

АКАДЕМИЯ НАУК СССР

ЗЕМЛЯ И ВСЕЛЕННАЯ

(ОТДЕЛЬНЫЙ ОТТИСК)

4

МОСКВА • 1972



Академик В. А. АМБАРЦУМЯН — советский астроном и астрофизик — создал количественную теорию свечения газовых туманностей, предложил метод расчета масс, выбрасываемых новыми звездами, разработал основы статистической механики звездных систем, показал, что звездные скопления постепенно распадаются, и оценил возраст звездных скоплений. В. А. Амбарцумян открыл и исследовал динамически неустойчивые, находящиеся в стадии распада звездные системы нового типа, названные звездными ассоциациями. В. А. Амбарцумян выполнил важные исследования в области теории рассеяния света в мутных средах, а также внес существенный вклад в изучение межзвездного поглощения света. Он создал теорию барионных звезд, обладающих плотностью, превышающей плотность ядерного вещества, открыл и изучил космогоническую активность ядер галактик.

Академик В. А. Амбарцумян — член ряда иностранных академий и научных обществ. В 1968 г. он избран президентом Международного совета научных союзов.

Талантливый организатор науки и видный общественно-политический деятель, Герой Социалистического Труда В. А. Амбарцумян более 20 лет является президентом Академии наук Армянской ССР.

В. А. АМБАРЦУМЯН
академик

Нестационарные

явления

В мире

звезд

и галактик

Доклад публикуется с небольшими сокращениями

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 деятельность Ломоносова являет собой пример такого беззаветного служения науке и вместе с тем беспредельной преданности Родине, что каждый из награжденных 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 именем.

Смушение, 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. Пример Ивана Матвеевича Виноградова в работе и жизни имел для меня такое же большое значение, как советы моего наставника по конкретным методам астрофизических исследований Аристарха Аполлоновича Белопольского. При получении почетной награды передо мной 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.

Самым серьезным своим 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. * В отличие от ситуации, имевшей место лет 15 назад, когда вне Бюракана никто не верил в существование активности ядер галактик, сегодня о ней говорят почти на каждом углу, а раз это стало модой, то я лишь вскользь коснусь этой темы.

В 1927—1928 гг., когда я и мои сверстники оканчивали Ленинградский университет, все

* В. А. Амбарцумян. Ядра галактик. «Земля и Вселенная», № 2, 1969 г. (Прим. ред.)

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 излучений, или теория лучистого равновесия звездных атмосфер, стала широко применяться. Подобно тому как атомные спектры говорят нам о строении атома, так и спектры звезд при надлежащей их теоретической интерпретации, главным образом на основе теории лучистого переноса, рассказывают об устройстве звездных атмосфер. Поэтому уже тогда меня сильно привлекали задачи теории лучистого переноса и я стал довольно прилежно заниматься ими.

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 — Лиувилля. 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 шведский математик Борг раскопал статью и уже в послевоенный период он и группа советских математиков провели 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 вопросами применения этой теории к звездным спектрам и пытался найти математические методы решения задач теории переноса. Теория переноса увлекала меня потому, что она одинаково применима и в астрофизике, и в геофизике, и в оптике моря, и в расчетах по многократному рассеянию нейтронов.

В разработке математических методов этой теории наиболее значительных результатов удалось добиться в 1939—1942 гг. Было найдено решение уравнения переноса излучения для глубоких слоев рассеивающей и поглощающей плоскопараллельной среды при любой форме индикатрисы рассеяния. Так была заодно решена и чисто геофизическая задача изменения освещенности в морских глубинах, куда проникает лишь многократно рассеянный свет. Удалось найти прием, с помощью кото-

