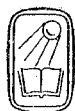


В. Н. КОМАРОВ

Увлекательная астрономия



ИЗДАТЕЛЬСТВО «НАУКА»
ГЛАВНАЯ РЕДАКЦИЯ
ФИЗИКО-МАТЕМАТИЧЕСКОЙ ЛИТЕРАТУРЫ
МОСКВА 1968

52
К 63
УДК 520

Комаров В. Н.

К-63

Увлекательная астрономия. М., «Наука», 1968, 432 с.

Книга в увлекательной форме рассказывает об актуальных вопросах современной астрономии: жизни на других планетах, загадке сверхзвезд, новых состояниях вещества, атмосферных астрономических исследованиях и многих других проблемах.

2-6-1
156-68

52

Виктор Носвич Комаров

Увлекательная астрономия

М., 1968 г., 432 стр. с илл.

Редактор Г. С. Куликов

Техн. редактор А. А. Благовещенская

Корректор Н. Я. Кришталъ

Сдано в набор 12/III 1968 г. Подписано к печати 2/IV 1968 г. Бумага 84×108¹/₃₂.
Физ. печ. л. 13,5. Условн. печ. л. 22,68. Уч.-изд. л. 22,57. Тираж 100 000 экз.
Т-09870. Цена книги 89 к. Заказ № 1180.

Издательство «Наука»

Главная редакция физико-математической литературы.

Москва, В-71, Ленинский проспект, 15.

Ленинградская типография № 2 имени Евгении Соколовой Главполиграфпрома
Комитета по печати при Совете Министров СССР, Измайловский проспект, 29.

2-6-1
156-68

ОГЛАВЛЕНИЕ

Астрономия сегодня (вместо предисловия)	5
Глава 1. Вестники далеких миров	13
Небесные тела — далеко	13
Носители информации	15
Телескоп — оружие астронома	17
Глаз отступает	24
Космический детектив	28
Говорит Вселенная	31
Земля — Космос — Земля	40
Астрономия невидимого	43
Нейтринная астрономия	52
Из глубин Вселенной	58
Еще одно оружие	64
Враг номер один	70
За пределами атмосферы	72
Глава 2. Космос — Земля	77
Человек и Вселенная	77
Проблема «Солнце — Земля»	80
Дыхание планеты	87
Космос и мы	93
За решением — в космос	100
Космическая эра	108
Человек в космосе	114
Глава 3. Мы из солнечной системы	121
Семья Солнца	121
Наше ночное светило	131
Загадки Луны	138
Внимание! Радирует Луна!	146
Астрономы близки к истине	151
Рождение спутника	157
Если бы Луны не было	161
Чтобы не заблудиться на Луне	163
За облачной пеленой	166
«Венера 4» на Венере	174
Наше дневное светило	177
Солнечный ветер	179
Ореол Земли	183

Глава 4. Загадки Земли	189
Загадка великих оледенений	189
Почему вымерли гигантские ящеры?	194
Великая сибирская загадка	204
Тайна далекого прошлого	215
Глава 5. Космос на Земле	220
В мире космических энергий	220
Небесные тела на Земле	222
На службе — взрыв	227
Гипотезы, родившиеся в лабораториях	231
Глава 6. Вселенная	236
Модели Вселенной	236
Вчерашний день Метагалактики	240
Таинственная гравитация	247
От Кеплера до Ньютона	248
От Ньютона до Эйнштейна	252
Есть ли «конец» у Вселенной?	258
Бесконечна ли бесконечность?	262
Существует ли бесконечность?	269
Глава 7. Вселенная и жизнь	271
Условия жизни	271
Пояс жизни	280
Таинственный Марс	286
Разум в космосе	296
Жизнь и природа	303
Глава 8. В поисках внеземных цивилизаций	307
Мы не одни	307
Прилетали ли на Землю гости из космоса?	314
Где вы, братья по разуму?	321
Искусственные или естественные?	330
Поймем ли мы друг друга?	339
Через просторы Вселенной	344
Радио или ...?	347
Другие пути	349
Обмен информацией	357
Глава 9. В мире галактик	365
Ядра галактик и радиогалактики	365
Загадка сверхзвезд	370
Квазары и радиогалактики	376
Квазары и не звездная материя	383
Существуют ли микровселенные?	386
Глава 10. Вселенная и атомы	390
В лаборатории космоса	390
Вакуум, пространство, время	397
Микро- и мега-	405
Вселенная и кварки	410
В глубины материи	416
Быстрее света	421
Каждый может стать астрономом (вместо заключения)	429

Астрономия сегодня

(Вместо предисловия)

Астрономия! Наука о небесных телах, о Вселенной. Эта область человеческого знания никогда не испытывала недостатка в горячих приверженцах. Среди любителей астрономии можно найти представителей буквально всех профессий, этой науке, можно смело сказать, «все возрасты покорны».

И не случайно. Тайны Вселенной властно влекут к себе человека. К тому есть немало причин. И прежде всего, это извечная любознательность людей, стремление к неизведанному. Почти каждый человек в душе путешественник. Быть может, это объясняется тем, что путешественниками мы становимся уже со дня своего рождения. Вместе с Землей и Солнцем, ни на секунду не останавливаясь, с огромной скоростью мы несемся в мировом пространстве, преодолевая в течение своей жизни колоссальные расстояния.

Но собственные передвижения человека до последнего времени были ограничены пределами Земли. Конечно, и сама наша планета представляет немалый интерес для исследователя. И по сегодняшний день она хранит еще немало загадок и тайн, над решением которых людям предстоит еще потрудиться. И все же загадки Земли не могут идти ни в какое сравнение с космическими тайнами.

Космос беспределен и потому бесконечно разнообразен. Здесь исследователя всегда ждут увлекательные открытия, неизвестные явления — ждет неведомое.

На первых порах астрономия была чисто практической наукой. Небесные светила указывали дорогу мореплавателям, помогали людям измерять время, составлять

календаря. Однако любая наука, каким бы утилитарным целям она ни служила, обладает своей собственной внутренней логикой развития, своим, если можно так выразиться, «индивидуальным характером». Не составила исключения из этого правила и астрономия. Наряду с задачами, имеющими непосредственные практические приложения, ученые стали интересоваться проблемами, казалось бы, весьма далекими от насущных потребностей человечества. Строение звезд, природа космических миров, происхождение и эволюция небесных тел, физические процессы, протекающие в удаленных уголках Вселенной... И постепенно в глазах многих астрономия превратилась в науку, оторванную от реальной действительности, в науку, которой могут заниматься лишь неисправимые мечтатели.

Но так только казалось. Пришло время, и многолетние усилия астрономов принесли, наконец, тот практический эффект, о котором никогда не забывали исследователи Вселенной.

Произошла переоценка ценностей. Многие традиционные практические приложения астрономии постепенно отошли на второй план. Они уступили свое место новым, более совершенным методам, основанным на применении достижений новейшей техники. Так, например, едва ли не самым древним применением астрономии было определение местоположения наблюдателя по небесным светилам. Но в наше время на смену астрономическим наблюдениям морской и авиационной навигации пришла гораздо более удобная система радионавигации.

В основе этой системы в конечном счете также лежат астрономические наблюдения. Ведь координаты самих радиомаяков определяются астрономическими способами, которые и до сегодняшнего дня продолжают оставаться самыми точными.

Возможны также ситуации, при которых астрономические способы ориентирования и в наше время оказываются предпочтительными и даже незаменимыми. И все же это уже вчерашний день астрономии.

Правда, справедливость требует отметить, что с развитием космических полетов астронавигация переживает как бы вторую молодость. Появился целый ряд практических задач, решение которых требует наблюдения небесных светил. Такова, например, задача ориентирова-

ния космического аппарата в пространстве. В настоящее время оно осуществляется с помощью специальной аппаратуры по наблюдениям Солнца и определенных «опорных» звезд. Можно предвидеть, что по мере того как космические корабли, в особенности корабли с экипажем, станут удаляться на все большие расстояния от Земли, методы космической астронавигации будут приобретать все большее значение. Однако это уже совсем особая область, мало похожая на обычную астрономическую навигацию. Судовые и авиационные штурманы вели наблюдения неба, чтобы проложить правильный путь по Земле. Космическим же штурманам наблюдения небесных светил будут нужны для того, чтобы найти дорогу среди самих этих светил.

С развитием науки и техники на второй план отошли и некоторые другие практические применения астрономии.

Астрономические способы отсчета промежутков времени не смогли соперничать по точности с радиотехническими и атомными часами.

На помощь геодезистам пришли искусственные спутники Земли.

Зато в связи с космическими полетами получила дальнейшее развитие служба Солнца. В ее задачи теперь входит не только предсказание таких земных явлений, как магнитные бури и нарушения радиосвязи, но и прогноз физических условий вдоль трасс космических кораблей — предсказание «физической погоды» в космосе.

Но все это, если можно так выразиться, внешние времена. Главное же заключается в том, что современная астрономия из науки описательной превратилась в науку о причинах явлений.

Эта знаменательная перемена произошла около 50 лет назад. Если до того исследователи Вселенной интересовались главным образом изучением положений и движений небесных тел, то с этого времени основой астрономии стало изучение физических процессов, протекающих в космосе, изучение физической картины мира. Все остальные разделы астрономии стали играть в известной степени подсобную роль. В наши дни процесс зашел так далеко, что слово «астрофизика» стало едва ли не равнозначным слову «астрономия».

Развитие знаний о законах природы, о строении материи, овладение новыми силами и новыми источниками энергии — вот куда сместился центр тяжести современных астрономических исследований и их практических приложений.

Один крупный советский ученый весьма образно сравнил процесс научного познания природы с уличным боем. В сражении за многоэтажный дом особенно трудно осуществить прорыв на очередной этаж. Но как только такой прорыв совершен, атакующие быстро растекаются по этажу, то тут, то там завязывая бои, а в образовавшуюся брешь устремляются все новые и новые силы. Так и в развитии науки бывают этапы, которые знаменуют собой прорыв на новый этаж, в новую область. Подобные периоды необычайно плодотворны — открытия следуют одно за другим, проблемы, казавшиеся чрезвычайно трудными, находят самые неожиданные решения, быстро растет число практических применений. Не так давно, на наших глазах, подобный прорыв в мир атома, а затем в мир полупроводников совершила физика. Бои за эти «этажи» еще продолжаются, но они в короткий срок уже принесли человечеству множество выдающихся открытий.

В настоящее время не менее знаменательный период в своем развитии переживает астрономия — наука о небесных телах, о строении Вселенной.

Между прочим, это уже третья по счету революция, происходящая в астрономии. Первая из них относится к началу XVII столетия, когда благодаря Галилею на помощь глазу астронома-наблюдателя пришел телескоп.

Началом второй революции в астрономии можно считать середину текущего столетия. Именно в этот период астрономия, которая прежде добывала все сведения исключительно благодаря исследованию светового излучения небесных тел, приступила к изучению других космических — электромагнитных и корпускулярных излучений. Из науки «оптической» она стала, если можно так выразиться, наукой «универсальной».

Наконец, третья революция в области изучения Вселенной, происходящая на наших глазах, связана с тем, что современное естествознание достигло такого уровня развития, когда во все возрастающей степени становится

необходимым получение самых разнообразных сведений из космоса.

В «космической» информации нуждаются многие ведущие отрасли знания и в первую очередь физика, математика, химия, биология. Это обстоятельство значительно увеличило интерес к космическим исследованиям и, в конечном счете, вызвало к жизни новые мощные средства изучения Вселенной.

Сегодня на вооружении астрономов не только оптические телескопы, но и радиотехника, электроника, автоматика, кибернетика, точнейшая измерительная аппаратура и электронно-вычислительные машины. Им служат также космические ракеты, искусственные спутники Земли и автоматические межпланетные станции, способные доставлять разнообразные приборы в различные точки космоса и на поверхность других небесных тел. В изучении космических явлений принимают самое непосредственное участие и физики, и химики, и математики, и биологи. Астрономия становится одной из самых всеобъемлющих наук о природе.

Небывалое по масштабам «наступление на Вселенную», развернувшееся в последние десятилетия, привело к целому ряду открытий, имеющих принципиальное значение. И прежде всего, это удивительные открытия в мире звезд и галактик, обнаружение новых состояний вещества и не известных ранее объектов, выделяющих огромные количества энергии. Эти открытия не только познакомили нас с новыми явлениями, но и заставили пересмотреть ряд представлений о строении Вселенной и происходящих в ней процессах. Не исключена возможность, что новые данные, о которых идет речь, в конечном счете вызовут коренные изменения установившихся взглядов по наиболее фундаментальным проблемам строения материи — революцию, подобную той, которая произошла в физике на рубеже XIX и XX столетий.

То, что изучение Вселенной привело к подобным результатам, нельзя считать неожиданностью. Рано или поздно это должно было случиться. Ведь Вселенная — гигантская неисчерпаемая лаборатория, созданная природой. Лаборатория, в которой мы можем наблюдать такие процессы, такие превращения материи, такие энергетические явления, которые нам еще не известны и которые

мы не имеем возможности воспроизвести искусственным путем в стенах земных физических лабораторий.

До недавнего времени человек был прикован к поверхности своей планеты. Но, по существу, обитатели Земли всегда являлись гражданами Вселенной. И это утверждение надо понимать не в фигуральном, а в буквальном смысле слова. Земля — часть космоса. Тысячами нитей она связана с явлениями и процессами, протекающими в различных областях Вселенной. Все более глубокое раскрытие этих связей представляет одну из важнейших задач современной науки.

Если Земля — дом человека, то нашу солнечную систему можно сравнить с районом, Галактику — с городом, а космос — со страной, в которой мы живем. Человек начал обживать космос, и астрономические исследования играют в этом процессе роль передовой разведки. Современная астрономия — одна из самых увлекательнейших естественных наук. В самом деле, где еще можно встретиться с таким разнообразием процессов, столкнуться с явлениями, длящимися ничтожные доли секунды и многие миллиарды лет, увидеть и узнать то, что происходило миллиарды лет назад, и заглянуть в таинственные дали на миллиарды миллиардов километров?

Вот почему современного астронома можно с полным правом назвать путешественником в пространстве и во времени, исследователем страны неведомого.

«Было бы ошибочным думать, — заметил в одном из своих выступлений академик В. А. Амбарцумян, — что мы уже знаем все об окружающем нас мире. Мир устроен совсем не так просто, как нам хочется. Он бесконечно разнообразен, и поэтому на каждом этапе развития науки наши знания представляют собой лишь определенную степень приближения к истинной его картине. Но всякий раз новые наблюдения расширяют эти представления. Так было и так будет всегда...»

Всякое научное исследование увлекательно уже само по себе. И дело даже не только в том, что новые открытия обычно создают возможности заманчивых практических приложений. Любое научное открытие — всегда встреча с неведомым. Совершая открытие, ученый первым узнает то, что до него не было известно никому.

Пожалуй, астрономия предоставляет в этом смысле больше возможностей, чем любая другая наука. Когда

физик, химик или биолог исследует какое-либо явление или ставит какой-нибудь эксперимент, он в большинстве случаев хотя бы в общих чертах заранее представляет, с чем имеет дело. В астрономии же обычно все начинается с того, что обнаруживается совершенно новое явление, новый объект, неизвестный ранее процесс. А так как благодаря бесконечному разнообразию Вселенной подобные события происходят довольно часто, то наука о небесных телах, вероятно, богаче новыми проблемами, чем любая другая область современного естествознания.

В то же время нет, пожалуй, другой науки, в которой было бы столько загадок, столько вопросов, на которые еще предстоит дать ответ.

А ведь именно нерешенное и есть самое интересное, самое увлекательное.

Но, разумеется, увлекательность научного исследования — не только в разгадке всевозможных «ребусов» и «шарад», которые предлагает ученому природа...

Поскольку наша книга называется «Увлекательной астрономией», мы попытаемся выяснить, в чем именно состоит увлекательность процесса познания окружающего нас мира.

Конечно, многое зависит от вкусов и наклонностей. Одного привлекают наблюдения, другого математические подсчеты, третьему самым интересным кажется обработка материалов наблюдений. И все же в любом научном исследовании есть такие моменты, которые не могут оставить равнодушным каждого, кто хотя бы в какой-то степени соприкасается с наукой.

Прежде всего, это возможность выявить неизвестные ранее, более глубокие причины тех или иных явлений, обнаружить неожиданные связи между процессами, казалось бы, не имеющими друг к другу никакого отношения.

Весьма волнующим моментом всякого научного исследования является постановка новых проблем. На первый взгляд, в подобных событиях нет ничего замечательного: ведь легче всего придумывать вопросы. Однако в действительности правильно сформулировать новую проблему — это, как справедливо полагают многие ученые, уже половина дела.

Не менее увлекательны и поиски путей к решению сложных задач. Иногда к ним не видно даже подхода.

Но весь опыт развития науки показывает, что коль скоро возникла та или иная проблема, обязательно найдутся и способы ее решения.

Вообще преодоление всякого рода трудностей и препятствий, встающих на пути исследователя, уже само по себе увлекательно, как всякая борьба. И чем сложнее эта борьба, тем желаннее и радостнее победа. Трудности встречаются в любой науке, а в астрономии ими «хоть пруд пруди». Огромные расстояния, колоссальная протяженность космических процессов в пространстве и во времени требуют особых усилий и особой изобретательности со стороны ученых.

И, наконец, еще одно: изучение Вселенной постоянно таит в себе возможность совершенно неожиданных сюрпризов, открытий, которые нельзя было предвидеть заранее.

Наша книга называется «Увлекательная астрономия». Может быть, вы найдете на ее страницах не так уж много ошеломляющих сравнений и сообщений об удивительных диковинках природы, которые обычно можно встретить в книгах, посвященных «занимательной науке». Не ищите в ней и сколько-нибудь последовательного популярного изложения всех разделов современной астрономии.

У книги другая задача: в ней будет рассказано о животрепещущих проблемах астрономической науки, вокруг которых бьет ключом современная научная мысль, о поисках новых путей в изучении Вселенной, о выяснении новых, неизвестных ранее закономерностей космических процессов, о раскрытии удивительных связей и зависимостей между земными и космическими явлениями.

В связи с тем, что настоящая книга посвящена актуальным проблемам астрономии, которые настойчиво изучаются, читатель должен иметь в виду одно обстоятельство. Иногда поступление некоторых новых данных происходит настолько быстрыми темпами, что у автора и издательства нет технической возможности успеть осветить их в процессе выхода книги.

Вестники далеких миров

Небесные тела — далеко

Прежде чем познакомиться с работой астрономов, совершим небольшую экскурсию в физическую лабораторию.

Мы в просторном помещении с многочисленными столами, уставленными разнообразными приборами и аппаратурой. Вот один из сотрудников занимается изучением свойств какого-то нового сплава. Он помещает образцы в различные измерительные приборы, нагревает их и охлаждает, пропускает через них электрический ток, воздействует магнитными полями, подвергает удару и растяжению. Другими словами, физик вызывает всевозможные изменения изучаемого объекта и наблюдает их последствия. В результате постепенно вырисовывается картина физических свойств нового вещества.

Примерно то же самое мы увидели бы в химической и биологической лабораториях. И здесь объект исследования, как правило, находится в непосредственном распоряжении ученого.

Иное дело астрономия. Среди всех небесных тел одни только метеориты могут быть подвергнуты лабораторному исследованию. Все остальные объекты, интересующие астрономов, расположены на огромных расстояниях от Земли...

В обычной жизни мы видим все события в тот самый момент, когда они совершаются в действительности. И даже тогда, когда, находясь в Москве, мы смотрим телевизионную передачу из далекого Владивостока, которая транслируется через искусственный спутник Земли, события в дальневосточной студии и на экране происходят фактически одновременно. Никакого запаздывания

в поступлении сигналов практически не наблюдается.

Это и понятно, если вспомнить, что электромагнитные волны, несущие телевизионное изображение, распространяются с колоссальной скоростью — около 300 000 км/сек. Такая скорость позволяет им мгновенно преодолевать любые земные расстояния.

