазизвездных объектов, т. е. ярче всех других объектов Вселенной.

Присутствующие здесь астрономы хорошо знают о широко популяризируемой в последние годы гипотезе возникновения спиральных рукавов галактик как волн плотности в самогравитирующей среде. Обсуждению этой гипотезы было посвящено даже специальное заседание на съезде Международного астрономического союза в Брайтоне в 1970 г. Такое понимание происхождения спиральных рукавов, по существу, полностью игнорирует роль ядра спиральной галактики, несмотря на общеизвестную закономерность, заключающуюся в том, что спиральные рукава геометрически исходят из ядра, даже в тех случаях, когда ядро очень мало. В отличие от этой гипотезы наша точка зрения связывает появление спиральных рукавов с истечением вещества из ядра.

Какая из двух точек зрения справедлива, решат наблюдения. Для этого необходимы наблюдения с такой разрешающей силой, которая позволит подробнее исследовать поведение спиральных рукавов в околоядерной области.

Неожиданно большое значение для решения этого вопроса приобретают радионаблюдения. Многие знают, что недавно в Голландии был введен в действие новый мощный радиотелескоп, работающий по принципу апертурного синтеза и имеющий огромную разрешающую силу. Этот новый телескоп позволяет производить детальные исследования распределения радиояркости по диску галактик.

Как установлено наблюдениями первых же спиральных галактик с помощью нового радиотелескопа, синхротронное излучение, исходящее из обыкновенных спиральных галактик (не радиогалактик!), распределено по диску галактики в форме выделяющихся из ядра спиральных рукавов, которые, однако, не совпадают с оптическими рукавами, хотя тоже исходят из ядра. На днях нами получены от профессора Оорта письмо и препринт. Он сообщает, что расположение и строение спиральных радиорукавов и их сравнение с расположением оптических рукавов в изученной им и его сотрудниками галактике NGC4258 заставляют считать правильной именно гипотезу истечения рукавов из ядра. Наблюдения группы Оорта еще подлежат дальнейшему обсуждению. Однако всем, кто в последние годы серьезно следил за развитием внегалактической астрономии, ясно, в каком направлении пойдет решение этого вопроса.



В последовательности работ, выполненных нами и нашими сотрудниками по изучению нестационарных явлений в мире звезд, туманностей и галактик, как вы могли убедиться, нашли свое отражение те интересные, порой драматические открытия, которые за последние десятилетия буквально преобразили астрофизику и всю астрономию. В астрономии, которая в течение тысячелетий имела дело с одними и теми же небесными телами, планетами и звездами, спутниками и кометами, сегодня появляются все новые объекты исследования, открываются новые типы явлений, которые изучаются новыми, немислимыми в прошлом методами.

Вы видели также, что в наших работах наряду с исследованием отдельных конкретных процессов делалась попытка понять **основное** направление эволюционных процессов Вселенной. Моя оценка такова, что факты свидетельствуют, и притом довольно настойчиво, в пользу развития от плотного к рассеянному. Должен, однако, предупредить, что такая точка зрения стала распространяться преимущественно во внегалактической астрономии, да и то главным образом лишь в последнее время. Эта точка

зрения, как признают даже ее противники, оказалась продуктивной. Если нам удалось предвидеть ряд новых явлений, то именно потому, что мы, по видимому, смогли несколько раньше других уловить, какова основная тенденция развития.

Могут спросить, неужели исходя из противоположной картины, т. е. гипотезы о конденсациях и коллапсах, не было предсказано ни одного качественно нового явления? Объективность требует отметить один пример важного и правильного предсказания, сделанного на основе представления о конденсации и коллапсе. Это предсказание о том, что после взрыва нормальной звезды, который мы наблюдаем в виде вспышки сверхновой, на ее месте должна оставаться сверхплотная (барионная) звезда. Открытие пульсара в Крабовидной туманности и данные о некоторых других пульсарах подтверждают правильность второй части этого предсказания, т. е. после вспышки сверхновой образуется сверхплотное тело.

Однако подчеркиваем еще раз, что подтверждается лишь вторая часть указанного предсказания. Но является ли начальным состоянием вспыхнувшего объекта состояние нормальной звезды, центральная часть которой сжалась в сверхплотную звезду,— на это мы не имеем ответа. Неизвестно, что за объект вспыхивает.

Мы считаем возможной и такую картину, когда вспыхивающий объект до его вспышки тоже является сверхплотным телом. Тогда вспышка — это лишь процесс перехода между двумя состояниями сверхплотного тела, связанный с выбросом значительной массы. Не исключено также, что здесь может иметь место явление фрагментации сверхплотного тела.

Должен предупредить, что такая картина еще почти не разработана и в ее пользу можно привести лишь отдельные, не связанные между собой доводы. Однако важно, что пока оправдалась лишь та часть упомянутого предсказания, которая далеко еще не свидетельствует однозначно об имевшем место коллапсе. Очевидно, что дело решат дальнейшие исследования.



Астрономия — наука наблюдательная. Имея дело с отдаленными объектами, она стремится к тому, чтобы выявляемые ею факты были установлены как можно более достоверно, а выполняемые измерения были как можно более точными. Тогда и обобщения астрономов и строящиеся ими теории становятся более надежными.

Для меня истолкование астрономических теорий связано прежде всего, в широком смысле слова, с решением обратных задач. Решая обратную задачу, мы находим закономерности, которые присутствуют в изучаемых явлениях. Чем точнее результаты наблюдений, тем с большей однозначностью можно найти решение. Другим исследователям кажется плодотворным метод придумывания моделей и гипотез, которые в конечном счете призваны объяснить те же наблюдаемые явления. Конечно, было бы неправильным считать, что справедливо применять лишь один из этих подходов. Для раскрытия тайн природы надо использовать и тот и другой. Опыт показывает, что результаты обоих путей сходятся. Однако специфика астрономических исследований, условия, в которых мы находимся при изучении процессов, происходящих в отдаленных от нас частях Вселенной, таковы, что в наиболее трудных случаях, в поворотные моменты развития астрономии подход к проблемам истолкования наблюдений именно как к обратной задаче оказывается более плодотворным.

Не следует, однако, забывать, что основой развития астрономии всегда остается умножение, направленное программирование, углубление и расширение наблюдений. Только это является залогом новых успехов. Только

таким путем, путем упорного труда многих и многих исследователей, астрономия обнаруживает качественно новые явления, вскрывает бесконечное многообразие проявлений свойств материи, вновь и вновь подтверждая, что природа действительно неисчерпаема.

В отличие от тех, кто думает, что почти все фундаментальные законы природы уже известны и в этой области осталось лишь кое-что доделать, зашить некоторые маленькие прорехи, я думаю, что в XXI веке будут открыты принципиально новые аспекты явлений природы, и что XXXI век тоже будет полон новыми фундаментальными открытиями.

В этот радостный для меня день я с признательностью вспоминаю своих многочисленных коллег, которые поддерживали эти исследования, часто подсказывали новые мысли, с самого начала признавали новое направление и работали вместе со мной.

С особой благодарностью вспоминаю и тех, кто своей настойчивостью в защите противоположных взглядов возбуждал во мне задор и вызывал стремление искать новые доказательства и новые аргументы. Тем самым они тоже помогали становлению нового. Без противоречий нет развития.