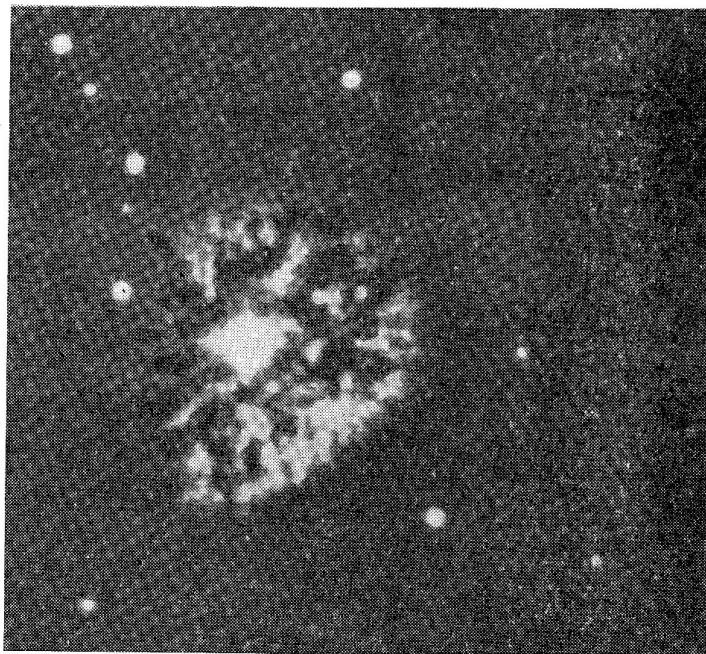
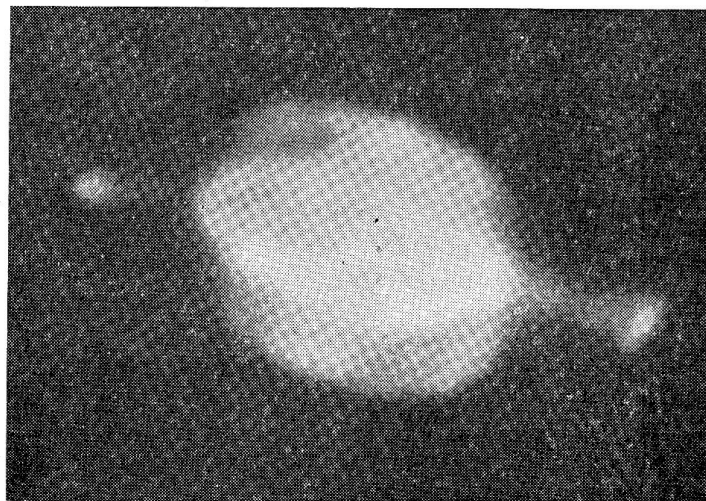
рого уравнения переноса излучения (тогда рассматривались лишь линейные задачи переноса) сводятся к некоторым простым, легко решаемым функциональным уравнениям.

Новый подход к решению 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, а в последние годы в работах бюраканских исследователей. В частности, 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 важные результаты по физике газовых туманностей были получены Э. Хабблом и 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. Выяснилось также, что в газовых туманностях создаются благоприятные условия для накопления атомов в метастабильных состояниях, в результате чего соответствующие спектральные линии достигают большой интенсивности.

Создавая теорию этого явления на основе расчета возбуждения и ионизации в газовых туманностях, С. Росселанд допустил ошибку при расчете заселенности метастабильных уровней атомов и ионов: полученные им оценки оказались верны, лишь когда условия таковы, что запрещенные линии не должны наблюдаться в туманностях. 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 Х. Занстра показало, что в этой области возникают существенно новые задачи теории переноса излучения. Здесь мы имеем дело с задачей одновременного взаимодействия материи с полями излучения на разных частотах.

Нам удалось найти адекватную этой задаче разрешимую схему и показать, что дело сводится к расчету двух полей излучения — лайман-альфа и лаймановского континуума — и что



Газовые туманности. Сверху вниз — планетарная туманность «Кольцо» в созвездии Лиры; планетарная туманность «Сатурн» в созвездии Водолея; туманность, образованная взрывом Новой Персея 1901 года (снимок сделан примерно через 50 лет после вспышки)

каждое из этих полей можно последовательно определить из условий и уравнений задачи.

Вместе с тем, хотя в стационарной туманности световое давление должно 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 невелико. Сейчас мы имеем многочисленные свидетельства в пользу того, что планетарные туманности расширяются и, удаляясь от центральной звезды, рассеиваются в окружающем пространстве.

Очевидно, планетарная туманность возникает из вещества, выброшенного из звезды. Уже давно установлено, что во время вспышек Новые звезды сбрасывают газовые расширяющиеся оболочки, которые видны вокруг этих звезд в течение десятков лет как маленькие туманности. Затем они рассеиваются в окружающем пространстве. Теперь стало ясно, что гораздо более массивные, более долгоживущие планетарные туманности тоже порождаются звездами.

Продолжительность жизни планетарных туманностей оценивалась примерно в 10^4 — 10^5 лет. Тем самым был сделан важный шаг в констатации быстротекущих явлений и нестационарных объектов в Галактике.

Следующий важный шаг — доказательство того, что открытые, или рассеянные, звездные скопления 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 жизни. 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 энергией. В результате отдельные звезды приобретают большую кинетическую энергию и безвозвратно покидают скопления. С течением времени должно «испариться» все скопление.

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

Здесь следует сказать, в какой обстановке были получены эти выводы. В тот период бла-