Иное дело расстояния космические. Для их преодоления даже такому стремительному гонцу, как световой луч, требуются весьма ощутимые промежутки времени. Уже от Луны, ближайшего небесного тела, свет идет к нам больше секунды, а от Солнца — восемь минут восемнадцать секунд. Для того чтобы пробежать расстояние от Солнца до самой далекой планеты солнечной системы — Плутона, световая волна затрачивает $5\frac{1}{2}$ часов, а ближайшей звезды Проксимы Центавра она достигнет только через $4\frac{1}{4}$ года.

Но любой предмет мы видим только тогда, когда свет, излученный им или отраженный его поверхностью, попадает в наш глаз. Следовательно, Луну мы видим такой, какой она была секунду тому назад, Солнце — каким оно было 8 минут 18 секунд, а Проксиму Центавра — какой она была $4\frac{1}{4}$ года тому назад. Таким образом, световой год — это не только единица длины, но и своеобразная единица времени.

Направив свой взор на небо, мы заглядываем в прошлое Вселенной, и каждая звезда, которую мы наблюдаем, — это как бы одна из страниц истории... Вот, например, хорошо знакомая всем путеводная Полярная звезда, расположенная над Северным полюсом нашей планеты. Она находится на расстоянии 460 световых лет. Это значит, что свет, который сегодня пришел на Землю от Полярной звезды, начал свой путь 460 лет назад. Если бы эта звезда по какой-то причине перестала существовать, то люди, живущие на Земле, продолжали бы видеть эту фактически уже несуществующую звезду еще на протяжении последующих 460 лет. И только по истечении этого времени они увидели бы то, что случилось с Полярной в наши дни. Точно так же наблюдатель, который находился бы в данную минуту в районе Полярной звезды, видел бы нашу Землю такой, какой она была в начале XVI столетия, т. е. еще до открытия Коперником гелиоцентрической системы мира.

Итак, планеты, звезды, звездные миры мы видим в прошлом. Это, между прочим, единственный в нашей жизни случай, когда своими собственными глазами мы можем непосредственно наблюдать события давным-давно минувших времен.

Различные космические тела мы видим в разном прошлом. И Полярная звезда отнюдь не рекордсмен. Уже в пределах нашего звездного острова, нашей Галактики, существуют звезды, удаленные от Земли на десятки тысяч световых лет. Изучая другие звездные миры, другие галактики, мы проникаем в еще более отдаленное прошлое. Знаменитая «туманность Андромеды» — одна из ближайших к нам галактик — находится на расстоянии около двух миллионов световых лет. А в последние годы обнаружены объекты, удаленные от солнечной системы на 7—8 миллиардов световых лет.

Итак, небесные тела расположены на огромных расстояниях от нашей планеты, вдалеке от земных лабораторий. И уже по одному этому (хотя и не только по этому) для изучения космических объектов необходимы особые способы, особые методы исследования. Не располагая такими методами, мы мало что смогли бы узнать о небесных телах.

Поэтому наш рассказ о наиболее интересных вопросах современной астрономии мы начнем именно с методов.

Носители информации

У древнегреческого философа Платона есть любопытное рассуждение. Человечество приковано на цепь внутри глубокой пещеры. Люди ничего не знают о том, что происходит снаружи. Они могут судить о внешнем мире лишь по теням, которые отбрасывают его предметы в лучах Солнца на заднюю стену. А эти тени способны дать лишь самое смутное, поверхностное представление о реальных событиях.

Платону подобное рассуждение понадобилось для того, чтобы проиллюстрировать свою мысль о том, что человек будто бы не способен проникнуть в сущность явлений. Но оно невольно возникает в памяти, когда речь заходит об изучении звезд и других далеких небесных тел. Наблюдая небо, мы видим лишь неподвижные

светящиеся точки — «тени» далеких космических объектов. И на первый взгляд может показаться, что в лучшем случае человек способен выяснить лишь чисто внешнюю сторону тех или иных космических процессов и явлений. Недаром известный философ Огюст Конт, живший в XIX столетии, т. е. через много веков после Платона, утверждал, что человек никогда не сможет узнать, например, химического состава звезд.

И Платон, и Конт были идеалистами. Они считали, что окружающий нас мир непознаваем. Однако развитие естествознания показало, что научному исследованию доступны не только явления, происходящие непосредственно вокруг нас, но и то, что совершается в далеких уголках Вселенной. Оказалось, что большие расстояния отнюдь не могут служить непреодолимым препятствием для научного познания...

Но вечерам многие из нас занимают привычное место у экранов телевизоров. Начинается очередная передача. Голубой экран способен перенести зрителей в различные города и страны, дать возможность непосредственно своими глазами увидеть события, происходящие в разных уголках планеты. В это время нас часто отделяют от передающих станций сотни, а то и тысячи километров. Но наши телевизионные приемники связывают с этими станциями невидимые электромагнитные волны. В специально преобразованном, как говорят физики, закодированном виде, они несут с собой «видео-сигналы» и звуковое сопровождение: голос диктора, музыку, пение. В приемнике этот условный код вновь превращается в звук и изображение на экране, и мы видим и слышим то, что происходит на значительном расстоянии.

Таким образом, электромагнитные волны могут быть носителями определенной информации: телеграфных сигналов азбуки Морзе, голоса человека, музыки, команд управления на расстоянии приборами и механизмами или сообщений о показаниях измерительной аппаратуры, как это, например, имеет место при передаче научных сведений с искусственных спутников Земли и автоматических межпланетных станций. Сообщения, предназначенные для передачи, зашифровываются с помощью специального условного кода и поступают на передающую станцию.

Но вложить информацию в электромагнитное излучение может не только человек — это сплошь и рядом делает сама природа. Космические тела являются источниками всевозможных электромагнитных волн. Свойства этих волн тесно связаны с источниками излучения, с их природой и физическим состоянием, с протекающими на них процессами.

Однако для того, чтобы воспользоваться этой богатейшей информацией, необходимо, во-первых, уловить и зарегистрировать интересующее нас космическое излучение, а во-вторых, разгадать тот код, с помощью которого природа зашифровала свои тайны...

Телескоп — оружие астронома

Итак, первая задача — уловить излучение небесных тел и прежде всего световое.

В какой-то мере эту задачу способен выполнить наш глаз. Глаз человека — великолепный оптический прибор, созданный природой. С помощью зрения человек воспринимает около 80—85% всей внешней информации. Академик С. И. Вавилов пришел к выводу, что глаз человека способен улавливать ничтожные порции света — всего около десятка фотонов. С другой стороны, глаз может выдерживать воздействие мощных световых потоков, например, от Солнца, прожектора или электрической дуги. Кроме того, человеческий глаз представляет собой весьма совершенную широкоугольную оптическую систему с большим полем зрения. Тем не менее, у глаза с точки зрения требований астрономических наблюдений имеются и весьма существенные недостатки. Главный из них состоит в том, что он собирает слишком мало света. Поэтому, глядя на небо невооруженным глазом, мы видим далеко не все. Мы различаем, например, всего немногим более двух тысяч звезд, в то время как их там миллиарды миллиардов.

Поэтому в астрономии произошла настоящая революция, когда на помощь глазу пришел телескоп.

Первые зрительные трубы были созданы в самом начале XVII столетия. Уже в 1609 г. Галилео Галилей направил такую трубу на небо. Он сделал целый ряд выдающихся открытий и положил начало телескопическим наблюдениям Вселенной.

Телескоп — это инструмент, собирающий свет далеких небесных тел. Чем больше площадь объектива, тем большее количество света он собирает. Даже простейший телескоп Галилея собирал света в 144 раза больше, чем глаз человека, а крупнейший до настоящего времени телескоп современности — пятиметровый рефлектор на

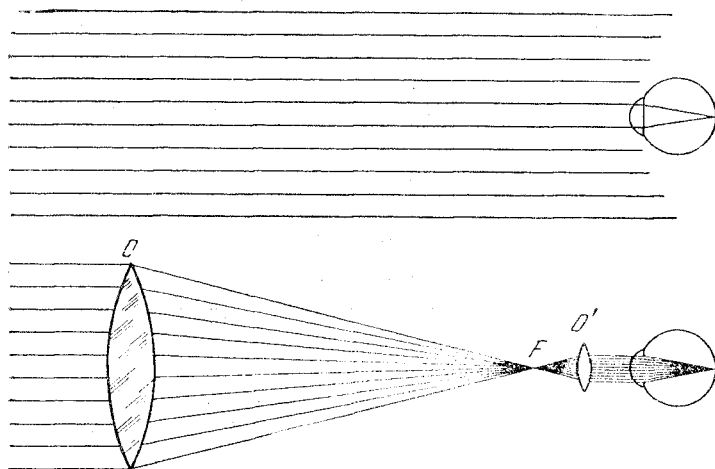


Рис. 1. Собирательная способность телескопа в сравнении со зрачком человеческого глаза (на верхнем рисунке: из всего потока лучей в глаз попадает только узкий пучок, на нижнем рисунке: все лучи, падающие на объектив телескопа, попадают в глаз).

горе Паломар в США — собирает света в миллион раз больше, чем глаз.

Чувствительность современных мощных телескопов столь велика, что с их помощью можно увидеть пламя свечи, удаленной на несколько тысяч километров.

Поскольку телескопические наблюдения занимают чрезвычайно важное место в изучении Вселенной, современная конструкторская мысль непрерывно работает над созданием все более мощных оптических инструментов и всемерным расширением их возможностей.

В нашей стране создан самый крупный в Европе зеркальный телескоп с поперечником 260 см. С этим инструментом, которому присвоено имя академика Шайна, уже

в течение нескольких лет успешно работают на Крымской астрофизической обсерватории. Телескоп представляет собой внушительное сооружение высотой около 18 м и весом свыше 60 т. В настоящее время создан

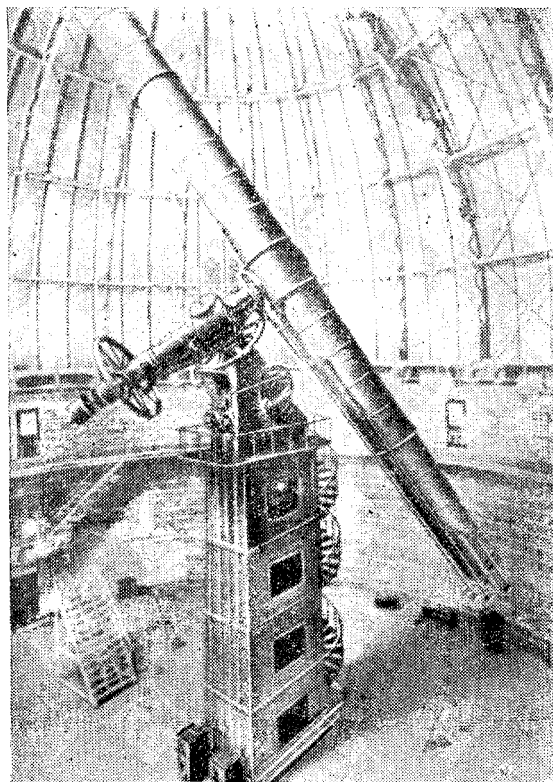


Рис. 2. Телескоп-рефрактор.

еще один инструмент такого же типа для Бюраканской обсерватории в Армении. Со временем подобными телескопами будут оснащены и другие советские обсерватории.

Кроме того, советскими учеными в Ленинграде ведутся работы по созданию гигантского телескопа с

зеркалом, имеющим в поперечнике шесть метров. Это будет величайший астрономический инструмент в мире.

Наряду с инструментами, так сказать, «общего» назначения создаются и специальные телескопы, например

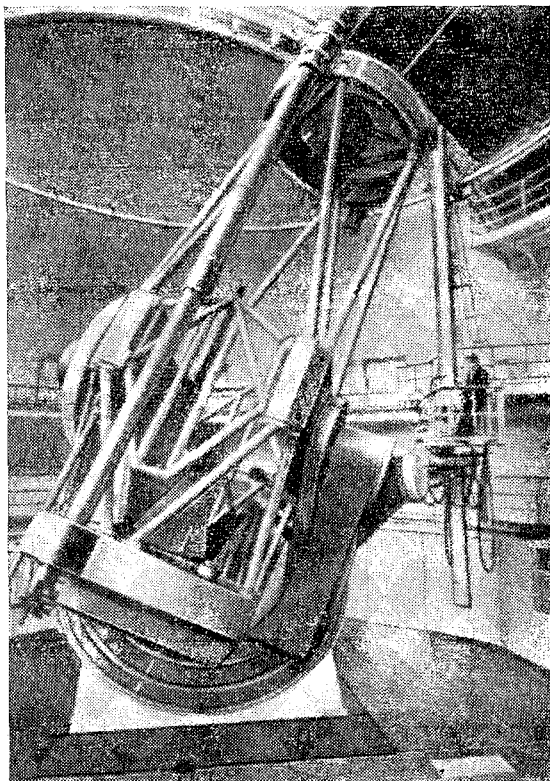


Рис. 3. Телескоп-рефлектор.

телескопы, предназначенные для наблюдения Солнца. По своей конструкции такие солнечные инструменты даже нельзя назвать телескопами в обычном смысле слова. Привычная труба у них вовсе отсутствует. Изображение Солнца улавливается специальным зеркалом — целостатом и с помощью системы промежуточных

зеркал направляется на экран или на фотопластинку, или во входное отверстие анализирующего прибора. Наиболее совершенный инструмент подобного рода — башенный солнечный телескоп — построен на Крымской астрофизической обсерватории.

Телескопы наших дней, как небо от Земли, отличаются от своих далеких предков времен Галилея, Ньютона и Гершеля. Это — сложнейшие высокоточные устройства, управление которыми до предела автоматизировано. Так, например, большой крымский телескоп оборудован 160 электрическими машинами различного назначения, пультами управления, счетно-решающими устройствами, следящими системами и т. п.

Однако наблюдателю приходится самому наводить телескоп в определенную точку неба — такое положение сегодня уже не удовлетворяет астрономов. Ведь иногда подобную кропотливую и требующую высокой точности операцию в течение ночи приходится производить много раз. На это уходит много драгоценного времени, которое можно было бы использовать для наблюдений.

Нельзя ли автоматизировать работу телескопов полностью? Над этим вопросом задумались ученые Пулковской обсерватории совместно с сотрудниками конструкторского бюро астроприборов Ленинградского оптико-механического объединения. В результате родился проект нового телескопа-автомата: автоматического зеркального телескопа — инструмента, который с полным правом можно назвать «мечтой астронома». Это будет автоматизированный комплекс, состоящий из телескопа с зеркалом поперечником 1,25 м, электронно-вычислительного устройства и системы наведения и слежения.

Новый телескоп сможет работать сам, без всякого участия человека. Для этого надо только ввести в электронный мозг инструмента заранее составленную программу, записанную на магнитную пленку. После этого автоматические устройства в нужный момент направят телескоп в определенную точку неба и произведут все необходимые измерения, а затем обработают полученные данные. Окончательные результаты машина будет выдавать либо на магнитной пленке либо печатать с помощью специального автоматического приспособления.

Конструкторы телескопа предусмотрели также возможность отключения автоматики и управления

инструментом с пульта, расположенного в особом застекленном помещении.

Но и в этом случае ученый, работающий на новом телескопе, будет находиться в значительно лучших условиях, чем во время наблюдений на обычных инструментах. Он сможет производить все измерения, оставаясь у пульта и не приближаясь к телескопу, а управляя им с помощью специальных кнопок. Здесь же на пульте разместится контрольный телевизионный экран, на котором астроном сможет видеть тот самый участок неба, на который в данный момент направлен телескоп.

«Командный пункт» будет оборудован специальной установкой для кондиционирования воздуха, поддерживающей в помещении постоянную температуру. Это обеспечит необходимые условия для надежной работы сложных электронных устройств, а также избавит астрономов от ряда неудобств, связанных с тем, что в башне телескопа должна быть та же самая температура, что и снаружи.

Новый телескоп предполагается построить в двух экземплярах — для Крымской и Абастуманской обсерваторий. С помощью этих инструментов будут проводиться наблюдения световых потоков звезд. Эти исследования имеют важное значение для науки — они позволяют полнее выявить физические характеристики звезд и тем самым ближе подойти к ответу на волнующий вопрос о строении этих небесных тел.

В принципе современные крупные телескопы способны давать колоссальные увеличения в тысячи и даже в десятки тысяч раз. Но практически астрономы никогда такими увеличениями не пользуются. Даже у самых мощных инструментов уже 800-кратные увеличения оказываются бесполезными.

Чем больше увеличение, тем меньше поле зрения и тем ниже яркость изображения. Астрономическим наблюдениям мешает и наличие атмосферы (об этом мы еще будем говорить дальше). Но одним из главных препятствий к достижению больших телескопических увеличений является так называемая дифракция света. Это явление связано с тем, что свет обладает не только корпускулярными, но и волновыми свойствами. Когда световая электромагнитная волна проходит через сравнительно небольшое отверстие, то в результате взаимодей-

ствия с его краями направление ее распространения несколько отклоняется от прямой линии. Это и есть дифракция.

Дифракция — неизбежный спутник телескопических наблюдений. Ведь любые, даже самые большие телескопы имеют ограниченные размеры. Поэтому на краях оправ объективов и в особенности окуляров всегда происходит дифракция. В результате телескопическое изображение звезды выглядит не точкой, как должно быть по законам геометрической оптики, а светлым кружком, опоясанным рядом чередующихся светлых и темных колец. Чем больше увеличение, тем сильнее дифракция. А при слишком больших увеличениях изображение совершенно «размазывается» и на него накладываются причудливые дифракционные фигуры.

Качество телескопа в значительной степени зависит и от того, насколько велики в нем световые потери.

Любой предмет мы видим лишь потому, что он отражает некоторую часть падающих на него световых лучей. Если бы, например, кусок стекла полностью пропускал весь световой поток, он был бы невидим. Обычное стекло отражает около 4% падающего света. Это явление и приводит к потерям в телескопических системах.

Как это часто бывает в науке, способ борьбы с подобными потерями был найден благодаря счастливой случайности. Было замечено, что старый, потускневший от времени объектив пропускает значительно больше света, чем новый...

Ученым не только удалось выяснить причину этого, казалось бы, необъяснимого явления, но и применить его практически. Был разработан специальный способ искусственного увеличения светосилы оптических стекол, получивший название «просветления» оптики. Сущность его состоит в следующем. На поверхность объектива наносится особым способом тончайшая прозрачная пленка. Толщина ее подбирается с таким расчетом, чтобы отраженный свет определенной длины волны, взаимодействуя с падающим, полностью уничтожался. При этом энергия отраженного света, разумеется, не исчезает, а добавляется к проходящему. Подобный прием почти полностью устраняет потери на отражение. Применяя различные пленки, можно добиться полной прозрачности

объектива для определенных интервалов длин волн.

С просветленной оптикой хорошо знакомы современные кино- и фотолюбители. Многие, вероятно, замечали, что поверхности объективов фотоаппаратов и кинокамер отливают голубым и даже фиолетовым цветом (голубая оптика). Этот оттенок как раз и придают оптическим стеклам просветляющие пленки.

Глаз отступает

Уловить световые лучи, идущие из космоса и несущие с собой информацию о космических процессах, — это только половина дела. Пойманные лучи надо зафиксировать.

На протяжении длительного времени астрономы делали это довольно примитивным способом: они просто наблюдали в окуляр телескопа интересные их объекты, а результаты своих наблюдений записывали или зарисовывали.

Но глаз устает. После нескольких часов непрерывных наблюдений острота зрения заметно притупляется, а точность восприятия снижается. Ограничены и многие другие возможности человеческого зрения. И на смену глазу астронома-наблюдателя пришла фотография.

Уже не говоря о том, что фотографическая техника позволяет в значительной степени автоматизировать процесс астрономических наблюдений и освободить ученых от утомительных визуальных исследований — фотография обладает целым рядом существенных преимуществ перед глазом человека.