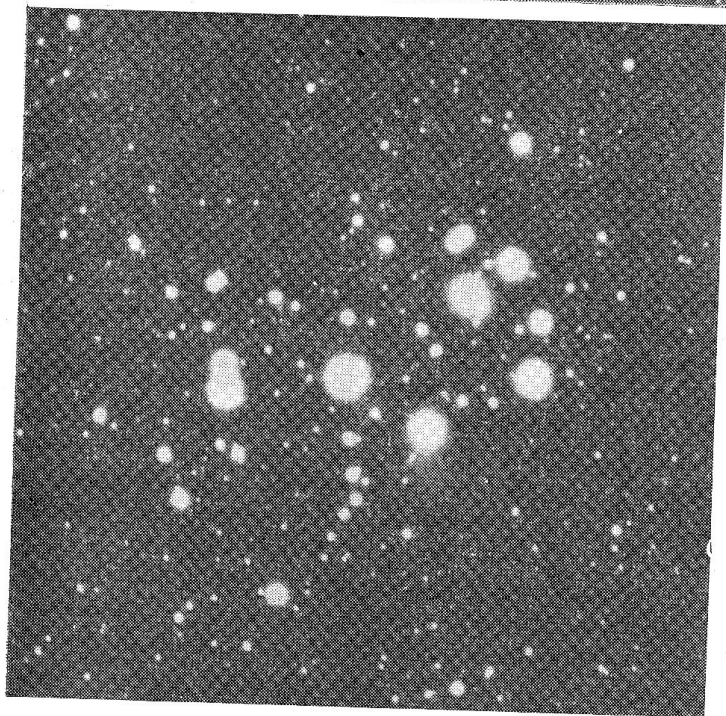
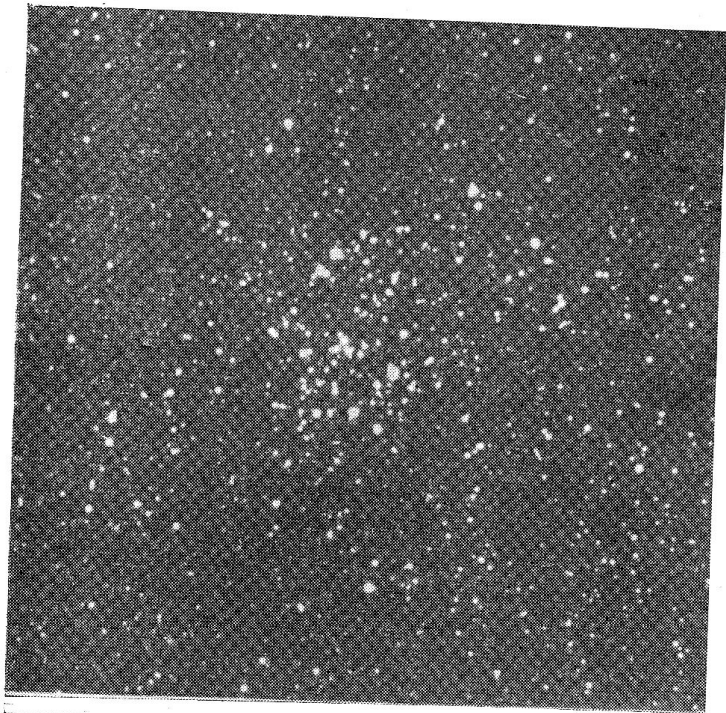
годаря работам, главным образом, Дж. Джинса считалась установленной так называемая «долгая шкала» эволюции звезд в нашей Галактике, согласно которой возраст звезд оценивался в 10^{13} лет. Предполагалось, что за такой срок звезды вследствие излучения постепенно теряют свою массу и именно в потере массы и заключается сущность их эволюции. Вместе с тем тогда уже было известно о расширении системы галактик (расширяющаяся Вселенная), поэтому возникла мысль, что возраст всей системы галактик не превосходит нескольких миллиардов лет, во всяком случае 10^{10} лет («короткая шкала» эволюции Вселенной). Некоторое время обе шкалы странным образом уживались. Парадоксальность ситуации заключалась в том, что системе более высокого порядка (Вселенной) приписывался меньший возраст, чем входящим в нее системам и телам низшего порядка (галактикам, звездам)!

Наши исследования показали, что открытые звездные скопления имеют «короткую шкалу» эволюции (это еще ничего не решало в отношении членов звездного поля и Галактики вообще). Но если бы оказалась справедливой «долгая шкала», то все звезды, наблюдаемых скоплений, например Плеяд, пришлось бы считать буквально только что возникшими. Оставалось лишь 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 к изучению распределения элементов орбит двойных звезд. И сразу нам стало ясно, что наблюдаемое распределение больших полуосей орбит широких звездных пар противоречит «долгой шкале» звездной эволюции. Я еще не успел опубликовать свои результаты, как в «Nature» появилась статья Джинса, который тоже изучал этот вопрос и пришел к выводу, что распределение эксцентриситетов известных орбит двойных звезд хорошо подтверждает «долгую шкалу». Легко было найти, в чем ошибка Джинса, и разгоревшаяся между нами полемика быстро закончилась.

Таким образом, исследование нестационарных процессов (в данном случае темпов установления равновесного распределения элементов орбит двойных звезд) доказало справедливость «короткой шкалы» звездной эволюции, и парадокс, о котором упоминалось, был устранен.

Неизбежен и другой вывод из работы по статистике широких звездных пар. В Галактике благодаря случайным встречам двойных звезд с одиночными происходит процесс разрушения широких пар. Появление таких пар при тройных сближениях практически невозможно. Таким образом, не оставалось сомнения в том, что компоненты каждой пары возникли одновременно.



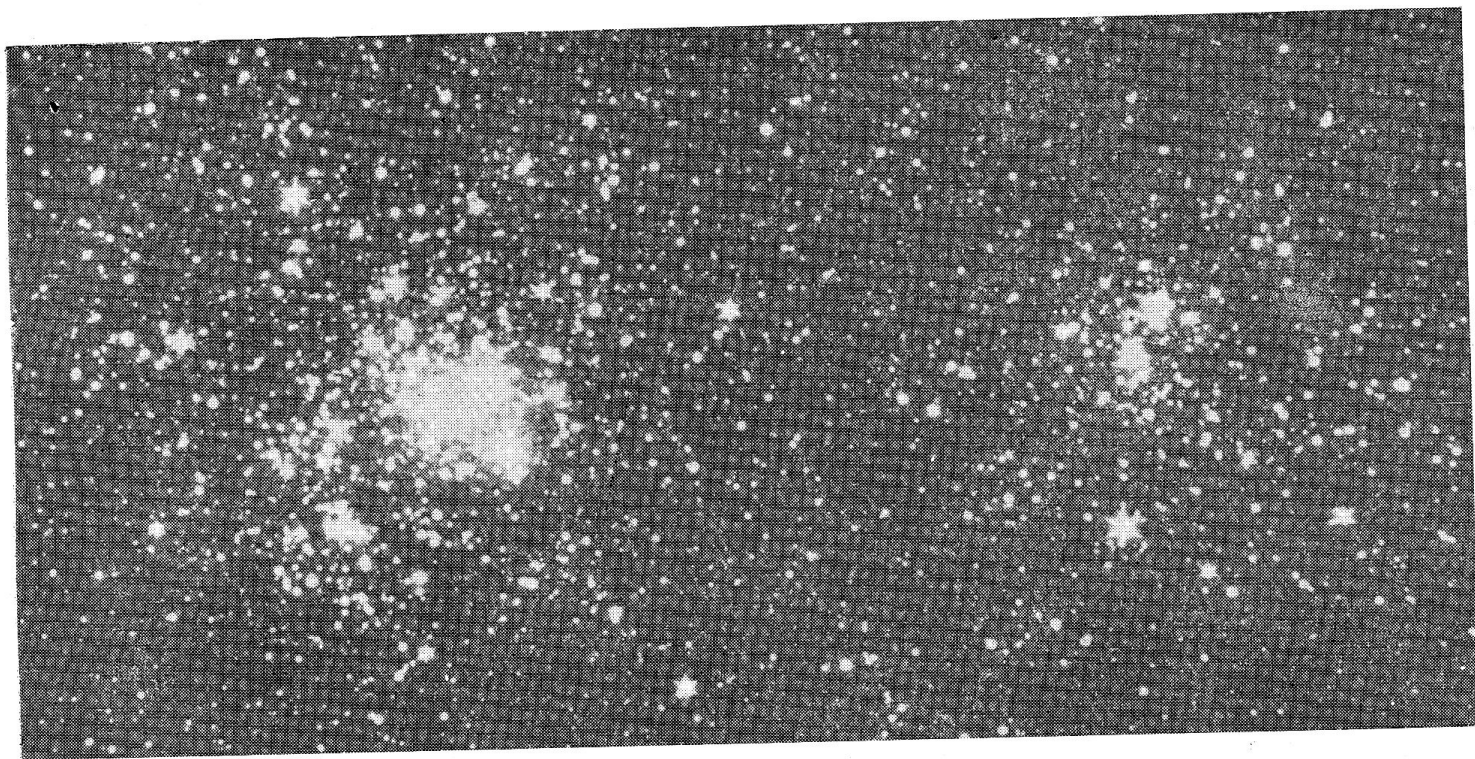
Рассеянные звездные скопления. Вверху — скопление в созвездии Единорога, внизу — Плеяды в созвездии Тельца

В 30-е годы ряд авторов на основании изучения звезд типа Р Лебедя 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 работы советских астрофизиков Н. А. Козырева о протяженных фотосферах у таких звезд и Б. А. Воронцова-Вельяминова о природе горячих звезд. Становилось очевидным, что на смену классическим умозрительным гипотезам об эволюции небесных тел приходят гипотезы, основанные на данных наблюдений и фактах, подкрепленных строгими теоретическими соображениями. Астрофизика все более становилась эволюционной наукой.

Несколько меньше внимания в то время обращали на другое обстоятельство: везде, где удавалось из наблюдений обнаружить эволюционные изменения, мы встречали процессы рассеяния, переходы от концентрированных состояний и систем к более разреженным. 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. Авторы таких схем и гипотез сторонились достаточно радикальных выводов о направлении эволюции космических систем, они искали новые варианты теории конденсации, в которых может появиться рассеяние, но уже как вторичный процесс — как следствие конденсации.

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

Изучение звездных ассоциаций показало, что они должны быть гораздо менее устойчивыми, чем скопления, а подчас и распадающимися. Действительно, голландскому астрофизику А. Блаау удалось обнаружить расширяющуюся ассоциацию в Персее. Другую группу быстро расходящихся звезд нашли в созвездии Ориона. Такие группы получили название систем с положительной энергией. Все происходит так, как если бы звезды данной ассоциации образовались внутри одного или нескольких малых объе-



Двойное звездное скопление η и χ Персея. Его относят к типу OB-ассоциаций

мов пространства, а затем стали удаляться от них со значительными скоростями — порядка нескольких километров в секунду (а иногда и свыше десяти). В одном случае такой скорости бывает достаточно, чтобы 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 уже говорилось. В первых двух случаях продолжительность жизни группировки составляет 10^7 лет или даже меньше. Как видно из сказанного, общее звездное поле непрерывно пополняется звездами, сформировавшимися в ассоциациях.