Прежде всего, — это документальность. Если несколько даже самых квалифицированных художников возьмутся писать портрет одного и того же лица, их рисунки никогда не будут абсолютно идентичными и во всех без исключения деталях сходными с оригиналом. Но если в искусстве это вполне допустимо и даже закономерно, то в научных исследованиях подобное субъективное восприятие объекта исследований, разумеется, нежелательно. Оно может привести к ошибочным заключениям. Известен целый ряд случаев, когда многие рисунки комет, туманностей и других небесных тел оказывались совершенно не соответствующими действительности. Фо-

фотографические пластинки свободны от этого недостатка. Они дают документальные изображения изучаемых объектов. Эти изображения могут храниться многие годы в специальных «стеклянных библиотеках», которые имеются во всех крупных обсерваториях. Сравнение фотографий одних и тех же участков звездного неба, сделанных в различное время, позволяет астрономам обнаруживать изменения в состоянии космических тел.

Второе замечательное свойство фотопластинки — детальность. Светочувствительная эмульсия фиксирует такие подробности, которые неизбежно ускользают даже от самого внимательного наблюдателя. Чтобы убедиться в этом, достаточно взглянуть на фотографию одного из участков поверхности Луны или снимок какой-нибудь космической туманности. Мы увидим множество мельчайших деталей, которые с такой точностью не смог бы передать ни один художник.

Особенно ощутимо преимущество фотографической пластинки в тех случаях, когда приходится регистрировать явления, длительность которых чрезвычайно мала и которые по этой причине человеческий глаз либо не успевает как следует рассмотреть либо вовсе не замечает.

Но, пожалуй, самое важное свойство фотоэмульсии, делающее фотографический метод незаменимым в астрономии, это так называемая интегральность. Глаз воспринимает источник света таким, каким он виден в данный момент. От того, что мы будем смотреть на звезду несколько часов подряд, она не станет для нас более яркой. А если звезда так слаба, что мы ее вообще не замечаем, то мы не увидим ее и после многочасового наблюдения. Фотографическая же эмульсия обладает замечательной способностью накапливать свет. Это позволяет с помощью длительных экспозиций получать изображения весьма слабых и далеких объектов, в сотни раз более слабых, чем те, которые можно увидеть в самые мощные телескопы глазом.

Но преимущества фотографии всем этим не ограничиваются. Человеческий глаз способен воспринимать лишь сравнительно небольшую область электромагнитных волн длиной от 0,00004 до 0,00008 см, т. е. от красных до фиолетовых лучей. И пока глаз был единственным прибором для астрономических наблюдений,

основные сведения о Вселенной поступали к нам только через «узкое» оптическое окно. Между тем можно изготовить фотографические пластинки, чувствительные к электромагнитным волнам, лежащим за пределами видимого света, например, к ультрафиолетовым, рентгеновским или инфракрасным лучам.

В последние годы все более широкое применение в астрономии, особенно в наблюдениях Солнца, получает

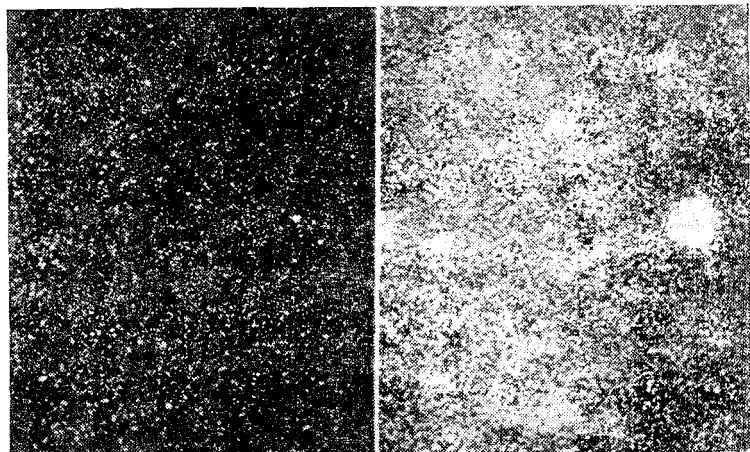


Рис. 4. Сравнение фотографий одного и того же участка звездного неба, сделанных с различными экспозициями.

и кинематографический метод. Но если в физике, где ученые имеют дело главным образом с кратковременными процессами, приходится применять скоростные кинокамеры, позволяющие снимать сотни тысяч и даже миллионы кадров в секунду, то для регистрации астрономических явлений более пригодна замедленная съемка. Поэтому астрономы пользуются так называемым цейтраферным методом. Например, изображение какого-либо участка солнечной поверхности снимается раздельными кадрами через определенные промежутки времени, а демонстрируется фильм с нормальной скоростью. Благодаря этому все явления можно наблюдать на экране в

ускоренном темпе. Подобный способ позволяет изучать солнечные процессы в их динамике, в развитии.

На помощь фотографической астрономической технике пришло и телевидение. Еще несколько лет назад советский астроном Н. Ф. Купревич сконструировал на Пулковской обсерватории оригинальный инструмент для изучения небесных тел — так называемый телевизионный телескоп. Изображение космических объектов, создаваемое обычным телескопом, улавливалось с помощью чувствительной приемной телевизионной трубки и передавалось на специальный телевизионный экран, установленный в соседнем помещении.

Впоследствии ученый создал усовершенствованный вариант своего необычного инструмента. Новая установка позволяет получать на экране изображения небесных тел одновременно в различных лучах спектра, например в синем и красном.

Как известно, самым злейшим врагом астрономов является земная атмосфера. Постоянное движение воздушных масс, которое происходит в воздушной оболочке нашей планеты, существенно сказывается на качестве изображения. Поскольку подавляющее большинство космических объектов находится от нас на огромных расстояниях, количество света, приходящее от этих объектов на Землю, весьма незначительно. Это заставляет астрономов при фотографировании различных небесных тел прибегать к длительным экспозициям. Но за то время, пока экспонируется фотоэмульсия, воздушные потоки успеют многократно исказить изображение.

Как сократить время экспозиции и тем самым значительно улучшить качество изображения? Можно было бы применять фотоматериалы высокой чувствительности. Однако фотолюбители знают, что чем выше чувствительность фотоэмульсии, тем более крупным зерном она обладает. Следовательно, четкость изображения и, в особенности, его отдельных деталей при использовании высокочувствительных фотоматериалов существенно снижается. Получается своеобразный заколдованный круг.

Выход из этого круга и может дать телевизионный телескоп. Изображение небесного тела, которое создается в этом инструменте на телевизионном экране, обладает яркостью в тысячи раз более высокой, чем изображения, которые удастся получить с помощью обычного

телескопа. Благодаря этому время экспозиции при фотографировании с экрана намного сокращается. А это в свою очередь дает возможность получать гораздо более четкие изображения различных космических объектов.

У телевизионного телескопа есть еще одно важное преимущество. Улавливая свет, собранный инструментом с помощью приемных трубок, чувствительных к невидимым лучам спектра, например, к ультрафиолетовым или инфракрасным, можно получить на экране и фотографировать на обычные пластинки видимые изображения изучаемых объектов в тех или иных лучах.

Можно ожидать, что дальнейшее совершенствование телевизионно-телескопической техники позволит решать и многие другие задачи, связанные с астрономическими наблюдениями. Во всяком случае, применение телевизионной техники в астрономии имеет большое будущее.

Космический детектив

Кульминационным пунктом многих приключенческих и детективных романов является расшифровка какой-либо тайнописи, шифра или кода. Да и тогда, когда сыщик по еле заметным следам восстанавливает картину преступления и находит преступника — это тоже расшифровка информации, находившейся до этого в скрытом состоянии.

Такие же проблемы приходится решать и астрономам. Вот космический свет пойман телескопом и зафиксирован на фотопластинке. Что можно определить сразу, бросив взгляд на подобный снимок? Только то, как располагаются небесные светила и как они выглядят внешне. Но следы, оставленные на фотоэмульсии, содержат в себе гораздо более богатую информацию. Вот тут-то астроном и должен превратиться в своеобразного детектива. По этим малозаметным, часто загадочным, а иногда и противоречивым следам ему предстоит восстановить картину далекого космического явления. Что и говорить — увлекательнейшая задача!

Чтобы решить ее, приходится прибегать к помощи разных наук и в первую очередь физики. Именно физика подарила астрономам могущественный метод изучения световых лучей — метод спектрального анализа.

Спектр — своеобразный паспорт светового источника. В нем закодированы многочисленные сведения о веществе, испускающем, отражающем и пропускающем свет. Так, например, положение линий спектра позволяет судить о химическом составе источника, а их интенсивность — о физических причинах свечения. По распределению энергии в спектре можно определить температуру

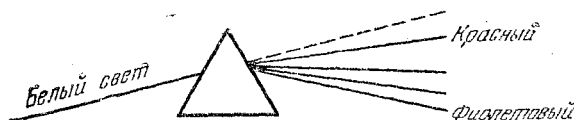


Рис. 5. Разложение белого света в непрерывный спектр с помощью призмы.

источника, а по смещению спектральных линий — скорость движения светила в пространстве и особенности его вращения вокруг собственной оси.

Но спектральный анализ далеко не единственный способ расшифровки информации, содержащейся в световых лучах. Существуют и другие методы. Например, метод светофильтров позволяет с помощью черно-белых фотографий определить цвет различных деталей на поверхности планет. Это пока что едва ли не единственный способ, позволяющий по-

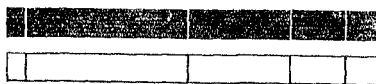


Рис. 6. Линии излучения и поглощения.

лучить ответ на подобный вопрос, так как в силу целого ряда технических трудностей цветная фотография до сих пор почти не нашла себе применения в астрономии.

Окружающий мир радует нас богатством цветов и оттенков. Почему же мы видим различные предметы цветными? Дело в том, что их поверхности отражают не весь падающий свет, а лишь лучи определенных цветов, определенных длин волн, поглощая остальные. Отраженные лучи попадают в наш глаз и создают в нем цветное изображение. Чистый снег отражает почти все падающие на него лучи и потому кажется белым. Красный материал отражает только красные лучи, а остальные поглощает. Зеленая листва отражает в основном

зеленые лучи. Предметы, которые поглощают все лучи, представляются нам черными.

С другой стороны, всякое цветное стекло пропускает только лучи своего цвета: красное — красные, синее — синие, зеленое — зеленые. Поэтому если посмотреть на окружающие предметы через зеленое стекло, мы хорошо увидим только те из них, которые отражают зеленые лучи, т. е. другими словами, имеют зеленый цвет. Эти предметы будут казаться нам светлыми, а все остальные черными или темно-серыми.

Если сфотографировать какой-либо космический объект, например, Марс, через цветное стекло, то на негативе темными получатся лишь те детали планеты, которые имеют цвет светофильтра, все остальные детали окажутся светлыми. Фотографируя объект через различные светофильтры, можно выявить самые тонкие цветовые оттенки различных его областей.

Существует еще один метод анализа космического света — так называемая астрофотометрия. Он заключается в измерении и сравнении мощности световых потоков, идущих от различных небесных тел. Астрофотометрические исследования имеют огромное значение для изучения природы небесных тел, а также для определения расстояния до звезд и выяснения их истинных размеров.

Стоит упомянуть и о таком методе астрофизических исследований, как определение поляризации космического света. Свет — это колебания электромагнитного поля, перпендикулярные к направлению распространения волны. В солнечном луче эти колебания происходят в самых различных плоскостях. Но в некоторых случаях они совершаются в какой-либо одной определенной плоскости. Такой свет называется поляризованным. Поляризация света — следствие определенных физических процессов, происходящих либо в самом источнике излучения, либо на пути от источника к Земле. Поэтому ее измерения могут немало рассказать астрономам о тайнах Вселенной.

В большинстве случаев поляризация носит лишь частичный характер. Например, частично поляризован солнечный свет, отраженный поверхностью Луны.

Таковы некоторые способы расшифровки космической информации, содержащейся в световых лучах, приходя-

щих к нам из глубин Вселенной, методы, с помощью которых исследователи космоса, преодолевают гигантские расстояния, проникают в сокровенные тайны мироздания.

Говорит Вселенная

На протяжении нескольких столетий астрономы вынуждены были довольствоваться изучением окружающего мира лишь через сравнительно небольшое оптическое «окно прозрачности» в атмосфере. Второе «окно прозрачности» электромагнитных волн, расположенное в радиодиапазоне, долгое время не удавалось использовать. Дело в том, что космическое радиоизлучение, по сравнению со световыми лучами, несет с собой ничтожную энергию. И уловить его можно лишь при помощи чрезвычайно чувствительных приемников радиоволн.

История радиоастрономии — науки о радиоголосах Вселенной — напоминает увлекательный приключенческий роман. Здесь были и неоправдавшиеся сенсации, и неожиданные открытия, и блестящие предвидения.

Первые сообщения о таинственных радиопередачах из космоса появились на страницах газет уже вскоре после того, как было изобретено радио. Какие только предположения не строились на этот счет. Но, увы, загадочные «космические» сигналы оказались просто радиопомехами вполне земного происхождения. Приемники тех времен работали только в диапазоне длинных волн. А такие волны вообще не могут проходить сквозь верхние электропроводящие слои земной атмосферы, так называемую ионосферу.

Настоящая встреча с космическими радиоволнами произошла только в 1931 г. Было замечено, что коротковолновые радиоприемники улавливают какие-то странные сигналы непонятного происхождения. Вскоре удалось установить, что сигналы повторяются через равные промежутки времени, в течение которых Земля как раз успевает совершить очередной полный оборот вокруг своей оси. Это наводило на мысль о том, что таинственные радиостанции расположены где-то за пределами земной атмосферы, в космическом пространстве.

Но одно лишь открытие, даже самое удивительное, само по себе еще не делает науки. Для этого нужны

соответствующие технические средства. А в начале 30-х годов таких средств не было. Они появились только в следующем десятилетии. И тогда ученые еще раз встретились с радиоголосами космоса. Встретились совершенно неожиданно и при необычных обстоятельствах.

Это произошло в годы второй мировой войны. Гитлеровская авиация обрушила бомбовые удары на столицу Великобритании Лондон. Первое время фашистские самолеты чувствовали себя безнаказанными. Но вскоре англичане применили секретное оружие... Охрану побережья приняли на себя чуткие антенны радиолокаторов. Невидимыми лучами ощупывали они небо и, принимая отраженные от фашистских самолетов радиоволны, вовремя сообщали противовоздушной обороне об их приближении. Стервятники получали достойный отпор. Небо над Англией было для них закрыто.

И вдруг у фашистов нашелся таинственный союзник. Когда немецкие самолеты появлялись в утренние часы со стороны пролива, эфир заполнялся неизвестными радиосигналами. Они искажали показания локационных станций, путали операторов. На экранах локаторов изображения фашистских самолетов безнадежно терялись в океане помех. Самолеты прорывались к городу и успевали сбросить свой смертоносный груз.

Английское военное командование отдало приказ: во что бы то ни стало обнаружить таинственную радиостанцию помех и любой ценой уничтожить ее. Однако приказ удалось выполнить только наполовину. Незвестная радиостанция была обнаружена. Но разбомбить ее оказалось выше сил человеческих, так как расположена она была не в Европе, а на расстоянии... 150 млн. км от Земли. Английским локационным станциям мешало своими радиопередачами... Солнце.

Так было обнаружено, что наше дневное светило представляет собой мощную космическую радиостанцию. Собственно говоря, само по себе открытие, о котором идет речь, не было чем-то абсолютно неожиданным. Уже задолго до этого астрономы и физики предполагали, что многие космические тела должны излучать радиоволны. Еще выдающийся русский ученый Столетов говорил, что Солнце излучает не только свет, но и другие электромагнитные волны.

Окончилась война. Оружие защиты превратилось в оружие наступления. Но повели его не солдаты, а астрономы. Новый «вестник далеких миров» оказался необычайно эффективным. Он во многом обогнал своего предшественника — световые лучи. И в этом нет ничего удивительного, так как радиоволны обладают целым рядом замечательных свойств. Главное из них состоит в том, что они могут свободно проникать сквозь пыль, облака, межзвездную среду — там, где видимый свет пройти не может. Благодаря этому космические радиоволны позволили ученым заглянуть в самые потаенные уголки Вселенной, недоступные обычным телескопам.

Радиоволны могут рассказать много интересного не только о тех космических объектах, которые их порождают, но и о тех, сквозь которые они проходят по дороге к Земле.

Подобное «просвечивание» космическими радиолучами позволяет астрономам получать, например, очень интересные данные о слоях солнечной атмосферы. Источником этого «просвечивающего» излучения является в данном случае одна из самых мощных космических радиостанций, так называемая Крабовидная туманность. Ежегодно в середине июля Солнце в результате движения нашей планеты в мировом пространстве оказывается для земного наблюдателя на одной прямой линии с Крабовидной туманностью. Благодаря этому ее радиоволны по дороге к Земле проходят сквозь солнечную корону. Изменения, которые они при этом испытывают, позволяют судить о физическом состоянии верхних слоев солнечной атмосферы.

Немаловажное преимущество нового вестника Вселенной заключается еще и в том, что создание мощных приемников космического излучения, так называемых радиотелескопов, представляет собой менее сложную в техническом отношении задачу, чем постройка крупных оптических телескопов.

При шлифовке зеркал, предназначенных для собирания света, требуется колоссальная точность. Так, например, теоретически допустимое отклонение от рассчитанной формы для зеркала шестиметрового телескопа составляет всего лишь одну двадцатую долю микрона. Это объясняется тем, что электромагнитные волны чувствительны к неоднородностям, размеры которых сравнимы

с длиной их волны. Поэтому для очень коротких волн, а именно таковы световые лучи, требования к отражающей поверхности весьма жестки.

Иное дело радиоволны, длина которых значительно больше. При обработке зеркал, которые должны собирать такие волны — антенн радиотелескопов, — вполне можно удовлетвориться и значительно меньшей точностью. В некоторых случаях таким зеркалом может служить простая металлическая сетка с более или менее крупными ячейками или даже система натянутых проволок.

И хотя строительство радиотелескопов — сравнительно молодая отрасль современной техники, оно по масштабам создаваемых инструментов уже далеко обогнало обычное телескопостроение. Так, например, радиотелескоп английской радиоастрономической станции в Джодрелл Бэнк имеет зеркало диаметром 76 м. Эта гигантская установка способна улавливать космические радиосигналы длиной от 20 см и выше. С помощью этого радиотелескопа советские и английские ученые не раз проводили совместные эксперименты по приему радиосигналов, отраженных от поверхности искусственных спутников Земли и различных небесных тел.

Целый ряд мощных радиотелескопов создан и советскими учеными. Вот один из них. Это большой радиотелескоп РТ-22 Физического института имени П. Н. Лебедева Академии наук СССР, разработанный советскими учеными П. Д. Калачевым и А. Е. Саломоновичем и введенный в строй в 1959 г. на Окской радиоастрономической станции вблизи Серпухова. Он имеет изготовленное с большой точностью металлическое зеркало поперечником в 22 м, которое несмотря на огромный вес в 463 т, может быть легко наведено на любую точку неба.

Второй экземпляр двадцатидвухметрового радиотелескопа установлен на Крымской астрофизической обсерватории. От своего серпуховского брата он отличается еще более высокой точностью обработки поверхности металлического приемного зеркала. Она достигает 0,5 мм — точность, еще невиданная для инструментов подобного класса. Это позволяет производить измерения очень коротких космических радиоволн — вплоть до 4—5 мм.

На Окской станции по проекту П. Д. Калачева, В. В. Виткевича и И. Д. Калинина построен один из крупнейших в мире радиотелескопов — крестообразный



Рис. 7. Радиотелескоп Физического института АН СССР на Окской радиоастрономической станции.

радиотелескоп ДРК-1000. Этот оригинальный инструмент представляет собой две линейные антенны, пересекающиеся под прямым углом и расположенные в направлениях «восток — запад» и «север — юг». Каждая линия протяженностью в 1000 м состоит из 37 антенн высотой около 20 м. С помощью мощных электромоторов

и специальных синхронизирующих устройств они могут строго одновременно поворачиваться на угол до 135° .

Аналогичный принцип положен и в основу устройства радиотелескопов Института радиофизики и электроники АН УССР, которые расположены в степи между Изюмом и Чугуевом, недалеко от Харькова. Эти инструменты также состоят из целого ряда соединенных между собой отдельных антенн-вибраторов различной конфигурации, расположенных на большой площади.