Не буду 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 радиальную экспансию из одной точки. Важно, что удалось сформулировать две истины: процесс звездообразования в Галактике продолжается в нашу эпоху; звезды, как правило, рождаются не поодиночке, а группами.

Итак, эволюционные процессы, относящиеся к звездам и их агрегатам, связаны с расшире-

нием и рассеянием, а формирование звезд происходит в каких-то малых объемах. Не оставалось ничего другого, как, отбросив предвзятые представления о сгущении рассеянного вещества в звезды, предложить основанную на прямой экстраполяции наблюдательных данных диаметрально противоположную гипотезу о том, что звезды возникают из плотного, скорее сверхплотного, вещества путем разделения (фрагментации) массивных дозвездных тел. Поскольку в ассоциациях наряду со звездами имеются диффузные газовые и пылевые туманности, пришлось также допустить, что при фрагментации дозвездных тел могут выделяться и потом рассеиваться значительные массы диффузного вещества. 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 результате анализа совокупности данных о кратных звездах нами был выделен класс неустойчивых кратных систем, получивших название систем типа Трапеции. Оказалось, что Трапеции встречаются в ассоциациях особенно часто и в тесной связи с диффузной материей. По всей видимости, возраст этих систем измеряется сроком порядка 1 млн лет. Само



Диффузная туманность в созвездии Ориона. Здесь находится знаменитая Трапеция Ориона — неустойчивая кратная система звезд

существование систем типа Трапеции 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 состояния вещества к рассеянному.

В 50-х годах продолжалось изучение Т-ассоциаций и их отдельных членов — звезд типа Т Тельца. Оказалось, что ряд явлений, наблюдаемых в их спектрах, свидетельствует о необычайно бурных процессах, происходящих во внешних слоях звезд. К их числу относится появление непрерывной эмиссии, вуалирующей линии поглощения. Вскоре к звездам типа Т Тельца были присоединены два новых класса объектов: вспыхивающие звезды, в частности звезды типа UV Кита, и объекты Хербига — Аро. Все они относятся к нестационарным молодым звездам.

Исследуя нестационарные звезды, мексиканский астроном Г. Аро показал, что при переходе от молодых звездных группировок — ассоциаций — к более поздним — классическим звездным скоплениям — вместо звезд типа Т Тельца появляются вспыхивающие звезды, которые обычно имеют постоянный блеск, но время от времени переживают вспышки, когда яркость звезды буквально за десятки секунд возрастает в несколько, а иногда и в сотни раз. Если звезда находится в стадии Т Тельца порядка 10^6 лет, то фазы вспышечной активности гораздо более длительны, и у звезд с малой массой могут продолжаться до 10^8 лет.

Недавно нам удалось найти способ оценки общего числа вспыхивающих звезд в каждом 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 оказывается фазой эволюции карликовых звезд, непосредственно следующей за стадией Т Тельца. Еще недавно считали вспыхивающие звезды относительно редкими объектами, но сейчас мы знаем, что вспыхивающих звезд в одном лишь скоплении Плеяд не меньше 700, а возможно, и 1000.

Нами была предложена гипотеза о том, что молодые звезды сохраняют в себе какое-то количество дозвездного вещества, которое время от времени дискретными порциями выносится во внешние слои звезды и даже в окружающее пространство. Именно из такой порции черпается энергия вспышки. Эта гипотеза оказалась очень плодотворной. Она позволила

предсказать ряд интересных явлений, в том числе разделение вспышек на два класса: «быстрые» и «медленные».

В середине 50-х годов мы перешли от изучения нестационарности в мире звезд к нестационарным явлениям в мире галактик, стремясь найти объекты, у которых ранняя фаза развития космического вещества может продолжаться достаточно долго.

Как мы показали, шкала времени эволюции для звезд, галактик и даже больших групп галактик одна и та же — порядка 10^{10} лет. Но, очевидно, 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 «молодых» объектов. Именно в мире галактик должны особенно часто наблюдаться бурные нестационарные процессы.

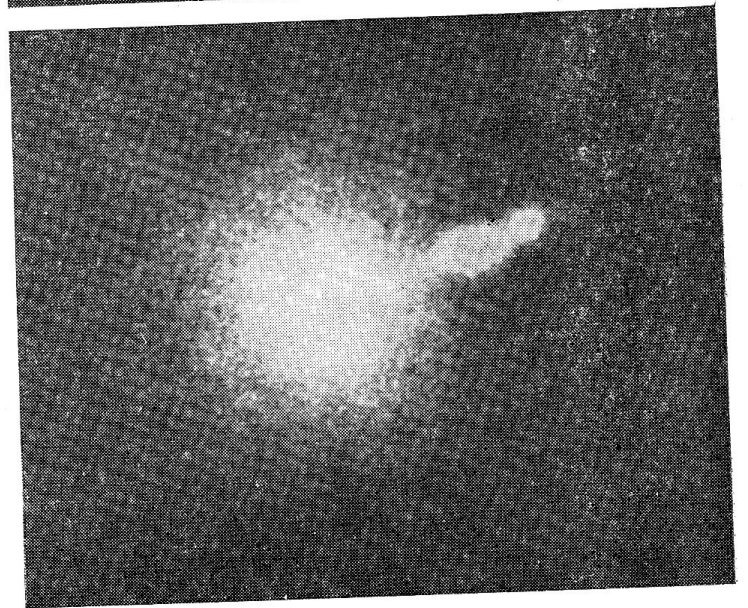
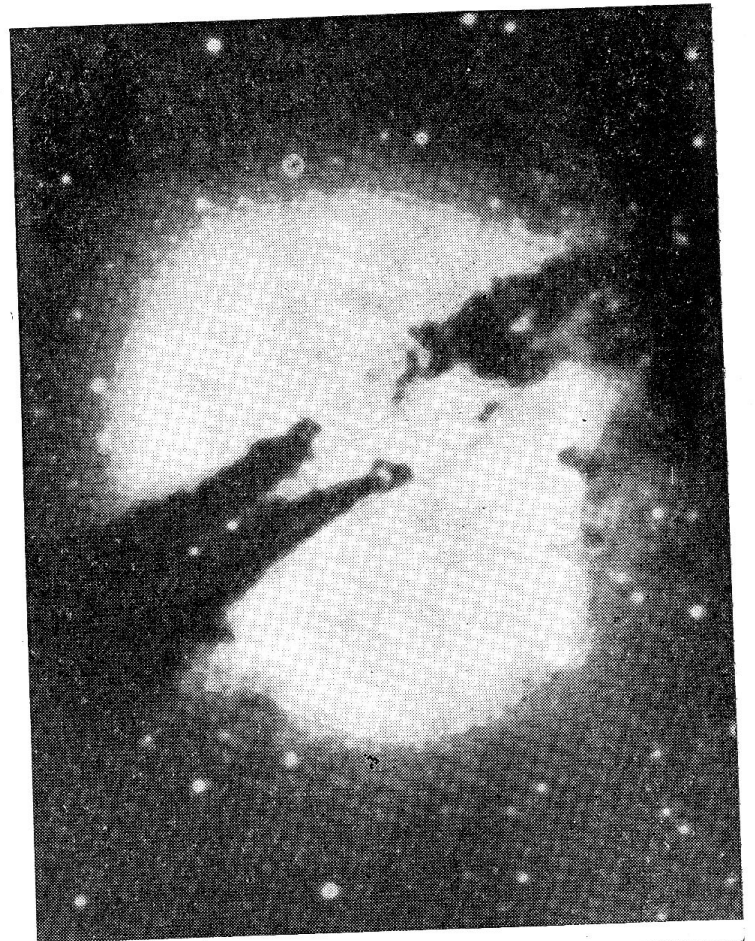
Уже к началу 50-х годов было известно, что лучевые скорости галактик, входящих в некоторые скопления, обладают гораздо большей дисперсией, чем это следовало из представлений о стационарности скоплений. Предположения о наличии в скоплениях значительных масс сильно ионизованного межгалактического газа были неспособны спасти гипотезу о стационарности скоплений. Нельзя было не считаться с тем, что хотя бы часть скоплений галактик находится в состоянии экспансии. Это не так уж удивительно, когда мы знаем с грандиозным явлением расширения всей системы галактик, включая их скопления. А так как большинство галактик входит в скопления, ожидать, что нестационарность в мире галактик встречается гораздо чаще, чем в мире звезд, вполне естественно.

В 1952 г. В. Бааде и Р. Минковский отождествили некоторые наблюдаемые космические радиоисточники с определенными галактиками — появился термин «радиогалактики». Авторы этого отождествления выдвинули гипотезу, что каждая радиогалактика — результат столкновения двух галактик. Предполагалось, что при их столкновении возникают огромные облака релятивистских электронов, которые и ответственны за радиоизлучение. На протяжении почти 10 лет эта гипотеза излагалась как единственно правдоподобная в учебниках и популярных статьях.

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 критиче-

ских явлений, возникающих вследствие внутреннего развития галактики. В 1955 г. стало ясно, что здесь мы имеем дело с последствиями гигантских взрывных процессов, происходящих в ядрах галактик.