Интересно отметить, что этот радиотелескоп будет работать на метровых волнах, т. е. в таком диапазоне, для изучения которого в мире пока еще почти нет мощных инструментов.

Управление харьковским радиотелескопом должно осуществляться с помощью электронно-вычислительной машины, которая в соответствии с заданной программой будет направлять его в определенную точку неба.

Своеобразный радиотелескоп создан учеными Пулковской обсерватории под Ленинградом. Он построен по расчетам проф. С. Э. Хайкина и кандидата физико-математических наук Н. И. Кайдановского. Телескоп состоит из нескольких десятков больших металлических щитов, расположенных рядом друг с другом по огромной дуге на протяжении 130 м. Отраженные этим необычным зеркалом радиоволны улавливаются антенной, установленной на особой тележке, которая может перемещаться по специальным рельсам. Изменяя наклон щитов и положение антенны, можно вести наблюдение за различными участками неба.

Любопытный проект гигантского радиотелескопа предложен армянскими учеными. Огромную чашу его антенны поперечником в 100 м они предполагают сделать неподвижной. Она будет покоиться в углублении, врезанном в скалу. Над главной антенной укрепляется подвижное зеркало диаметром около 14 м. В свою очередь это зеркало будет связано с оптическим телескопом. Поворачивая вспомогательное зеркало, ученые смогут направлять радиотелескоп в любую точку неба и одновременно наблюдать те же участки в обычных световых лучах. Такое устройство позволит отождествлять радиообъекты Вселенной с оптическими.

В настоящее время советскими учеными разрабатываются проекты оригинальных радиотелескопов новой конструкции. Эти инструменты должны состоять из очень большого числа независимых подвижных элементов. Как показывают вычисления, комбинация подобных небольших антенн способна заменить обычный радиотелескоп с антенной в десятки и даже сотни раз большей площади. А это значит, что открывается возможность сравнительно простыми средствами создать радиотелескопы, мощность и чувствительность которых значительно превосходила бы мощность и чувствительность самых крупных современных инструментов.

Кстати, о чувствительности современных радиотелескопов. Однажды в обсерватории Кембриджского университета в Англии была организована выставка, посвященная радиоастрономии. Одним из экспонатов этой выставки служил обыкновенный стол, на котором лежала кипа бумажных листков. Посетителям предлагалось взять один из листков. Сделав это, он мог прочитать на нем следующие слова: «Взяв со стола эту бумажку, вы затратили больше энергии, чем радиотелескопы всего мира приняли за всю историю радиоастрономии».

Чувствительность этих устройств продолжает возрастать. Поэтому есть все основания рассчитывать, что с их помощью в недалеком будущем удастся получить еще немало необычайно важной информации.

Любопытно, однако, что с увеличением чувствительности приемного устройства радиотелескопов у них появляется серьезный враг — новый источник радиопомех. Это — сама Земля. Как и всякое нагретое тело, как и другие планеты солнечной системы, наша собственная планета является источником радиоволн. И эти волны уже начинают мешать сверхчувствительным приемникам. Видимо, в будущем придется ограждать антенны радиотелескопов от земного радиоизлучения с помощью специального защитного экрана. А для того, чтобы и сами экраны не излучали (ведь они тоже являются нагретыми телами), их надо будет специально охлаждать сильными охладителями, быть может, жидким азотом или даже жидким гелием.

Радиоастрономия — молодая наука. Она насчитывает немногим более 20 лет своего существования. Однако,

несмотря на это, она быстро сделалась важным методом изучения Вселенной.

Сегодня, пожалуй, трудно найти такую обсерваторию, где наряду с «традиционными» астрономическими наблюдениями ученые не занимались бы приемом и изучением радиоголосов космоса.

Новый способ исследования Вселенной позволяет как бы «взглянуть» на окружающий мир другими глазами и увидеть незнакомые ранее картины. Ведь источники радиоизлучения далеко не всегда совпадают по своему расположению и мощности с источниками видимого света. Кто, например, в ясный солнечный день не любовался бездонной голубизной неба, не радовался великолепному разнообразию красок окружающей природы. Но представьте себе, что наши глаза были бы чувствительны не к световым лучам, а к радиоволнам длиной от 3 до 5 м. Тогда, взглянув на небо, мы увидели бы примерно такую картину: на месте Солнца — яркое пятно, гораздо больших размеров и неправильной формы; справа и слева от него еще два таких же ярких светила — мощных источника космического радиоизлучения.

А если бы наши глаза воспринимали еще более длинные волны, от 15 до 25 м, то окружающий мир предстал бы перед нами в еще более необычном виде. На исключительно ярком фоне ослепительного неба мы увидели бы темное пятно — наше дневное светило.

Хотя наблюдения с помощью современных радиотелескопов приносят сравнительно небольшое количество информации, ценность этой информации чрезвычайно велика.

Представьте себе военачальника, который готовится к сражению с противостоящей ему вражеской армией. Он может получить от своей разведки данные о противнике, в которых будут точно указаны фамилия, имя и отчество каждого солдата, год и место его рождения, рост, вес, цвет глаз, цвет волос и т. п. Объем подобной информации будет чрезвычайно велик, а ценность ее — ничтожной. В то же время можно получить гораздо более сжатую, но куда более содержательную информацию, например, час наступления противника и направление главного удара.

Ценность радиоастрономической информации обьясняется прежде всего тем, что большинство источников

космического радиоизлучения находится в активных, неравновесных состояниях. А именно такие объекты могут больше всего рассказать о закономерностях процессов, происходящих во Вселенной. Оптически эти объекты могут почти не выделяться, между тем радиоизлучение является прямым следствием их необычного физического состояния. В то же время проведение параллельных оптических и радионаблюдений одних и тех же объектов дает чрезвычайно важный сравнительный материал для все более глубоких выводов о природе различных космических процессов.

Информация, содержащаяся в космических радиоволнах, обладает еще одним важным достоинством — новизной. Она содержит большое количество сведений, которые мы не могли получить с помощью других методов. Благодаря этому радиоастрономия указала ученым на целый ряд неизвестных ранее космических объектов.

Так, например, советскими радиофизиками на Окской радиоастрономической станции ФИАН и в Пулковской обсерватории было обнаружено и исследовано радиоизлучение возбужденного водорода. Это излучение возникает при переходе возбужденных атомов с одного энергетического уровня на другой.

Анализ излучения возбужденного водорода позволяет измерять скорость движения межзвездного вещества, определять размеры его скоплений, изучать их распределение в Галактике.

Попутно было сделано еще одно неожиданное открытие. Оказалось, что в космических условиях атомы водорода могут как бы раздуваться и достигать размеров, колоссальных с точки зрения наших обычных представлений — до одной тысячной доли миллиметра в поперечнике.

Это открытие еще раз наглядно подтвердило, что в космосе мы можем встретить совершенно необычные образования и состояния материи.

Интересно отметить, что радиоастрономия может сослужить людям и чисто практическую службу. Как известно, одним из важных применений астрономии всегда являлось определение географических координат по положением небесных светил. Но подобные наблюдения находятся в полной зависимости от состояния погоды. Открытие мощных источников космического радиоизлучения,

положение которых на небе известно с большой точностью, открывает в этом направлении хорошие возможности, так как радиоволны свободно проходят сквозь любую облачность. В настоящее время для подобных измерений уже созданы специальные приборы — радиосекстаны. Можно думать, что радионавигационные наблюдения будут иметь важное значение и в дальнейших космических полетах.

Земля — Космос — Земля

Но исследователи Вселенной сегодня умеют не только улавливать и переводить на доступный человеку язык световые лучи и радиоголоса космоса. Они научились сами с помощью радиолуча, направленного с Земли, «прощупывать» поверхность других небесных тел и принимать астрономические сигналы.

Еще в предвоенные годы советские ученые Л. И. Мандельштам и Н. Д. Папалекси теоретически обосновали возможность радиолокации Луны. В 1946 г. подобный опыт был впервые, независимо друг от друга, осуществлен американскими и венгерскими учеными. С помощью специального радиолокатора в направлении Луны был послан мощный радиопульс. Примерно через 2,5 секунды приборы отметили слабый ответный сигнал — «радиозхо», отраженное лунной поверхностью. Впоследствии подобные опыты повторялись неоднократно. Но только в мае 1959 г. была осуществлена первая передача «через Луну». Сообщение, отправленное из Англии азбукой Морзе, отразилось от лунной поверхности и было принято по другую сторону Атлантического океана в США. На следующий день опыт был повторен. Однако на этот раз передача велась уже не точками и тире — у микрофона выступил директор одной из английских обсерваторий, профессор Ловелл. Его голос, «перепесенный» радиоволнами на огромное расстояние около 800 тыс. км, был достаточно хорошо слышен на другом конце этой необычной радиолинии.

В дальнейшем передачи радиосообщений через Луну и Венеру проводились советскими учеными, а также совместно советскими и английскими радиофизиками.

Но поверхность другого небесного тела — не просто космическое «радиозеркало». При отражении радиолуч

испытывает различные изменения, зависящие от физических свойств отражающей поверхности. Поэтому, вернувшись на Землю, такой луч может многое рассказать о далеком небесном теле. Космическая радиолокация — активный способ научного исследования, важное дополнение к обычным астрономическим методам. Он позволяет не только определять точное расстояние до космического объекта в момент наблюдения, но и измерять скорость его движения, выяснять особенности собственного вращения и т. п.

Физические принципы космической радиолокации ничем не отличаются от обычной земной радиолокации, позволяющей обнаружить в любую погоду самолеты и суда, «видеть» сквозь облака и туман, определять расстояния до различных объектов.

Однако в техническом отношении космическая радиолокация намного сложнее. Главная трудность заключается в том, что мощность отраженного сигнала, который поступает на приемную антенну радиолокатора, ослабевает пропорционально четвертой степени расстояния. Нетрудно представить, какая требуется колоссальная мощность передатчика и высокая чувствительность приемных устройств, чтобы обеспечить успех космической радиолокации.

Поэтому не удивительно, что на первых порах попытки радиолокации планет оканчивались неудачей. Так, например, в 1958 г. американские ученые сделали попытку осуществить радиолокацию Венеры. В направлении Венеры с помощью радиосигналов был передан ряд «точек» с равными интервалами. Но хотя для эксперимента была использована самая мощная радиолокационная установка, имевшаяся тогда в Соединенных Штатах, отраженные сигналы оказались чрезвычайно слабыми. Чтобы «выловить» их из океана помех, попробовали призвать на помощь кибернетику. Специальные счетные машины сортировали поступающие с приемных устройств сигналы и автоматически отделяли помехи. Но, как выяснилось впоследствии, несмотря на все это, за отраженные сигналы были приняты случайные шумы.

И только в 1961 г., одновременно в Советском Союзе, США и Англии удалось провести первые успешные опыты радиолокации Венеры. В нашей стране эти опыты осуществлялись с помощью уникальной радиолока-

ционной установки, специально созданной для радиозондирования далеких небесных тел.

В дальнейшем советскими учеными была осуществлена радиолокация и ряда других планет солнечной системы: Меркурия, Марса и Юпитера.

У известного американского писателя Рэя Брэдбери есть фантастический рассказ, герои которого совершают полет на космическом корабле по направлению к Солнцу.

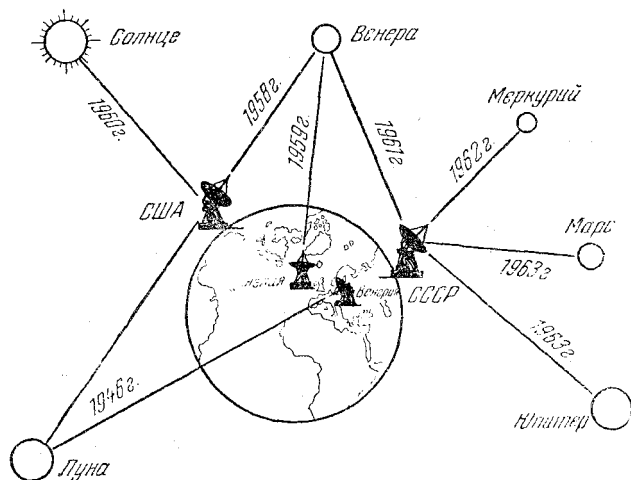


Рис. 8. Космическая радиолокация.

Они делают попытку с помощью специального приспособления «зачерпнуть» сгусток солнечного вещества, которое собираются доставить на Землю для лабораторных исследований.

Разумеется, это — чистая фантазия, ибо температура нашего дневного светила слишком велика для того, чтобы ее мог выдержать материал космического корабля. Но то, что невозможно для корабля, вполне возможно для радиоволн.

Радиосигналы, направленные с наземных станций, уже не раз «прикасались» к дневному светилу и, отразившись от слоев внутренней короны, возвращались обратно. Анализ таких сигналов может сыграть важную роль в изучении солнечных явлений.

Радиолокационный метод исследования небесных тел имеет весьма широкие перспективы. Радиоэлектроника быстро развивается, растет мощность передатчиков, чувствительность приемников, совершенствуются методы борьбы с помехами. И, видимо, уже в сравнительно недалеком будущем станут возможными радиолокационные исследования дальних планет, а также спутников Марса и Юпитера.

На помощь обычным радиоустройствам пришла лазерная техника. Проведены первые успешные опыты по локации Луны с помощью тонкого оптического луча, созданного квантовыми генераторами. Преимущество такого метода состоит в том, что лазер позволяет сконцентрировать большую энергию в очень узком пучке.

Астрономия невидимого

Мы познакомились с двумя главными вестниками далеких миров — световыми лучами и радиоволнами. Но они составляют лишь часть обширного семейства электромагнитных волн. И один из членов этого семейства находится как раз на границе между световым и радиодиапазоном. Это — инфракрасные лучи.

Инфракрасное излучение может рассказать астрономам о тех космических объектах, которые имеют сравнительно низкую температуру, недостаточную для того, чтобы излучать видимый свет или достаточно мощные потоки радиоволн. Подобные объекты весьма интересны, так как они могут представлять собой начальные и заключительные стадии эволюции небесных тел.

Инфракрасный вестник Вселенной обладает чрезвычайно ценным качеством. Инфракрасное излучение хорошо проходит сквозь космическую пыль и межзвездный газ. Но успешно преодолевая эти космические препятствия, инфракрасные электромагнитные волны не могут пробиться сквозь земную атмосферу. Проходя сквозь воздух, они несут значительные потери, и лишь небольшая их часть достигает земной поверхности. Особенно сильно поглощает инфракрасные лучи водяной пар, в меньшей степени двуокись углерода и озон.

Бороться с таким поглощением можно единственным способом: поднимать измерительные приборы как

можно выше — в горные районы, а еще лучше на стратостатах, выше основной толщи атмосферы.

Как известно, человеческий глаз не воспринимает инфракрасное излучение, нечувствительны к нему и обычные фотопластинки. Поэтому для фотографирования космических объектов в инфракрасных лучах астрономы пользуются специальными фотоматериалами. Однако и их чувствительность к инфракрасной части

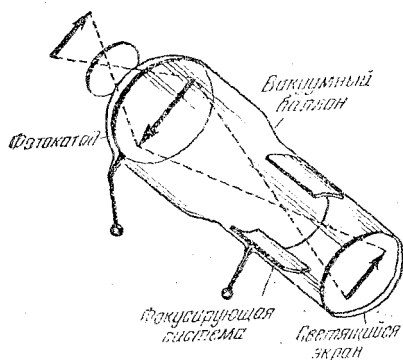


Рис. 9. Схема электронно-оптического преобразователя.

спектра тоже довольно низка. Существенную помощь в этой области исследований должна оказать электронная техника.

В настоящее время уже созданы приборы «земного» инфракрасного видения. Улавливая инфракрасное излучение окружающих предметов, они дают возможность видеть их в полной темноте. Скопструированы и астрономические инфра-

красные устройства — электронно-оптические преобразователи. Один из таких приборов был создан советскими учеными. Прибор этот, устройство которого напоминает устройство передающей телевизионной камеры, присоединяется к телескопу. Объектив телескопа создает инфракрасное невидимое изображение наблюдаемого объекта на полупрозрачной пластинке — фотокатоде. Под влиянием падающих лучей в фотокатоде образуются электроны. Чем сильнее «освещен» участок, тем больше электронов. Эти электроны с помощью специального приспособления направляются на флуоресцирующий экран и создают изображение наблюдаемого объекта, но уже видимое. С помощью подобной установки на Симеизской обсерватории в 1948 г. была впервые получена фотография центрального района нашей Галактики — галактического ядра.

Мы познакомились с двумя вестниками далеких миров, которые в спектре электромагнитных волн имеют

большую длину волны, чем видимый свет. Еще три электромагнитных вестника располагаются в области более коротких волн. Это — ультрафиолетовые, рентгеновские и гамма-лучи.

Как известно, электромагнитное излучение состоит из отдельных порций, так называемых фотонов. Чем больше длина волны, тем меньше энергия фотонов. Фотоны гамма-лучей в 10^{20} раз более энергичны, чем фотоны радиоволн. Но тем не менее земная атмосфера является для коротковолновых излучений почти непреодолимым препятствием.

Если фотографии в «близкой» ультрафиолетовой области, расположенной непосредственно за фиолетовыми лучами видимого света, еще можно получить с помощью обычных наземных телескопов и специальных фотопластинок, то более «далекый» ультрафиолет сделался доступным только тогда, когда появилась возможность ракетных исследований.

Сначала приборы, установленные на борту высотных ракет, регистрировали ультрафиолетовый спектр Солнца. А затем американским ученым в 1959 г. удалось получить и «ультрафиолетовый портрет» нашего дневного светила. Любопытно, что на фотокамере, с помощью которой было получено это уникальное изображение, пришлось установить не обычный стеклянный объектив, задерживающий ультрафиолетовые лучи, а объектив, изготовленный из фтористого лития.

На своем новом портрете наше дневное светило предстало перед астрономами в совершенно необычном виде. Но именно эта необычность и представляла интерес для ученых. Сравнивая «ультрафиолетовое Солнце» с «видимым», можно было узнать много нового о физических явлениях, протекающих на его поверхности.

Ультрафиолетовая астрономия на наших глазах становится важным инструментом в изучении Солнца. Но только ли Солнца? Отнюдь нет. Ведь источниками ультрафиолетового излучения могут быть и другие небесные тела. Более того, можно ожидать, что некоторые звезды основную часть своей энергии излучают именно в ультрафиолетовой части спектра. К такому выводу пришел, например, академик В. А. Амбарцумян относительно горячих голубых звезд.

Теперь космический детектив повернулся не совсем обычной стороной — речь шла на этот раз не о расшифровке какого-либо загадочного явления, а о поиске вполне определенных «следов», ожидаемых учеными.

Итак, надо было получить ультрафиолетовый портрет всего неба, своеобразную ультрафиолетовую небесную карту и посмотреть, что она собой представляет. Для этой цели ученые решили сначала произвести фотографирование неба в ультрафиолетовых лучах водорода, в так называемой спектральной линии «лайм-альфа». Такое решение возникло не случайно. Было заведомо известно, что водород должен обязательно входить в состав не только Солнца, но и других звезд.

Прибор для съемки установили на борту ракеты, которую во время полета сознательно не стабилизировали. Беспорядочно вращаясь и кувыркаясь, она заставила объектив фотокамеры осмотреть все небо. Долгожданные фотографии были получены.

И вот тут-то ультрафиолетовый поиск голубых звезд обернулся самым настоящим детективом. Никаких голубых звезд на фотоснимках не оказалось. И вообще не было никаких отдельных источников ультрафиолетового излучения, за исключением Солнца. Оно выглядело ярким пятном, самым ярким на всей ультрафиолетовой карте, а по мере удаления от него сила свечения плавно уменьшалась. И только в точке прямо противоположной Солнцу — «антисолнечной» точке, располагалось темное пятно.

Это пятно и послужило тем кончиком путеводной нити, за который ухватились астрономы. Если есть «антисолнечное» пятно, значит, линию водорода излучают не различные космические объекты, а само Солнце. Иначе светилось бы все небо либо на снимке были бы и другие темные пятна. В пользу подобного предположения говорило и то, что яркость свечения возрастала по мере приближения к Солнцу. Вырисовывалась такая картина: солнечный водород излучает, а какие-то неведомые «ретрансляторы», расположенные со всех сторон, переизлучают этот ультрафиолетовый «свет». Но что они собой представляют?