Несколько лет после этого я и мои сотрудники изучали оптические изображения галактик

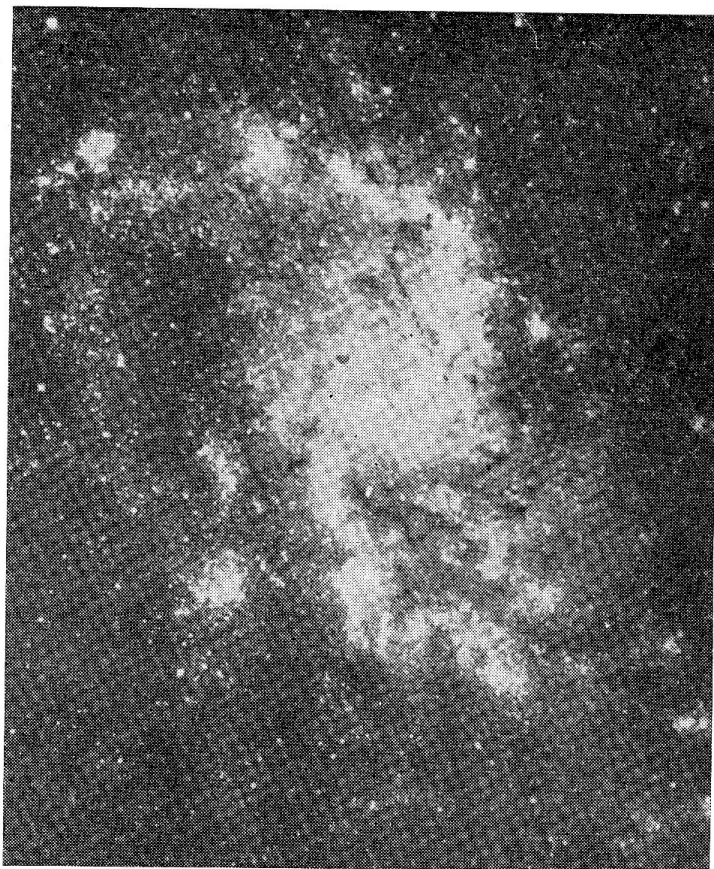


Галактики, с которыми отождествлены мощные космические радиоисточники Центавр А (вверху) и Дева А

тик главным образом по картам знаменитого Паломарского атласа и частично по снимкам, полученным на скромном 21-дюймовом телескопе Шмидта Бюраканской обсерватории. Нами были обнаружены голубые выбросы из ядер галактик и установлены факты, которые привели к рождению идеи о разнообразной активности ядер галактик. Может быть, небезынтересно напомнить, как участники Сольвейской конференции 1958 г. встретили эту идею: одни отнеслись к ней отрицательно, другие — холодно. Между тем идея активности ядер к тому времени уже была неизбежной для всех, кто серьезно изучал соответствующие наблюдательные данные. Но большинство астрофизиков еще не приняло в тот период идеи активности ядер, и по-прежнему появлялось много статей, иллюстрированных прекрасными фотоснимками, с бесконечным повторением версии о столкновении галактик. Даже значительно позже, когда в 1961 г. я в своем докладе на пленарном заседании съезда Международного астрономического союза в Беркли представил в подробно разработанном и в более радикальном виде идею об активности ядер галактик, многие астрономы еще не соглашались с ней. И только через два года после открытия квазаров, которые по существу оказались теми же ядрами, но более высокой светимости и активности, а также после обнаружения А. Сэндиджем и К. Линдсом взрыва в ядре галактики М 82, происшедшего 1,5 млн лет тому назад, все признали огромную роль активности ядер в развитии галактик. Идею об активности ядер как основного фактора эволюции галактик можно сформулировать так: каждая галактика образуется в результате активности своего ядра и выделившихся из него вторичных центров активности. Дальнейшая эволюция галактики протекает, главным образом, по законам взаимодействия и саморазвития звезд и туманностей при относительно слабом внешнем воздействии ядра.

Иногда разным подсистемам, возникающим в галактике, соответствуют разные формы активности ядра. В одном случае это взрывы, при которых выбрасываются значительные по массе плотные сгустки, в другом — истечение потоков газа, в третьем — выбрасывание облаков релятивистских частиц, в четвертом — длительное и, может быть, относительно более спокойное истечение спиральных рукавов.

Возникает вопрос: каков механизм этих различных форм активности? Ответить на него — значит понять происхождение галактик. Следует признать, что мы пока очень далеки от возможности дать ответ. И это естественно.



Гигантская спиральная галактика в созвездии Треугольника (М 33)

Уже тысячелетия человек собирает данные о звездах и еще не смог разгадать механизма их происхождения. Более того, живя на Земле, человек еще не смог понять, как возникла наша планета. Однако находятся смелые люди, которые уверяют, что им известно не только происхождение галактик, но и происхождение ядер галактик и квазаров! Мы не отрицаем огромной важности этих проблем. Но для их разрешения надо сперва накопить необходимые фактические данные и понять природу ядер галактик и квазаров. Поэтому мы не будем пытаться ответить на столь трудные вопросы.

Что представляют собой ядра галактик? Пока можно лишь сказать, что это сверхмассивные объекты. Можно утверждать и то, что ядра не просто большие, очень плотные звездные группы, подобные шаровым скоплениям, как думали еще четверть века назад почти все астрономы. Наблюдения ядра галактики М 33, проведенные группой М. Шварцшильда с помощью аппаратуры, установленной на баллоне, свидетельствуют о том, что диаметр ядра, возможно, значительно меньше 0,5 пс, а средняя плотность вещества по крайней мере в миллионы раз выше, чем в шаровых скоплениях. Не будем торопиться. Может быть, в XXI сто-

летию удастся понять подлинную природу ядер и квазаров, а еще позднее узнать, как они произошли.