Единственный ответ на этот вопрос заключается в том, что наша Земля окружена со всех сторон весьма разреженной газовой оболочкой — геокороной, — состоя-

тей из атомов водорода и простирающейся на расстояние до 50 тыс. км. Именно эти водородные атомы и играют роль своеобразных ретрансляторов линии «лайман-альфа». Наша планета оказалась «коронованной».

Расшифровав первую ультрафиолетовую карту, астрономы решили сделать следующий шаг. Свечение геокороны мешает получить фотографию неба в линии «лайман-альфа». А что если попытаться перейти на другую длину волны? Регистрирующие приборы снабдили специальными фильтрами, однако результат вновь оказался неожиданным. Вместо одиночных звезд на ультрафиолетовой карте были обнаружены отдельные размытые пятна. Правда, пятна эти располагались не как попало, а группировались около горячих голубых звезд.

Вновь начался теоретический поиск. Наконец и новая карта была расшифрована. Оказалось, что на этот раз виновником образования загадочных пятен явился околосветный водород. Поглощая ультрафиолетовое излучение, идущее от звезд, он перензлучает его, но только с несколько большей длиной волны.

Чтобы «отстроиться» и от этого излучения, пришлось принять еще более жесткие меры, другими словами, установить дополнительные фильтры. И тогда, наконец, длительный поиск увенчался успехом. Были обнаружены точечные источники ультрафиолетового излучения, которые, возможно, и представляют собой не что иное, как ультрафиолетовые звезды. Гипотеза академика В. А. Амбарцумяна о существовании подобного рода объектов получила хорошее подтверждение.

А тем временем шло освоение «пятой астрономии» — астрономии рентгеновских лучей. И здесь теория шла впереди эксперимента. Советский астрофизик член-корр. АН СССР И. С. Шкловский предсказал, что внешняя оболочка солнечной атмосферы — солнечная корона должна испускать рентгеновские лучи. Группа американских ученых во главе с проф. Фридманом решила выяснить, насколько справедливо подобное предположение. Разумеется, речь шла о ракетном исследовании, потому что космическое рентгеновское излучение полностью поглощается атмосферой.

Для улавливания рентгеновских лучей нужна была специальная аппаратура, не похожая на обычные астрономические инструменты. Дело в том, что эти лучи

не подчиняются законам обычной геометрической оптики, их нельзя отразить с помощью зеркала или собрать с помощью линзы. Поэтому главным оружием служили специальные счетчики, которые регистрируют каждый попадающий на них рентгеновский фотон. Прикрыв счетчики специальными пленками различной толщины, можно «пропускать» фотоны определенных энергий и таким

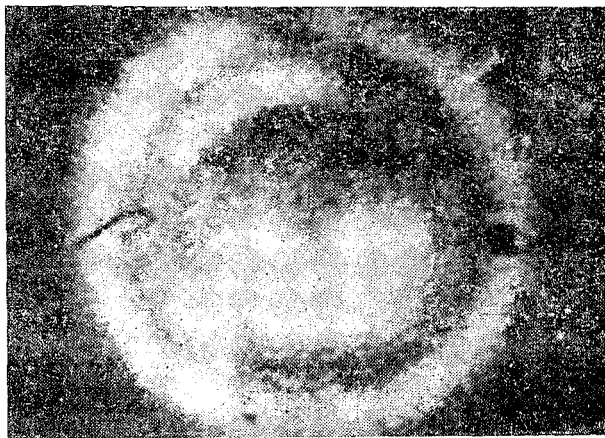


Рис. 10. Фотография Солнца в рентгеновских лучах.

образом получать представление о спектральном составе излучения. Можно определять и направление движения рентгеновских фотонов. Для этого счетчик помещают на дно металлического тубуса. Чем длиннее такой тубус, тем точнее можно установить, откуда пришел фотон. Разумеется, точность такого метода определения направления значительно уступает точности оптической или радиоастрономии.

Уже первый эксперимент Фридмана обнаружил рентгеновское излучение Солнца и подтвердил предположение И. С. Шкловского. Рентгеновские наблюдения нашего дневного светила стали быстро развиваться. Ученые решили применить устройство, напоминающее камеру-обскуру, отверстие которой закрыто алюминиевой фольгой, пропускающей рентгеновские лучи и задержи-

вающей видимый свет и ультрафиолетовые лучи. С помощью такого приспособления можно было приступать к получению рентгеновского снимка Солнца.

Еще более совершенная аппаратура была применена советскими исследователями. В марте 1964 г. в Академии наук СССР демонстрировалась рентгеновская фотография Солнца, сделанная с борта ракеты специальным автоматическим устройством. «Рентгеновский фотоаппарат» представлял собой прочный металлический цилиндр с 12 отверстиями — объективами, закрытыми алюминиевыми и полимерными пленками. Фотографирование началось на высоте 170 км, когда открылся люк ракеты, и продолжалось до высоты около 500 км, а также на участке спуска. Потом люк автоматически закрылся и прибор приземлился с помощью парашюта.

Что же представляет собой рентгеновская карта Солнца? На этом необычном снимке диск нашего дневного светила кажется почти черным. На темном фоне выделяются три яркие области. Как показало сравнение с обычными фотографиями, эти области расположены над активными зонами солнечной поверхности.

Солнце было первым небесным объектом, от которого удалось получить «информацию» в рентгеновской части спектра. Но если рентгеновские лучи испускает Солнце, то их должны испускать и другие космические объекты и в первую очередь другие звезды. Однако на первых порах ракетные исследования никаких новых источников рентгеновского излучения не обнаружили.

И лишь в апреле 1963 г. во время запуска очередной ракеты группой Фридмана были зарегистрированы сразу два неизвестных ранее источника рентгеновского излучения. Один из них, довольно мощный, оказался расположенным в созвездии Скорпиона; другой, несколько более слабый — в созвездии Тельца в районе знаменитой Крабовидной туманности.

Так были обнаружены следы нового вестника Вселенной. Но эти следы предстояло еще разгадать. Надо было пойти ответ на вопрос: какова физическая природа источника космических рентгеновских лучей, какие процессы порождают это коротковолновое электромагнитное излучение?

С теоретической точки зрения существовало по меньшей мере две возможности. Еще за несколько лет до описанных событий было установлено, что Крабовидная туманность представляет собой очень мощную космическую «радиостанцию». Вскоре ученые пришли к выводу, что радиоизлучение туманности порождается движением очень быстрых электронов в магнитных полях. Электроны, обладающие еще большим запасом энергии, дают излучение в видимой части спектра. Поэтому вполне естественным казалось предположение, что и рентгеновское излучение Крабовидной туманности также объяснено своим происхождением движущимися электронами, но только еще более энергичным.

Однако существовала и другая гипотеза, которой отдавали предпочтение многие ученые, если не большинство. Сторонники этой гипотезы считали, что источником рентгеновского излучения является не вся Крабовидная туманность, а расположенная внутри нее маленькая сверхгорячая звезда.

Разрешить подобный спор могли, разумеется, только наблюдения. Но, к сожалению, возможности современных рентгеновских «телескопов» слишком невелики, чтобы дать надежный ответ на подобный вопрос.

Правда, можно было бы поставить такой эксперимент: постепенно перекрывать какой-либо «заслонкой» излучение туманности и следить за тем, как меняется число регистрируемых счетчиком рентгеновских фотонов. Если верна первая гипотеза и излучает вся туманность, то интенсивность рентгеновских лучей будет меняться постепенно. Если же источником излучения служит отдельная звезда, то интенсивность будет до поры до времени оставаться постоянной, а в какой-то момент сразу упадет до нуля. К сожалению, организация подобного космического эксперимента пока что вне возможностей человека. Но, к счастью для астрономов, этот эксперимент ставит сама природа. Крабовидную туманность приблизительно один раз в 9 лет закрывает Луна.

Конечно, девять лет ожидания — срок немалый. Но, увы, это неизбежное неудобство, с которым сталкиваются ученые в тех случаях, когда они не могут произвести эксперимент, а вынуждены лишь наблюдать то, что само собой совершается в окружающем мире.

Однако на этот раз астрономам явно повезло. Рентгеновское излучение Крабовидной туманности было обнаружено весной 1963 г., а уже летом 1964 г. должно было состояться очередное покрытие туманности Луной.

Разумеется, исследователи не преминули воспользоваться «любезностью» природы. Необходимые наблюдения состоялись, и ответ на вопрос, волновавший астрономов, был получен: излучает не одиночная звезда, а туманность в целом.

Казалось бы, тем самым была раскрыта природа также и второго рентгеновского источника в созвездии Скорпиона.

Однако в астрономии подобные выводы по аналогии — вещь довольно опасная. Вселенная настолько разнообразна, что сходные явления могут порождаться совершенно различными причинами. Тем более, что источник в Скорпионе в восемь раз мощнее, и в том месте, где он находится, нет никаких примечательных объектов — ни звезд, ни туманности, ни источников радиоизлучения.

Единственный в своем роде объект, тем более совершенно неизвестной природы, изучать вообще чрезвычайно трудно: пока он единственный, его не с чем сравнивать.

Поэтому о физической природе источника в Скорпионе можно было только гадать до тех пор, пока ученые не открыли еще несколько подобных же источников (хотя и несколько более слабых). И ни один из них не совпадал с каким-либо радиоисточником. В связи с этим большинство астрономов пришло к выводу, что загадочные источники рентгеновских лучей — это так называемые нейтронные звезды. Нейтронные звезды — особый тип космических объектов. Их существование было теоретически предсказано много лет назад, но до последнего времени их не удавалось наблюдать. Более подробно с нейтронными звездами мы познакомимся в одной из последующих глав.

Развивается и последняя из возможных видов электромагнитной астрономии — гамма-астрономия. Этот метод связан с изучением самого коротковолнового вестника Вселенной, как говорят физики, самого «жесткого» электромагнитного излучения.

Нейтринная астрономия

...Обсерватория мало походила на обычную. Не было ни традиционных башен с вращающимися куполами, ни телескопов, ни даже причудливых антенн радиотелескопов, улавливающих далекие радиоголоса Вселенной. Вместо всего этого в стороне от главного здания высилось какое-то огромное сооружение, отдаленно напоминающее гигантскую бетономешалку. Массивные колонны поддерживали огромный металлический резервуар с раструбом, обращенным в землю. Резервуар плавно вращался, и его тень в лучах полной Луны медленно ползла по бетонированной площадке.

Мы подошли к пульту управления инструментом. Здесь не было ни окуляров, как у обычных телескопов, ни телеэкрана. Вместо этого зеленый луч чертил на экране осциллографа замысловатую кривую, да ритмично вспыхивали неоновые лампочки.

— Это и есть наш новый телескоп, — сказал один из сотрудников обсерватории, — сейчас мы ведем наблюдение за Солнцем.

И он показал пальцем куда-то в Землю, туда, куда был направлен раструб телескопа.

Не правда ли, странно? Наблюдать за Солнцем в ночное время, да еще сквозь толщу земного шара...

Пока что подобных обсерваторий не существует, но вполне вероятно, что они появятся в самом недалеком будущем. Рождается еще один новый метод изучения Вселенной — нейтринная астрономия.

Расшифровка информации, содержащейся в космических электромагнитных волнах: световых, радио, ультрафиолетовых, рентгеновских, гамма-лучах — как мы уже знаем, позволяет решать ряд важных задач изучения Вселенной.

Но подобные методы страдают существенным недостатком. Они не дают возможности заглянуть внутрь звезд и выяснить характер происходящих там процессов. Дело в том, что электромагнитные излучения, которые рождаются в недрах звезды, не могут «пробиться» сквозь толщу ее вещества к поверхности и до нас не доходят. В связи с этим астрономы вынуждены довольствоваться лишь чисто теоретическими способами изучения источников могучей звездной энергии.

Что происходит в центральной части звезды? В каком состоянии находится ее вещество? Какие именно ядерные реакции протекают в ее глубинах? На все эти вопросы до сих пор нет однозначного ответа.

И только в самые последние годы благодаря успехам современной ядерной физики намечился новый, весьма перспективный путь проникновения в тайны внутреннего строения звезд.

Он связан с открытием и изучением особой ядерной частицы — нейтрино. История ядерной физики знает немало примеров блестящих теоретических предвидений. Так, например, в конце 20-х годов нашего столетия знаменитый английский физик Поль Дирак разработал теорию движения электронов в атомах, быстро завоевавшую всеобщее признание. Эта теория, между прочим, утверждала, что элементарные частицы материи могут отличаться друг от друга не только массой, но также своими электрическими и магнитными свойствами. В частности, она предсказывала, что в природе наряду с электронами должны существовать «антиэлектроны», т. е. частицы с массой электрона, но обладающие положительным зарядом. Прошло всего четыре года, и при изучении космических лучей был обнаружен позитрон — частица, в точности совпадающая с антиэлектроном Дирака. В настоящее время физикам известны также антинейтроны, антипротоны и многие другие античастицы.

В 1931 г. была теоретически открыта еще одна элементарная частица. Изучая процессы так называемого радиоактивного бета-распада, физики выяснили, что нейтрон может самопроизвольно распадаться на протон и электрон. Однако при этом обнаружилось явное несоответствие с законом сохранения энергии. Измерение энергии вылетающего электрона каждый раз давало новые результаты, а в ряде случаев общей энергии продуктов реакции явно не хватало по сравнению с теоретическими подсчетами.

Куда же может исчезать энергия?

Ответ на этот вопрос дал известный швейцарский физик Вольфганг Паули. Закон сохранения энергии, — рассуждал ученый, — не может не выполняться. Значит, недостающая энергия только кажется нам исчезнувшей. В действительности ее уносит с собой какой-то материальный носитель — неизвестная нам частица. Но эта

частица неуловима, ее никак не удастся обнаружить. Следовательно, она чрезвычайно мала, обладает ничтожной массой и не должна иметь электрического заряда. В связи с этим знаменитый итальянский физик Энрико Ферми предложил называть новую частицу «нейтрино», что на итальянском языке одновременно означает и «маленький» и «нейтральный».

Если нейтрино действительно реальная частица, то в природе должна существовать и соответствующая ему античастица — антинейтрино. Однако «поймать» новые частицы долгое время не удавалось. Чтобы обнаружить нейтрино, надо было заставить его вступить в какое-либо взаимодействие с другими частицами и зафиксировать полученный эффект. Но благодаря своим свойствам нейтрино может совершенно беспрепятственно проходить сквозь гигантские толщи вещества. Как говорят физики, длина свободного пробега этой частицы, т. е. среднее расстояние, которое она способна пройти в веществе, не испытывая соударений с другими частицами, исчисляется миллионами миллиардов километров.

Это означает, что нейтрино, вылетевшее по направлению к Земле, например с Полярной звезды, находящейся от нас на расстоянии около 600 световых лет, легко преодолело бы это расстояние даже в том случае, если бы все пространство между Полярной звездой и Землей было сплошь заполнено чугуном. Более того, совершив такой «подвиг», нейтрино могло бы, продолжая свое движение, преодолеть еще несколько подобных препятствий.

Представим себе на минуту фантастический живой организм, состоящий из одних только нейтрино. Взаимодействие такого «нейтринного существа» с обычным веществом было бы чрезвычайно слабым. Оно проникало бы с необычайной легкостью сквозь закрытые двери и толстые стены.

Недавно один американский физик подсчитал, что для заметного поглощения нейтрино веществом необходимо, чтобы его плотность достигала чудовищной величины: 10^{12} — 10^{15} граммов в одном кубическом сантиметре. Это значит, что даже такие сверхплотные звезды, как белые карлики (плотность которых составляет около 10^8 граммов в кубическом сантиметре), являются «прозрачными» для нейтрино.

Как же все-таки уловить нейтрино? Для этого, прежде всего, очевидно, необходим мощный источник таких частиц, который создавал бы интенсивный нейтринный поток. Подобные источники в распоряжении современных физиков имеются. Это ядерные реакторы определенных типов, во время работы которых создается сильное антинейтринное излучение: до 10 млрд. частиц за каждую миллиардную долю секунды. Поток этот направляют на вещество, содержащее ядра атомов водорода — протоны. Взаимодействуя с ними, антинейтрино вызывают ядерную реакцию — протоны превращаются в нейтроны. Случается это не часто. В целой тонне водородо-содержащего вещества в течение часа происходит всего около 100 превращений. Но и этого уже достаточно, чтобы современная экспериментальная техника могла зарегистрировать соответствующий эффект. Именно таким путем и удалось, наконец, изловить неуловимое нейтрино.

Не может ли нейтринное излучение послужить новым «вестником далеких миров»? Эту многообещающую идею, дающую начало новой области знания — нейтринной астрономии, высказали несколько лет назад венгерские физики Георг Маркс и Нора Менихард.

И в самом деле, новые частицы обладают всеми необходимыми для этого качествами. Колоссальная проникающая способность нейтрино позволяет им пронизывать толщи звездных тел, словно пустое пространство, а длина их свободного пробега в космосе в миллиарды миллиардов раз превышает радиус доступной современным методам исследования области Вселенной.

В то же время нейтрино являются непосредственными «участниками» ядерных превращений, протекающих в недрах звезд. Они могут сообщить нам множество ценнейших сведений об этих процессах. Уже сейчас известно, например, что различным типам ядерных реакций соответствует испускание нейтрино и антинейтрино различных энергий. И если бы удалось, например, изучить нейтринный поток, идущий к нам от Солнца, мы, возможно, узнали бы, наконец, какой именно тип термоядерной реакции преобладает в его недрах. Некоторые ученые полагают, что «нейтринное солнце», т. е. внутреннее ядро нашего дневного светила, которое испускает нейтрино, в сто раз меньше видимого Солнца.

С теоретической точки зрения колоссальные познавательные возможности нейтринной астрофизики не вызывают сомнений. Но каким образом регистрировать и исследовать нейтринные потоки, приходящие к нам из космоса? Ведь тот метод обнаружения нейтринного излучения, о котором мы говорили, позволяет фиксировать его только в тех случаях, когда на каждый квадратный сантиметр поверхности каждую секунду падает не менее миллиарда миллиардов частиц. Между тем расчеты показывают, что нейтринный поток, идущий от Солнца, примерно в тысячу раз меньше, а общий фон нейтринной радиации еще ниже.

Все же и эта задача разрешима.

Когда вы приходите в поликлинику, чтобы сделать рентгеновский снимок, вас подводят к аппарату, устанавливают фотопленку, что-то включают и выключают. Вы ничего не чувствуете, потому что рентгеновские лучи невидимы и неощутимы. Но, действуя на чувствительную фотоэмульсию, они заставили ее почернеть в определенных местах. Получился снимок.

Нейтрино тоже нельзя наблюдать непосредственно. Но и эти частицы можно обнаружить косвенным путем. Надо только заставить их вступить в какое-либо взаимодействие с другими частицами и зарегистрировать результат.

На помощь астрофизикам должна прийти ядерная реакция с участием «неуловимых» частиц. При взаимодействии нейтрино с ядром одного из изотопов хлора, последнее превращается в ядро изотопа аргона и, кроме того, образуется один электрон. В отличие от нейтрино, эти частицы можно регистрировать обычными методами. В то же время можно через определенные промежутки времени определять радиоактивным методом количество образовавшегося аргона.

В качестве «объектива» нейтринного телескопа может быть использован резервуар, содержащий несколько десятков тонн четыреххлористого углерода. Фантастическое описание такого инструмента и было приведено в начале главы. Подобное устройство позволило бы регистрировать нейтринные потоки интенсивностью до 10 млрд. частиц на квадратный сантиметр в секунду. Такая чувствительность тоже еще не вполне достаточна,

но имеются возможности чисто технических усовершенствований, способных значительно ее увеличить.

Вторая трудность, с которой придется встретиться нейтринной астрономии, — это помехи со стороны других космических излучений. Однако от этих помех можно избавиться весьма оригинальным способом. В отличие от обычных оптических и радионаблюдений, изучение нейтринных потоков Солнца будет, очевидно, производиться не в дневное время, а ночью, когда наше дневное светило погружается под горизонт. При этом нейтринный телескоп должен смотреть не в небо, а... в землю. Таким образом, наблюдения будут осуществляться сквозь всю толщу планеты. Поглощая все другие излучения, кроме нейтринного, Земля послужит отличным фильтром.

Есть все основания ожидать, что уже в сравнительно недалеком будущем «нейтринные наблюдения» Солнца станут реальностью. Дальнейшее увеличение чувствительности приемных устройств позволит приступить к исследованию нейтринного излучения космического пространства и отдельных галактик.

В последние годы в связи с открытием античастиц много говорится о возможности существования космических миров, целиком построенных из антиматерии. Но есть ли такие миры в действительности?

Ответить на этот вопрос необычайно трудно. Дело в том, что внешне звезда или даже галактика, целиком состоящая из антивещества, ничем не отличалась бы от обычной. Ее «антиприрода» обнаружилась бы только в случае столкновения с обычной звездой, но подобные столкновения практически невозможны, так как звезды отделены друг от друга колоссальными расстояниями, во много раз превышающими их собственные размеры. Примерно то же самое можно сказать и относительно галактик.

Единственный реальный путь, позволяющий получить ответ на поставленный вопрос, указывает нейтринная астрономия. При ядерных реакциях, происходящих в недрах Солнца и других обычных звезд, излучаются потоки антинейтрино. Но если бы Солнце состояло из антиматерии, оно испускало бы нейтрино. Поэтому если удастся установить, что какая-либо галактика излучает поток нейтрино, мы сможем с полной уверенностью

утверждать, что эта галактика состоит из антивещества. Разумеется, практическое решение этой задачи необычайно сложно, так как антимир, если он действительно существует, должны находиться от нас на колоссальных расстояниях и их нейтринные потоки чрезвычайно слабы.

Нейтринная астрономия рождается на наших глазах. И очень может быть, что уже в ближайшем будущем этот новый метод станет едва ли не самым могучим орудием познания Вселенной.

Из глубин Вселенной

Мы познакомились с электромагнитными «вестниками далеких миров», которые уже служат астрономам, и нейтрино — стремительными частицами, которые исследователи Вселенной только стараются приручить. У тех и у других есть общая черта. Порции электромагнитного излучения — фотоны и нейтрино — это элементарные «частицы» материи, не имеющие электрического заряда. Но космическое пространство в различных направлениях пронизывают также заряженные частицы вещества — космические лучи. Это прежде всего ядра атомов водорода — протоны, ядра атомов гелия — альфа-частицы, а также, хотя и в меньших количествах, ядра атомов остальных химических элементов.

Раньше других космическими лучами заинтересовались физики. Изучая их, они получили возможность наблюдать разнообразные взаимодействия элементарных частиц, превращения вещества и излучения. В этой естественной лаборатории были впервые открыты позитроны, мезоны и некоторые другие частицы вещества. Однако не меньшее значение изучение космических лучей имеет для исследования Вселенной. И прежде всего частицы космического излучения несут важную информацию о космических объектах, которые являются их источниками. Астрофизикам также чрезвычайно важно знать, каким образом космические частицы приобретают свои колоссальные энергии, что представляет собой загадочный природный «ускоритель», как он работает?

От всех прочих вестников далеких миров космические лучи отличаются не только отсутствием электрического заряда, но и весьма большим разнообразием ме-

тодов их регистрации. Ядра атомов, летящие к нам из космического пространства, улавливаются с помощью всякого рода фотопластинок, счетчиков, регистрационных камер и других весьма сложных устройств. Их «подстерегают» в глубоких шахтах, с тем, чтобы менее энергичные частицы отсеялись, не сумев проликнуть сквозь толщу земли, регистрируют на специальных станциях, расположенных на вершинах гор, за ними охотятся в верхних слоях атмосферы с помощью стратостатов. Именно здесь, на больших высотах удается обнаруживать первичное излучение, в то время как до земной поверхности доходят в основном лишь вторичные лучи, возникающие в атмосфере.

В последние годы аппаратуру для изучения космических лучей стали устанавливать на борту искусственных спутников Земли и автоматических межпланетных станций. На первых порах это были отдельные счетчики, показания которых передавались по радиоканалу наземным пунктам. Однако для более глубоких исследований необходимо было доставить в космос более совершенную аппаратуру. Задача не из легких! Аппаратура для изучения космических лучей отличается довольно большим весом и габаритами. Поэтому для вынесения ее в космос необходимы тяжелые спутники достаточно больших размеров.

Первым таким спутником стала советская космическая станция «Протон 1». Общий вес полезного груза, доставленного на орбиту, т. е. самой космической станции и комплекса контрольно-измерительной аппаратуры, составлял 12,2 т. Чтобы вывести на орбиту такой спутник, понадобилась необычайно мощная ракета, обладающая силовыми установками, способными развивать мощность свыше 60 млн. лошадиных сил.

Для «Протона 1» была разработана специальная измерительная аппаратура. Приборы, установленные на борту спутника, могли выполнять целый ряд задач: измерять энергии космических частиц, определять их природу, регистрировать электроны и т. п.

Управление работой научной аппаратуры и всех систем станции осуществлялось как с помощью бортовых программно-временных устройств, так и радиокомандами с Земли.

Для снабжения всей разнообразной аппаратуры станции необходимым количеством электроэнергии на ее борту была установлена мощная солнечная энергетическая установка. На специальных панелях, которые до выведения станции на орбиту находились в сложенном состоянии, был укреплен ряд солнечных элементов, способных превращать солнечное излучение в электрический

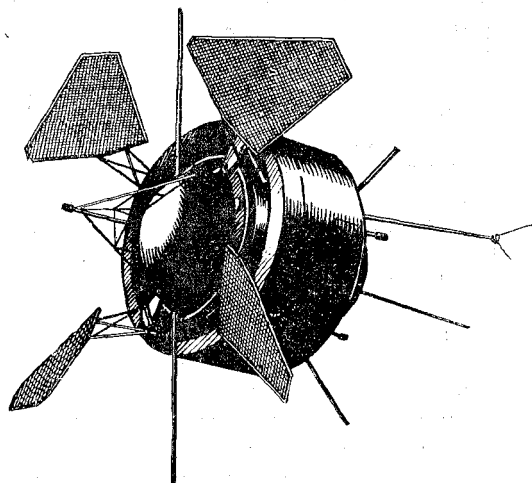


Рис. 11. Станция «Протон 1».

ток. После выхода станции на орбиту панели раскрылись и солнечные батареи начали вырабатывать электроэнергию. При движении спутника по освещенной части орбиты солнечные батареи обеспечивали электрическое питание всей аппаратуры. Кроме того, в это время производилась зарядка специальной химической батареи, которая вступала в работу, как только спутник входил в тень Земли.

Применение тяжелых искусственных спутников Земли типа космической станции «Протон» открывает широкие перспективы для решения целого ряда интересных проблем изучения Вселенной.

Космические лучи — свидетели и участники многих неизвестных нам процессов и явлений, протекающих во глубинах космоса в нашей Галактике, а возможно, и за

ее пределами. По меткому выражению одного известного физика — это «иероглифы природы». Но разгадать их нелегко.

Помимо того, что при анализе результатов измерений космических лучей ученые сталкиваются с многочисленными сложными задачами, сам этот анализ представляет собой весьма кропотливую и трудоемкую работу. Представьте себе, например, несколько сотен килогرامмов фотографической эмульсии, поднятой с помощью специального зонда на высоту 30—40 км. В такой эмульсии запечатлелись траектории множества частиц, оставивших за время опыта свои следы. И среди них нужно отыскать след, быть может, одной-единственной частицы, представляющей особый интерес. Надрешением подобной задачи иногда в течение многих месяцев трудятся сотрудники сразу нескольких лабораторий.

Еще одна трудность состоит в том, что космические частицы, которые приходят к нам на Землю, за исключением разве только космических лучей солнечного происхождения, давным-давно утеряли всякую связь с объектами, их породившими. Это объясняется тем, что, обладая электрическим зарядом, частицы космического излучения во время своих длительных скитаний в мировом пространстве под действием межзвездных магнитных полей теряют первоначальное направление движения. Другое дело, если бы удалось обнаружить в составе космического излучения гамма-фотоны — порции электромагнитного излучения, которые движутся строго прямолинейно. Это открыло бы перед астрономией новые возможности познания Вселенной.

Но пока экспериментаторы не могут дать ответа на вопрос об источниках космических лучей, проблему пытаются решить теоретики. Это тем более важно, что согласно современным представлениям, в прошлом в нашей области Вселенной плотность космического излучения могла быть весьма значительной, превосходящей плотность межзвездного газа. А это означает, что в определенную эпоху космические лучи могли играть весьма важную космогоническую роль.

В последние годы советские ученые В. Л. Гинзбург, И. С. Шкловский и другие успешно разрабатывают теорию происхождения космического излучения при вспышках так называемых сверхновых звезд. Астрономические

наблюдения подтверждают выводы этой теории и в настоящее время генерация космического излучения при вспышках сверхновых может считаться установленным фактом. Вполне вероятно, что именно сверхновые звезды, если и не единственные, то по крайней мере главные «поставщики» космического излучения в нашей звездной системе.

Однако существуют и другие гипотезы. Некоторые из них утверждают, что подавляющая часть космических лучей образуется вне пределов нашей Галактики, в метагалактическом пространстве или в радиогалактиках, т. е. галактиках, излучающих радиоволны. Существует и промежуточная гипотеза, которую можно назвать «расширенной» галактической теорией. По этой теории космические лучи приходят в нашу Галактику из соседних 15—20 галактик, которые вместе с ней образуют так называемую Местную систему.

Какая же из этих гипотез верна? Ответ на этот вопрос попытались дать советские ученые В. Л. Гинзбург и С. И. Сыроватский. Предположим, что космические лучи поступают в Галактику извне, из других галактик. Но так как совокупность всех галактик — Метагалактика — находится в состоянии непрерывного расширения, то нашей звездной системы, очевидно, могут достигать лишь те частицы, которые «рождаются» в сравнительно близкой области пространства. Несложные подсчеты показывают, что в такой области находится около десяти тысяч галактик, в том числе несколько радиогалактик, отличающихся особенно сильным космическим излучением. Интенсивность космических лучей, выходящих из нашей Галактики, известна довольно точно. Поэтому нетрудно оценить тот общий вклад, который могут внести в «пополнение» космическими лучами метагалактического пространства остальные десять тысяч «нормальных» галактик. Примерно столько же (даже несколько меньше) дают все радиогалактики вместе взятые. Такой подсчет позволяет оценить среднюю плотность энергии космических лучей внегалактического происхождения. Она оказывается весьма незначительной, примерно в тысячу раз меньшей, чем плотность космического излучения внутри нашей Галактики.

Но, может быть, в таком случае правы сторонники «расширенной» теории, которые считают, что плотность

космического излучения велика лишь в пределах нашей Местной системы галактик? Однако и подобное предположение встречает ряд серьезных возражений. Всякая теория происхождения космических лучей должна объяснить наблюдаемое в них относительное количество ядер атомов различных химических элементов, в том числе лития, бериллия и бора. Дело в том, что в природе эти элементы встречаются гораздо реже, чем в составе космических лучей. Наблюдения показывают, например, что в атмосферах звезд количество атомов лития, бериллия и бора по сравнению с атомами азота, углерода и кислорода ничтожно. А это означает, что те ядра лития, бериллия и бора, которые мы находим в космических лучах, образовались в результате «вторичных процессов»: столкновений и расщепления более тяжелых ядер.

Для того чтобы получилось наблюдаемое количество лития, бериллия и бора, должно произойти достаточно большое число столкновений. Следовательно, частицы космических лучей должны встречать на своем пути достаточно большое количество вещества — межзвездного газа.

Если попытаться дать объяснение этим фактам с точки зрения «расширенной» теории, то получится, что масса межзвездного газа в Местной системе галактик должна примерно в десять раз превосходить общую массу самих галактик. Но подобный вывод находится в явном противоречии с данными астрономических наблюдений.

Есть и еще одно важное соображение против «расширенной» теории. Для того чтобы сохранялась определенная концентрация космических лучей в пределах Местной системы галактик, необходимо, чтобы они удерживались внутри этой системы достаточно сильным магнитным полем. Однако существование подобной магнитной ловушки также не находит себе подтверждения в астрономических наблюдениях и вообще весьма маловероятно.

Космические лучи — не такой уж молодой вестник Вселенной. И они уже успели многое рассказать физикам о закономерностях строения материи. Но относительно таинственных процессов, протекающих в глубинах

Вселенной, космические лучи пока что упорно «отмалчиваются». Тем не менее есть все основания надеяться, что недалеко время, когда и они заговорят «полным голосом».

Еще одно оружие

Многочисленные вестники далеких миров приносят нам ценнейшие сведения о Вселенной. Но эти сведения оставались бы просто набором разрозненных фактов, если бы человек не умел анализировать их, обнаруживать всевозможные связи между ними, раскрывать закономерности, ими управляющие, если бы он не обладал способностью мыслить. Именно разум человека позволил ему создать те замечательные приборы и инструменты, с помощью которых улавливаются и расшифровываются почти все вестники Вселенной.

Но мало того. Далеко не все явления в окружающем нас мире можно непосредственно наблюдать. И далеко не каждое событие, которое мы наблюдаем во Вселенной, непосредственно вытекает из какого-либо другого, нам уже известного. В таком случае на помощь исследователю приходит научная теория. Она позволяет вскрывать зависимости между различными явлениями и процессами, восстанавливать недостающие звенья, предвидеть новые факты, исследовать такие задачи, которые нельзя решить с помощью одних лишь наблюдений и измерений. Именно теория освещает путь дальнейших исследований и концентрирует усилия ученых в определенных направлениях, ставит перед ними первоочередные задачи, нацеливает на поиски определенных фактов.

Теория не может существовать без фактов, без данных наблюдений; без них она превратилась бы в пустые логические упражнения, в решения умозрительных задач, не содержащие в себе никаких сведений об окружающем мире. Но и простой калейдоскоп фактов без теоретического осмысления, без выяснения ведущих закономерностей, управляющих этими фактами, принес бы мало пользы исследователям природы. Наблюдения и теоретические исследования в современной науке — это близнецы, которые не могут существовать друг без друга.

Характер теоретических исследований в современной астрономии весьма разнообразен. Здесь можно встре-

тить и математические выкладки, и статистические подсчеты — обобщение результатов многочисленных наблюдений, и оригинальные гипотезы и смелые догадки. Конечной целью подобных исследований является составление и решение уравнений, как можно более точно описывающих тот или иной процесс. В основе же почти всех теоретических изысканий лежит так называемый метод сравнения...

Существует старинная легенда о короле, который однажды задал своим «мудрецам» нелегкую задачу. Пригласив их во дворец, он указал им на большой каменный шар, лежавший посреди двора, и попросил определить, что находится внутри него. Один за другим пытались «мудрецы» разрешить трудную загадку. Сутками напролет просиживали они наедине с шаром, пристально вглядываясь в него и стараясь силой мысли проникнуть внутрь камня. И один за другим удалялись, понурив голову, так и не справившись с заданием. Так продолжалось до тех пор, пока среди «мудрецов» не нашелся действительно мудрый человек. Он приказал разложить под загадочным шаром костер и нагревал его до тех пор, пока раскаленный камень не треснул и шар не распался на две половинки. И тогда все увидели, что внутри шара нет ничего, кроме камня...

Мудрец из легенды поступил совершенно правильно. Если какой-либо предмет абсолютно неподвижен, если с ним ничего не происходит, если его современное состояние мы не можем сравнить с другими его состояниями, то мы о нем мало что сможем узнать. И когда ученые ставят тот или иной эксперимент, они как раз изменяют состояние интересующего их объекта. Иногда можно обойтись и без эксперимента. Его заменяют наблюдения за теми изменениями, которые с течением времени происходят с самим объектом в природе. Разумеется, подобный способ, как правило, приводит к цели значительно медленнее. Но бывает и так, что он вообще практически неприменим: в тех случаях, когда изменения, интересующие ученых, протекают слишком медленно, настолько медленно, что их невозможно проследить за сколько-нибудь реальными сроками.

Именно в таком положении находятся астрономы. Подавляющее большинство космических тел и космических систем развиваются чрезвычайно медленно

в сравнении с масштабами человеческой жизни. Продолжительность существования звезды или галактики исчисляется миллиардами лет. Столетие в «жизни» подобного объекта — все равно что секунда в жизни

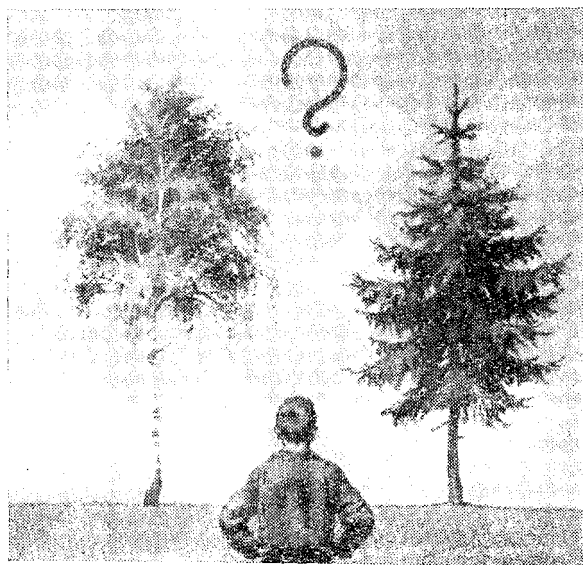


Рис. 12. Береза и ель.

человека. Не удивительно, что исследователь, наблюдающий за какой-либо звездой даже десятки лет подряд, в большинстве случаев не обнаруживает в ее состоянии заметных изменений. Положение существенно не изменилось бы и в том случае, если бы за такой звездой наблюдали не отдельные ученые, а даже несколько последовательных поколений астрономов. Подобный способ изучения эволюции космических тел потребовал бы чудовищных сроков в десятки и сотни миллионов лет.

Положение астронома в этом смысле можно сравнить с положением человека, которому поручили в течение одних суток изучить развитие какой-либо породы дерева, например, березы или сосны. На первый взгляд подобная задача представляется вообще неразрешимой.

Одни сутки в жизни березы — такой же малый промежуток времени, как сотни лет в жизни звезды. Нетрудно догадаться, что за сутки с березой не произойдет каких-либо существенных изменений, на основании



Рис. 13. Ряд деревьев постепенно увеличивающегося возраста.

которых можно было бы судить об особенностях ее развития.

И тем не менее задачу все же можно решить. Решить методом сравнения. Для этого надо пойти в лес, отыскать там несколько берез различного возраста, мысленно расположить деревья в порядке его увеличения и по этому «возрастному ряду» сделать вывод о развитии березы вообще.

Примерно так же могут поступать и астрономы. В мире звезд мы встречаемся с объектами разного возраста. Поэтому, чтобы судить об эволюции небесных тел, надо разделить их на классы однотипных объектов и внутри каждого такого класса составить «возрастной» ряд.

Фактически подобный ряд будет представлять собой то же самое, что и ряд следующих друг за другом во времени состояний одной и той же звезды.

Разумеется, это лишь принцип подхода к решению задачи. Практически же астрономы поступают следующим образом. Сравнение звезд ведется по двум физическим характеристикам, которые в наибольшей степени отражают состояние этих небесных тел. Характеристики,

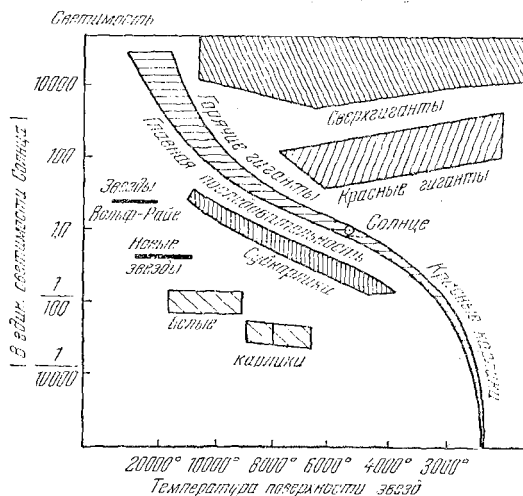


Рис. 14. Диаграмма «спектр — светимость».