Я позволю себе не 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 Бюраканской обсерватории открыто большое число галактик с аномально яркой ультрафиолетовой частью спектра. По имени их открывателя, академика АН АрмССР Б. Е. Маркаряна они получили название галактик Маркаряна. Оказалось, что ультрафиолетовым избытком обладают галактики с очень активными ядрами, во многом схожими с квазизвездными объектами, и галактики, содержащие много горячих звезд. Оба типа галактик примерно в равном количестве входят в списки Маркаряна и одинаково интересны для выяснения проблем эволюции галактик.

За последние два года число открытых галактик Маркаряна превзошло 500 и среди них все время обнаруживаются отдельные галактики, представляющие исключительный интерес. Благодаря работам Э. Е. Хачикяна и Д. В. Видмана, В. Сарджента, Х. Арпа, М. А. Аракеляна, Э. А. Дибая, В. Ф. Есипова и самого Б. Е. Маркаряна достигнуты большие успехи в подробном исследовании спектров галактик Маркаряна.

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) возникновении расширяющегося газового облака, выброшенного из ядра или, может быть, какого-нибудь вторичного центра и имеющего массу порядка двух-трех солнечных. Это явление истолковывается как выброс из ядра газовой массы, причем выброс происходит буквально на наших глазах. Можно ожидать следующих подобных выбросов из активных ядер галактик.

Открытие галактик Маркаряна — крупное научное достижение. Сейчас все больше астрономов у нас и за рубежом на самых крупных телескопах стремятся изучить природу этих объектов. Укажем также, что Маркарян включил в свои списки несколько открытых им квазаров. В частности, Маркарян-132 оказался чрезвычайно интересным квазизвездным объектом (оптическим квазаром). По своей абсолютной яркости в оптических лучах этот

квазар превосходит все известные в настоящее время, он ярче всех объектов Вселенной.

Астрономы хорошо знают о широко популяризуемой 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 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, выяснится из наблюдений. Для этого необходимы наблюдения с такой разрешающей силой, которая позволит подробнее исследовать поведение спиральных рукавов в околядерной области. Неожиданно большое значение в данном вопросе приобретают радионаблюдения. Недавно в Голландии был введен в действие новый мощный радиотелескоп, на котором возможны детальные исследования распределения радиояркости по диску галактик. Как установлено наблюдениями первых же спиральных галактик, синхротронное излучение, исходящее из обыкновенных спиральных галактик (не радиогалактик!), распределено по диску в форме выделяющихся из ядра спиральных рукавов, которые, однако, не совпадают с оптическими. По мнению профессора Я. Оорта, расположение и строение спиральных радиорукавов и их сравнение с расположением оптических рукавов в изученной им и его сотрудниками галактике NGC 4258 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 преобразовали астро-

* Л. С. Марочник, А. А. Сучков. Чем объясняется спиральная структура галактик. «Земля и Вселенная», № 1, 1971 г. (Прим. ред.)

физику 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.

В наших работах делалась попытка понять основное направление эволюционных процессов Вселенной. Факты свидетельствуют, и притом довольно настойчиво, в пользу развития от плотного к рассеянному. Такая точка зрения стала распространяться преимущественно во внегалактической астрономии, да и то главным образом лишь в последнее время. Она, как признают даже ее противники, оказалась продуктивной, поскольку удалось предвидеть ряд новых явлений.

Могут спросить: неужели, исходя из гипотезы о конденсациях и коллапсе, 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: после взрыва нормальной звезды, который мы наблюдаем как вспышку Сверхновой, на ее месте должна оставаться сверхплотная звезда. Открытие пульсара в Крабовидной туманности и данные о некоторых других пульсарах подтверждают правильность второй части этого предсказания — образование сверхплотного тела после вспышки Сверхновой. Однако подчеркиваем еще раз, что подтверждается лишь вторая часть указанного предсказания. Но был ли вспыхнувший объект нормальной звездой, центральная часть которой сжалась в сверхплотную звезду? На этот вопрос пока нет ответа.

Мы считаем возможным, что объект до вспышки тоже был сверхплотным. Тогда вспышка — это лишь процесс перехода между двумя состояниями сверхплотного тела, связанный с выбросом значительной массы. Не исключено также, что здесь может происходить фрагментация сверхплотного тела. Такая гипотеза еще 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, дело решат дальнейшие исследования.

Астрономия — наука наблюдательная. Имея дело с удаленными объектами, она стремится к тому, чтобы выявляемые ею факты были установлены как можно более достоверно, а вы-

полняемые 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, 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 справедлив лишь один из этих подходов. Для раскрытия тайн природы надо использовать и тот и другой. Опыт показывает, что пути 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 остаются наблюдения. В них залог новых успехов. Только так, 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.