о которых идет речь: поверхностная температура и светимость, т. е. количество света, излучаемое звездой в сравнении с Солнцем, светимость которого условно принимается за единицу. И поверхностная температура, и светимость в процессе эволюции звезды постоянно меняются, отражая те качественные превращения, которые происходят в ее физическом состоянии.

Составляется специальная диаграмма — диаграмма «температура — светимость» или, как ее чаще называют, диаграмма «спектр — светимость». По горизонтальной оси откладывают поверхностные температуры звезд, по вертикальной — их светимости. Таким образом, каждая звезда в соответствии со своими физическими свойствами

ми изображается на диаграмме некоторой точкой. В верхней левой части располагаются точки, изображающие звезды с высокой светимостью и высокой температурой, а в правой нижней — «холодные» звезды, излучающие мало света.

Нанося на подобную диаграмму физические характеристики большого числа звезд, астрономы тем самым как бы собирают большой сравнительный материал. Анализ этого материала позволяет сделать важные выводы о закономерностях развития звезд.

Так, например, положение каждой точки на диаграмме определяется возрастом данной звезды; оно зависит от того, на каком этапе своего развития эта звезда находится. Чтобы узнать, какое положение занимала эта точка в прошлом и куда она переместится в будущем, астрономы прибегают к остроумному приему. Известно, что звезды одного скопления имеют приблизительно одинаковый возраст. Значит, сравнивая диаграммы спектр — светимость, составленные для различных скоплений — «старых» и «молодых», можно выяснить, в каких направлениях эволюционируют звезды.

Метод сравнения оказал неоценимую помощь астрономам и при решении такой сложнейшей задачи, какой является изучение нашей Галактики — гигантского звездного острова, к которому принадлежит и наше Солнце. Главная трудность, с которой встречаются здесь ученые, состоит в том, что мы сами находимся внутри этой звездной системы и далеко не все ее области доступны современным методам наблюдений.

Представьте себе человека, который впервые в жизни приехал в незнакомый город и которого попросили составить подробный план этого города, не выходя за пределы одной из городских площадей. Очевидно, при таких условиях задача неразрешима. Чтобы справиться с ней, нужно либо подняться в воздух и взглянуть на город сверху, либо последовательно пройти по всем его улицам, переулкам и площадям.

Но, к сожалению, для исследования Галактики ни один из этих способов, по крайней мере в настоящее время, неприменим. Мы не можем ни вылететь за пределы этой звездной системы и посмотреть на нее со стороны, ни последовательно побывать в разных ее точках.

Но есть еще один путь. Изучать различные звездные острова Вселенной и сравнивать их друг с другом и с нашей Галактикой. В строении различных галактик имеются сходные черты, а их развитие подчиняется общим закономерностям. Поэтому сравнение с ними позволит многое узнать о нашем собственном звездном острове.

Враг номер один

В астрономическом архиве сохранилась любопытная фотография. На ней изображен академик Аристарх Аполлонович Белопольский, один из основоположников русской астрофизики. Ученый у телескопа.словно ночной сторож на посту, Белопольский облачен в огромные валенки и могучий овчинный тулуп.

Может быть, в ту зиму обсерватория испытывала нехватку угля и дров? Нет, топлива было вполне достаточно. Тогда почему же такое странное одеяние?

Фотография, о которой идет речь, могла бы служить своеобразной эмблемой одной из тех трудностей, которые испытывают исследователи Вселенной. Помимо колоссальных космических расстояний, у астрономов есть еще один могущественный и коварный враг — атмосфера. Наша планета окутана со всех сторон сплошной газовой оболочкой. По сути дела, мы живем на дне огромного воздушного океана. Этот океан необходим нам для жизни, но он поглощает львиную долю космических излучений. Сквозь воздух проходят только видимый свет и отчасти радиоволны. Атмосфера не только «перехватывает» многочисленных «гонимов Вселенной» вместе с их бесценной информацией. Сильно осложняет она и исследования того космического света, который достигает поверхности Земли.

Воздух над Землей никогда не бывает абсолютно спокоен — в атмосфере постоянно происходит перемещение воздушных масс. Воздушные слои различной плотности, сквозь которые проходит свет небесных тел, играют роль своеобразных линз. Колебания атмосферы вызывают как бы изменения оптических свойств таких линз. Изображения звезд и других космических объектов в поле зрения телескопа начинают колебаться и выходить из фокуса. Чем больше увеличение, тем сильнее помехи. В конце концов наступает момент, когда даль-

нейшее увеличение только ухудшает различимость деталей.

Даже комнатный теплый воздух, поднимаясь вверх, настолько искажает изображение, что башни телескопов в зимнее время приходится не отапливать. Здесь должна быть точно такая же температура, как и снаружи. Этим и объясняется необычная одежда академика Белопольского на фотографии, о которой шла речь. Но даже равенство внешней и внутренней температуры не спасает положения.

Существование атмосферы приводит и к многим другим серьезным трудностям. Представьте себе, например, что надо выяснить, имеется ли водяной пар в атмосфере какой-либо планеты, предположим, в атмосфере Венеры. Сделать это необычайно трудно. Световые лучи, несущие необходимую информацию, прежде чем попасть в объектив телескопа, неизбежно пройдут сквозь воздушную оболочку Земли.

Но даже над самыми сухими и знойными пустынями в земной атмосфере содержится довольно большое количество водяных паров и они дадут в спектре свои линии. Выделить на их «богатом» фоне слабые признаки присутствия водяных паров в газовой оболочке другой планеты оказывается практически невозможным.

Примерно такие же трудности встречаются при попытках обнаружить в космосе кислород и азот, так как большое количество этих газов содержится в воздухе.

Выход из всех подобных затруднений один — поднимать астрономическую аппаратуру как можно выше. Примерно четыре пятых всей массы атмосферы сосредоточено в самых нижних, приземных слоях воздуха, в так называемой тропосфере. Поэтому даже сравнительно небольшое увеличение высоты благотворно сказывается на качестве астрономических наблюдений. Это обстоятельство и заставляет астрономов сооружать свои обсерватории главным образом в горных районах.

Еще больший эффект дает подъем астрономических приборов на воздушных шарах и аэростатах. Например, советскими учеными создана специальная астрономическая станция для подъема на высоту около 20 км аппаратуры, предназначенной для изучения Солнца. Станция на гибком тросе подвешивается к баллону, свободно парящему в воздухе. Главный инструмент станции — теле-

скоп-рефлектор с параболическим зеркалом диаметром 1 м, изготовленным из особого стеклообразного вещества — ситалла, мало чувствительного к колебаниям температуры. На станции имеются также спектрограф и фотокамеры.

За пределами атмосферы

Но кардинальное решение всех этих проблем может быть достигнуто лишь с помощью крупных космических аппаратов, способных на длительное время выносить астрономическую и измерительную аппаратуру за пределы воздушной оболочки Земли, доставлять ее к поверхности других небесных тел.

С помощью высотных ракет, спутников, автоматических межпланетных станций и космических зондов уже были получены важные сведения о Солнце, Луне и ближайших планетах Венере и Марсе.

Возможности заатмосферной астрономии расширятся в еще большей степени, когда в околоземном космическом пространстве будут созданы крупные обитаемые орбитальные станции, оборудованные разнообразной астрономической аппаратурой, предназначенной для изучения космических излучений в их первозданном, не измененном атмосферой виде. И тогда наши знания о процессах, протекающих в глубинах космоса, совершат небывалый скачок.

Но самой лучшей космической обсерваторией, бесспорно, со временем станет Луна. Наша небесная соседка полностью лишена атмосферы и благодаря этому представляет собой идеальную обсерваторию. Ни облачности, ни воздушных течений; всегда, в любое время черное идеально чистое небо. О чем еще может мечтать астроном?

На поверхности Луны более благоприятны, чем на Земле, и условия для приема радиоголосов космоса. Ведь у нашего естественного спутника нет ионосферы — тех электропроводящих слоев воздуха, которые оказывают существенное влияние на распространение радиоволн. Поэтому лунные радиотелескопы, вероятно, будут обладать гораздо большей чувствительностью. К тому же на Луне значительно меньше помех радиоприему, чем на Земле.

У «лунной астрономии» есть еще одно важное преимущество. На поверхности нашего естественного спутника все предметы, как известно, весят в шесть раз меньше, чем на Земле. В этом «облегченном» мире возможно сооружение телескопов таких размеров, о которых «наземная» астрономия не может и мечтать. Недаром один из зарубежных ученых заметил в шутку, что

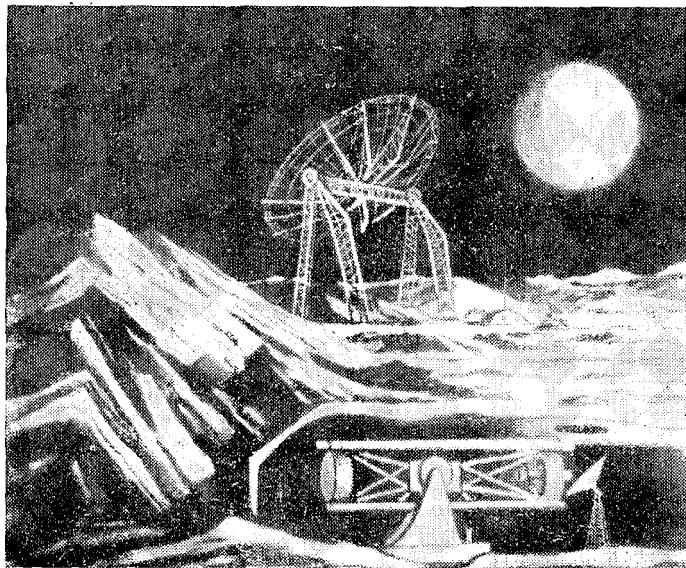


Рис. 15. Лунная станция будущего.

если бы существовал бог, он должен был бы тех астрономов, которым предназначено попасть в рай, направлять на Луну...

Луна не только чудесная обсерватория, но и уникальная физическая лаборатория. Сама природа создала здесь тот идеальный вакуум, который так нужен физикам в их опытах и установках, например, в гигантских ускорителях ядерных частиц. Химики и биологи получат возможность исследовать в лунных лабораториях, как протекают различные процессы при пониженной силе тяготения.

Разумеется, помимо надежного освоения лунной трассы, создание научной станции на Луне потребует от ученых решения многих трудных проблем. В первую очередь надо будет обеспечить нормальные условия жизни для людей — сотрудников станции.

Строителям и проектировщикам лунных сооружений предстоит решать довольно сложные и необычные задачи. Постройки на Луне должны быть предельно простыми по конструкции, прочными, герметичными, они должны служить надежной защитой от различных космических излучений, от ударов метеорных частиц и даже крупных метеоритов.

Вероятно, основные сооружения, в том числе жилые помещения, лучше всего разместить под лунным грунтом на некоторой глубине, которая будет зависеть от характера поверхностных слоев в данном районе. Возможно, что необходимые для этого внутренние полости будут создаваться с помощью глубинных взрывов. Уплотненные взрывом стенки таких полостей послужат достаточно надежной защитой от различных внешних воздействий.

Некоторая часть рабочих помещений, по-видимому, будет располагаться и непосредственно на лунной поверхности. В связи с этим неизбежно возникнет задача противометеоритной защиты подобных сооружений. Один из возможных вариантов — создание специальных защитных «зонтов» или «козырьков». Такие приспособления, вероятно, будут вполне достаточными для небольших помещений, в которых людям придется бывать эпизодически. Как показывают наблюдения на искусственных спутниках Земли и космических станциях, вероятность прямого «пробойного» метеоритного попадания не так уж велика.

Однако большие сооружения, в которых люди должны находиться длительное время, видимо, надо будет защитить сплошными непроницаемыми многослойными куполами. Такие же купола прикроют и места различных работ, производимых на лунной поверхности: строительные площадки, горные выработки и т. п.

Весьма своеобразна и проблема освещения лунных помещений. Вряд ли целесообразно применять прямое освещение солнечными лучами. Уже не говоря о том, что вследствие отсутствия атмосферы Солнце на Луне чрез-

вычайно яркое и для защиты глаз потребуются специальные светофильтры, прямой свет Солнца — это поток биологически опасных излучений. Но, с другой стороны, нельзя переходить целиком и на искусственное освещение. Дело не только в экономии энергии, но и в том, что длительное пребывание в подобных условиях может вредно сказаться на здоровье людей.

Вероятно, решение вопроса будет заключаться в том, чтобы вводить солнечный свет по особым каналам — световодам и, после того как он пройдет через систему специальных фильтров, направлять его на своды помещений.

Таким образом, строительство на Луне будет связано с преодолением целого ряда трудностей. Но, с другой стороны, «лунная стройплощадка» обладает и некоторыми преимуществами. Так, например, известно, что большинство строительных материалов гораздо лучше работает на «растяжение», чем на «сжатие». Однако в земных конструкциях это обстоятельство не всегда удается использовать. На Луне же стены наружных сооружений, которые, видимо, будут иметь куполообразную форму, будут всегда работать на растяжение. Это является прямым следствием разности внутреннего и внешнего давления. Снаружи — вакуум, внутри — давление воздуха, необходимое для жизни, т. е. близкое к атмосферному.

Весьма возможно, что удобными конструкциями для некоторых лунных помещений окажутся аэростатические, т. е. надувные купола. Если в земных условиях их широкое использование осложняется ветровыми и снеговыми нагрузками, то на Луне эти затруднения сами собой отпадают. На Земле сложно также поддерживать внутри надувного сооружения необходимое избыточное давление. На Луне же внутренние помещения так или иначе должны обладать герметичностью, а для входа и выхода должны существовать шлюзовые устройства.

Весьма благодатны лунные условия и для создания экономичных систем отопления. Тепло, накопленное во внутренних помещениях, здесь практически совсем не будет теряться. Внешний вакуум совершенно нетеплопроводен, а пористый лунный грунт также является плохим проводником тепла. Единственный путь отвода тепла — излучение с внешних поверхностей лунных сооружений.

Но это излучение легко можно регулировать, подбирая соответствующим образом характер покрытий.

Монтажные работы в вакууме интересны еще и в том смысле, что открывается заманчивая возможность так называемой холодной сварки. В принципе, гладко отшлифованные металлические поверхности здесь можно скреплять непосредственным плотным соединением за счет того, что в безвоздушном пространстве отсутствуют «жировые пленки», покрывающие металл.

Одной из самых трудных проблем, которые придется решать при создании лунной станции, вероятно, будет проблема стройматериалов. Ведь доставлять их с Земли и дорого и долго. Придется использовать местные ресурсы. Главное слово здесь, вероятно, будет принадлежать химикам. Им предстоит разработать специальные строительные материалы, которые можно было бы производить из лунного сырья. Вероятно, особенно широкое применение в лунном строительстве получат легкие и прочные материалы типа пластмасс.

Конечно, не один год понадобится для надежного освоения человеком трассы Земля — Луна и тем более для создания лунной станции. Но эти задачи обязательно будут решены наукой и техникой. Придет время и на поверхности нашей космической соседки возникнет научный город...

Но, вероятно, еще задолго до того, как начнет работать лунная станция, в околоземном космическом пространстве появятся орбитальные обсерватории. Это будут грандиозные сооружения, собранные по частям из деталей и узлов, доставленных многочисленными ракетами. На борту орбитальных станций разместятся телескопы и разнообразная аппаратура для астрономических исследований. На первых порах это будут обсерватории-автоматы. Все исследования здесь будут проводиться по заранее намеченной программе. В нужный момент аппаратура настроится на определенную планету или звезду и проведет серии необходимых наблюдений и измерений. Результаты будут записаны на магнитную пленку, а затем по радио- или телевизионному каналу переданы на Землю. А потом, вероятно, появятся и многочисленные орбитальные станции с людьми.

Человек будет обживать космос, а вместе с этим процессом будет развиваться и заатмосферная астрономия.

Космос—Земля

Человек и Вселенная

Все чаще и чаще эпоху, в которую мы живем, называют «космической эрой». Ее начало обычно связывают с днем 4 октября 1957 г., когда в Советском Союзе был выведен на орбиту первый искусственный спутник Земли. Это событие действительно явилось важнейшей датой в истории человечества. С него началось непосредственное освоение космоса. Однако потребность в расширении космических исследований, в материалах, которые можно «добыть» только в природной лаборатории Вселенной, в разнообразной «космической» информации, определилась еще раньше.

На протяжении многих веков все существование человека было связано с Землей. Человечество обитает на Земле, добывает здесь необходимые для своего существования ресурсы. Земля и земные явления служили главным объектом научных исследований, в земных условиях разворачивались все практические приложения человеческих знаний.

Правда, астрономическими наблюдениями люди занимались уже с глубокой древности. Однако использование результатов этих наблюдений носило довольно узкий прикладной характер. Оно ограничивалось в основном навигационными и геодезическими задачами и измерением времени.

На заре развития науки Земля казалась людям чем-то обособленным. Огромные расстояния до других небесных тел наводили на мысль, что космос не может оказывать на Землю сколько-нибудь существенного влияния (если не принимать во внимание астрономических суеверий).

И только зависимость жизни на Земле от Солнца была настолько очевидна, что люди уловили ее еще на заре своего существования.

Не случайно великий русский ученый К. А. Тимирязев любил говорить, что человек «вправе величать себя сыном Солнца».

Коренной перелом, потребовавший принципиально нового подхода к изучению космических явлений, произошел только в первой половине XX столетия. И перелом этот не был простой случайностью.

Наша планета не изолирована от остальной Вселенной. Многими тысячами нитей она связана с разнообразными процессами, протекающими в космическом пространстве. Если глубоко разобраться, то, вероятно, почти в каждом земном физическом, химическом и даже биологическом явлении можно обнаружить влияние закономерностей космического масштаба, космических процессов.

Во всяком случае, по мере накопления знаний об окружающем мире начали вырисовываться столь многочисленные и существенные связи и зависимости между земными и космическими явлениями, что теперь мы вправе называть человека не только сыном Солнца, но и в полном значении этого слова — сыном космоса.

Начнем с того, что само появление человека на Земле было бы невозможно без света и тепла Солнца. В то же время человек в процессе своей жизнедеятельности использует солнечную энергию, сконцентрированную в минеральных видах топлива и пищи. «Пища — это консерв солнечных лучей», — подчеркивал Тимирязев. И действительно, уголь, торф и другие минеральные виды топлива образовались в результате различных химических процессов, протекавших под воздействием солнечного излучения. Солнечные лучи играют первостепенную роль и в образовании растительной пищи в процессе фотосинтеза, который имеет также огромное значение для пополнения кислородных запасов земной атмосферы. Зеленые растения и в особенности водоросли поглощают из воздуха огромное количество углекислого газа и, перерабатывая его, выделяют гигантское количество кислорода. Если бы на Земле наступила вечная ночь и фотосинтез прекратился, то атмосфера нашей планеты по-

степенно лишилась бы кислорода и жизнь на ее поверхности была бы обречена на неизбежную гибель.

Более того, само становление человека как биологического вида произошло в соответствии с «космической обстановкой». Так, например, строение человеческого тела, в частности, скелета и мышечной ткани, сложилось в соответствии с величиной силы тяжести у поверхности Земли.

Притяжение Солнца и в особенности Луны служит причиной так называемых приливов и отливов, которые происходят в водной оболочке и в твердом теле нашей планеты и которые влияют на скорость вращения Земли.

Внешняя среда, включающая в себя факторы космического порядка, оказала прямое влияние и на формирование органов чувств человека. Так, например, глаз человека обладает максимальной чувствительностью к желто-зеленым лучам, т. е. именно к тем лучам, которые в составе солнечного света несут с собой наибольшую энергию...

...На одной из далеких планет, Лагаше, движущейся в системе шести солнц, должно произойти затмение. Расположение небесных тел таково, что на половину суток все обитаемое полушарие планеты должно погрузиться в полную темноту. Такое событие происходит примерно один раз в две с половиной тысячи лет и, как свидетельствуют старинные летописи, сопровождается небывалым явлением: появлением звезд, которые отнимают у людей разум и приводят к гибели цивилизации. Недаром историки и археологи обнаружили следы целого ряда последовательных цивилизаций, обитавших на Лагаше...

И вот наступает очередное затмение. На города и поселения Лагаша спускается непроглядная ночь. Вспыхивают звезды, особенно устрашающие, так как Лагаш находится в центре гигантского звездного роя.

И снова в очередной раз всеобщая паника, ужас, гибель...

Таково содержание фантастического рассказа «Приход ночи», принадлежащего перу известного современного американского писателя Айзека Азимова.

Разумеется, писатель сгустил краски. Но если говорить серьезно, то, несомненно, космические факторы оказывали свое влияние не только на строение человеческого организма, но и на психологию обитателей Земли.

Можно не сомневаться в том, что со временем, по мере развития наших знаний будут открыты и другие, более тонкие и поэтому менее очевидные связи между космическими и земными явлениями. В частности, не исключена возможность, что причиной некоторых процессов, имевших место в эволюции нашей планеты, например, великих оледенений Земли, были факторы космического порядка.

Проблема «Солнце — Земля»

Огромная роль солнечной энергии в жизни нашей планеты стала очевидной довольно давно. Нагревая поверхность Земли, Солнце приводит в движение массы воздуха, заставляя их перемещаться из одних районов в другие. Таким образом, наше дневное светило является основным «виновником» всех явлений погоды.

Однако влияние Солнца на погоду не ограничивается одним лишь тепловым воздействием. Наше дневное светило — источник не только света и тепла; с его поверхности излучаются потоки невидимых ультрафиолетовых и рентгеновских лучей, а также потоки корпускул — заряженных частиц вещества. Воздействие этих излучений на характер процессов, протекающих в земной атмосфере, было замечено уже много лет назад, но только в последние годы стали вырисовываться некоторые подробности этой неощутимой связи. Хотя количество тепла и света, посылаемое на Землю нашим дневным светилом, уже на протяжении многих сотен миллионов лет остается постоянным, интенсивность его невидимых излучений может испытывать значительные изменения. Она зависит от так называемой солнечной активности, которая не всегда одинакова.

Наибольшее количество света испускает самый нижний слой солнечной атмосферы, так называемая «фотосфера» (что означает «светящаяся сфера»). Это и есть тот ослепительный диск, который мы наблюдаем на небе. Выше фотосферы находится сравнительно тонкий (около 14 000 км) красноватый слой — «хромосфера» (что означает «окрашенная сфера»), состоящая из водорода, кальция и некоторых других химических элементов. Над хромосферой на огромную высоту вздымаются гигантские газовые фонтаны — протуберанцы. Газы в протуберан-

цах движутся с колоссальными скоростями, иногда достигающими 400—500 км/сек. Наконец, еще выше располагается самый внешний слой солнечной атмосферы — солнечная корона, состоящая из протонно-электронного газа. Корона простирается в космическое пространство на несколько сотен миллионов километров, заходя далеко за орбиту Земли. Можно с полным правом сказать, что мы живем внутри солнечной атмосферы.

При наблюдении невооруженным глазом поверхность Солнца представляется нам совершенно гладкой. Однако если посмотреть на дневное светило в достаточно сильный телескоп, мы увидим, что фотосфера состоит из множества отдельных зерен — гранул, которые находятся в постоянном движении. В фотосфере вблизи экваториальной зоны возникают и солнечные пятна — темные образования, поперечник которых достигает иногда 250 тыс. км.

Еще в начале текущего столетия было обнаружено, что солнечные пятна обладают сильными магнитными полями. Напряженность этих полей достигает 1000 гаусс у небольших пятен и 4000 гаусс у крупных. Для сравнения можно сообщить, что напряженность земного магнитного поля у полюсов составляет всего 0,5 гаусса.

Но это и не удивительно, так как вообще все вещество Солнца находится в ионизованном состоянии, а движение заряженных частиц всегда сопровождается образованием электрических и магнитных полей. Поэтому электромагнитные явления должны играть весьма существенную роль во всех физических процессах, происходящих на Солнце. Видимо, и возникновение солнечных пятен связано с действием магнитных сил. Во всяком случае, было замечено, что перед появлением пятна напряженность магнитного поля в данном районе атмосферы возрастает в несколько тысяч раз. Возможно, что такое усиление магнитного поля замедляет передачу тепловой энергии из центральных областей Солнца к фотосфере и возникают области пониженной температуры (примерно 4500—5000° по сравнению с 6000° в фотосфере). По контрасту с окружающей солнечной поверхностью такие области и выглядят темными пятнами.

Весьма вероятно также, что в местах ослабления магнитного поля происходят мощные выбросы энергии — факелы и протуберанцы.

Пятна — одно из внешних проявлений солнечной активности. По их количеству можно судить об ее уровне.

Но самое мощное проявление активности Солнца — так называемые вспышки, происходящие в нижних слоях солнечной атмосферы. Это термоядерные взрывы, возникающие благодаря быстрому сжатию магнитных полей и разогреванию солнечного вещества. Энергия одной из таких вспышек, зарегистрированной 23 февраля 1956 г.,

была по оценке ученых эквивалентна энергии одновременного взрыва миллиона водородных бомб.

Электромагнитные излучения вспышек доходят до Земли практически мгновенно (через 8 минут 18 секунд). Потoki же частиц, образующиеся при вспышках, в основном достигают нашей планеты через 1—2 суток. И лишь сравнительно небольшая часть движущихся с высокой скоростью частиц преодолевает расстояние между Солнцем и Землей за несколько часов.

Если световое и тепловое излучение нашего дневного светила из года

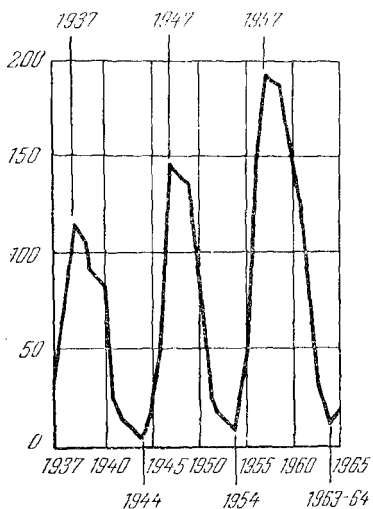


Рис. 16. Циклы солнечной активности.

в год практически не меняется, то в его поверхностной деятельности наблюдаются своеобразные циклы, в течение которых солнечная активность достигает максимального значения, а затем вновь убывает. Это случается примерно через каждые 11 лет. В такие годы на поверхности нашего дневного светила наблюдается большое количество пятен и вспышек, невидимые излучения достигают наибольшей интенсивности. Одновременно с этим на Земле возникают магнитные бури, происходят нарушения радиосвязи, наблюдается усиление ионизации верхних слоев атмосферы.

Помимо 11-летнего цикла солнечной активности существуют и другие, в частности, 100-летний, или вековой.

Эти циклы как бы накладываются друг на друга. Благодаря этому общий уровень солнечной активности зависит от того, на каком «этапе» своего развития находится в данный момент каждый из циклов. Поэтому невидимые излучения Солнца достигают наибольшей интенсивности в те годы, когда максимумы циклов совпадают. Именно такое совпадение произошло, например, в 1957 г. Если посмотреть на кривую, изображающую ход солнечной активности в текущем столетии, сразу можно заметить, что почти каждый очередной ее максимум расположен гораздо выше предыдущего. И максимум 1957—1958 гг. был самым высоким за последние 100 лет.

Таким образом, «тепловой фон», на котором разворачиваются явления погоды, из года в год в среднем не меняется, но зато меняется воздействие солнечной активности на земную атмосферу и, в частности, на погоду. Механизм подобного воздействия исследован еще недостаточно, и сведения, которыми мы располагаем на этот счет, не выходят в основном за рамки чисто статистических закономерностей, но сам факт зависимости явлений погоды от интенсивности невидимой радиации Солнца в настоящее время уже не вызывает сомнений.

Так, одновременно с ростом максимумов солнечной активности с начала текущего столетия наблюдалось явное потепление климата. Например, граница вечных льдов в Арктике отступила на несколько сотен километров к северу. Если в 1901 г. ледокол «Ермак» не смог пройти даже до северной оконечности Новой Земли, то в 1935 г. ледокол «Садко» прошел по чистой воде на 600 км севернее этого места. В 1925 г. малые ледокольные суда впервые обошли с севера по чистой воде остров Шпицберген, а в 1932 г. Землю Франца Иосифа. В период с 1924 по 1944 гг. общая площадь льда только в советских арктических районах уменьшилась приблизительно на 1 млн. квадратных километров.

О значительном потеплении говорит и неуклонный рост среднегодовых температур. Повышение среднегодовых температур отмечено на острове Шпицберген, на Земле Франца Иосифа, в Гренландии, в северных районах Советского Союза.

Если в 1895—1915 гг. средняя годовая температура в Архангельске составляла 0,2 градуса, то в период с 1916 по 1930 гг. она возросла до 0,9 градуса. А в районе

Ленинграда за последние 130 лет средняя температура поднялась на 1,1 градуса. Чтобы оценить величину подобного потепления, достаточно сказать, что повышение средней годовой температуры всего лишь на один градус равносильно перемещению данной местности к югу на 600—700 км.

Отодвигается к северу граница вечной мерзлоты в Сибири. Высокие деревья, в том числе березы, постепенно, со скоростью около 100 м в год, начинают проникать в тундру, где раньше они не могли расти из-за холодов. Растительность поднимается все выше и выше по склонам гор. Отступают ледники. Общее потепление не замедлило отразиться на целом ряде явлений природы. Многие реки, в том числе и Волга, стали вскрываться раньше, а замерзать позже, раньше начинают цвести многие деревья, раньше, чем прежде, прилетают и вестники весны — грачи. И вообще по всему земному шару весна наступает раньше, чем в прежние годы. Повышается температура воды в океане.

Кроме того, все чаще и чаще в различных районах нашей планеты наблюдаются длительные отклонения погоды от ее обычного состояния. Погода стала заметно неустойчивой. Летом после сильной жары наступают резкие похолодания, а зимой жестокие морозы сменяются неожиданными продолжительными оттепелями.

В традиционные зимние месяцы наблюдаются продолжительные периоды, когда погода на Европейской территории СССР почти целиком определяется теплыми воздушными массами, поступающими из района Атлантического океана. Арктическая же «кухня погоды», обычно то и дело поставляющая в Европу холодные массы воздуха, в это время почти не «работает».

Конечно, климат и погода — не одно и то же. Как бы ни были изменения погоды в отдельных районах Земли, они всегда остаются в известных границах. Эти границы и определяют климат данного района. Таким образом, климат — это многолетний режим погоды в данном районе, непосредственно связанный с его географическим положением.

Однако и климат и погода тесно связаны с Солнцем. Недаром само слово «климат» происходит от древнегреческого слова «клима», что означает «наклон». Речь идет о том угле, под которым солнечные лучи падают на

землю в различных широтных зонах. Связь между деятельностью нашего дневного светила и погодой не столь прямая. Но одно уже более или менее ясно: солнечная активность воздействует на характер движения воздушных масс над поверхностью нашей планеты, на так называемую общую циркуляцию атмосферы.

Циркуляция воздуха бывает двух видов — зональная, когда ветры направлены по широте, главным образом с запада на восток, и меридиональная. Сотрудникам Советского арктического и антарктического института удалось установить, что в годы минимума солнечной активности преобладает зональная циркуляция, обеспечивающая в северном полушарии относительно спокойную погоду, соответствующую обычным климатическим нормам. Наоборот, в годы максимума происходит интенсивный обмен воздушными массами между тропическими и полярными районами. Теплый воздух заходит далеко на север, а холодный на юг. Погода становится неустойчивой, а атмосферные явления приобретают иногда весьма бурный характер.

Не исключена возможность, что и потепление Арктики объясняется ходом векового цикла солнечной активности. В настоящее время этот цикл уже «перевалил» через свой максимум и теперь происходит постепенный спад солнечной активности. И хотя 11-летние максимумы будут продолжать оказывать свое влияние на атмосферу, оно с каждым разом будет становиться все менее заметным. По мнению некоторых ученых, это должно привести к тому, что потепление Арктики прекратится и сменится постепенным похолоданием, растянутым на несколько десятилетий. Подобная точка зрения подтверждается наблюдениями советских ученых в Антарктике, проводившимися по программе Международного геофизического года. Было обнаружено, что хотя общая площадь ледяного покрова «по инерции» еще продолжает уменьшаться, его толщина уже начинает возрастать.

Конечно, подобный прогноз нельзя считать окончательным, так как нам известны еще далеко не все закономерности атмосферных процессов и далеко не все факторы, оказывающие влияние на погоду и климат Земли. Об этом говорит хотя бы тот факт, что, несмотря на то, что в 1964—1965 гг. наступил очередной минимум солнечной активности, а после максимума 1957—1958 гг.

прошло к этому времени уже около семи лет, в погодных явлениях и в этот период довольно часто наблюдались весьма резкие отклонения от нормы.

Весьма вероятно, что сами циклы солнечной активности имеют гораздо более сложный вид, чем это представлялось нам раньше. Об этом свидетельствуют и некоторые данные по изучению солнечной деятельности.

Так, например, в результате многолетних наблюдений Солнца на Горной астрономической станции Пулковской обсерватории вблизи Кисловодска советский ученый М. М. Гневышев обнаружил весьма любопытный факт. Оказалось, что примерно через 2—3 года после очередного «обычного» максимума солнечной активности, которая характеризуется наибольшей площадью солнечных пятен, наступил второй, ранее неизвестный максимум солнечной активности, связанный со значительным увеличением яркости солнечной короны (внешней части солнечной атмосферы) на низких широтах Солнца (т. е. в удалении от солнечного экватора).

Точно такое же увеличение яркости короны наблюдалось и при обычном максимуме. Между тем, в этот период общая площадь пятен значительно меньше. Это наводит на мысль, что уровень солнечной активности связан не с площадью пятен, а с каким-то другим фактором.

И, действительно, Гневышеву удалось обнаружить, что возмущения в солнечной короне зависят не от площади солнечных пятен, а от того, с какой скоростью эта площадь изменяется.

Подобный вывод представляется весьма интересным и с точки зрения чисто физических соображений. Ведь известно, что величина напряженности электрического поля, возникающей в результате изменений магнитного поля, зависит от скорости этих изменений. И наоборот, величина напряженности магнитного поля зависит от того, с какой скоростью меняется электрическое поле. Между тем нет никаких сомнений в том, что физические явления, протекающие на поверхности Солнца, тесно связаны с электрическими и магнитными процессами. Поэтому зависимость, обнаруженная Гневышевым, весьма правдоподобна, тем более, что ученому удалось установить, что скорости изменения площади пятен, точно так же, как и величина возмущений в короне, одинаковы для первого и второго максимумов.

Сфера влияния солнечной деятельности на геофизические явления отнюдь не ограничивается атмосферными процессами. Физические условия на поверхности нашего дневного светила оказывают существенное влияние на распространение радиоволн в околоземном пространстве, на состояние магнитного поля Земли, возникновение полярных сияний. Статистические наблюдения обнаруживают и несомненную связь между солнечной активностью и целым рядом других природных процессов, происходящих на нашей планете.

Существует также немало земных явлений, относительно которых есть основания предполагать, что их причины лежат за пределами Земли — в космосе.

Дыхание планеты

Один из самых характерных признаков космических явлений — правильная повторяемость, цикличность. Так, Земля периодически, раз за разом, повторяет свое движение вокруг Солнца, Солнце вокруг центра нашего звездного острова Галактики, следуют один за другим циклы солнечной активности, периодические изменения происходят в физическом состоянии многих звезд, периодически меняется интенсивность излучения некоторых источников радиоизлучения.

С другой стороны, в последние годы было замечено, что цикличностью отличаются и многие геофизические явления, в том числе сейсмические процессы. Это наводит на мысль, что они также могут быть связаны с какой-то «космической» причиной. И естественно поэтому прежде всего искать связь с Солнцем.

Для астрономов уже давно не является секретом, что продолжительность земных суток постепенно увеличивается. Подсчитано, что в отдаленные времена сутки были гораздо короче современных и что через несколько десятков миллионов лет они станут заметно длиннее, чем наши привычные сутки. Известна и основная причина этого явления — лунные приливы, которые изо дня в день тормозят вращение Земли.

Однако с появлением точных методов измерения времени — кварцевых и атомных часов — было замечено, что иногда имеют место изменения скорости вращения Земли, примерно в 100—200 раз более значительные,

чем те, которые должны происходить вследствие приливов.

Что же представляют собой те силы, которые заставляют гигантское тело нашей планеты вращаться то быстрее, то медленнее?

Попытку ответить на этот вопрос сделал научный сотрудник Института земного магнетизма, ионосферы и распространения радиоволн Э. И. Могилевский. Он высказал мысль, что наблюдаемые изменения скорости вращения связаны с колебаниями солнечной активности.

Поэтому Могилевский предположил, что потоки заряженных частиц, которые выбрасываются Солнцем, влияют на вращение Земли через ее магнитное поле.

Как показывают расчеты, энергия нерегулярных изменений скорости вращения нашей планеты составляет около 10^{28} эрг в сутки. С другой стороны, солнечные корпускулярные потоки ежедневно приносят к Земле магнитную энергию порядка 10^{35} эрг.

Весь вопрос в том, каков механизм частичной передачи этой энергии в магнитосферу Земли? Как показали математические выкладки, влияния магнитного поля корпускулярных потоков для полного объяснения нерегулярностей вращения Земли все же недостаточно.

В связи с этим Могилевский высказал интересную гипотезу. Он предположил, что частицы выбрасываются с поверхности Солнца не только в виде потоков, но и в виде отдельных гигантских облаков плазмы — «плазмондов».

Подобный плазмонд, перемещающийся в космическом пространстве и во много раз превосходящий по размерам нашу планету, обладает собственным мощным магнитным полем. При встрече с Землей он оказывает на земное магнитное поле столь сильное воздействие, что в результате возникают магнитные бури и нарушения скорости вращения Земли.

Хотя и эта гипотеза еще нуждается в дальнейших уточнениях и дополнительных математических расчетах, очень возможно, что именно она дает верное объяснение причины если не всех наблюдаемых колебаний скорости суточного вращения нашей планеты, то хотя бы их значительной части.

С другой стороны, не исключена возможность, что определенная доля этих изменений вызывается переме-

щением воздушных масс в земной атмосфере, так называемой атмосферной циркуляцией. При движении воздушных масс между ними и поверхностью планеты возникают силы трения. Через посредство этих сил атмосферная циркуляция может оказывать тормозящее или, наоборот, ускоряющее воздействие на вращение Земли.

Научный сотрудник Государственного астрономического института имени Штернберга Н. Сидоренков проделал интересный подсчет. Он проанализировал карты среднемесячного атмосферного давления для всей Земли за несколько лет подряд и с их помощью вычислил, как должна вращаться Земля в период с 1956 по 1964 гг. под действием сил трения между воздушными массами и земной поверхностью. Полученные результаты ученый сравнил с данными наблюдений и обнаружил хорошее согласие.

Любопытно также, что движение воздушных масс может оказывать влияние не только на вращение Земли в целом, но и способствовать смещениям отдельных материковых блоков.

Научному сотруднику Главной астрономической обсерватории АН СССР проф. Н. Павлову удалось обнаружить явную зависимость между изменениями географических долгот Европы, Азии, Северной и Южной Америки, колебаниями скорости вращения Земли и солнечной активностью.

В связи с этим проф. Павлов высказал предположение о том, что отдельные материковые блоки весьма подвижны и способны перемещаться на несколько метров под действием сравнительно малых сил, возникновение которых связано с атмосферной циркуляцией. С другой стороны, смещение материков может вызываться действием сил инерции, возникающих при изменениях скорости вращения Земли.

Колебания скорости вращения должны неизбежно приводить к изменениям фигуры Земли и, следовательно, к перераспределению масс в ее недрах. А это в свою очередь может вызывать сейсмические явления. Однако известно, что во время землетрясений выделяется огромная энергия. Может ли выделяться подобная энергия при изменениях скорости вращения Земли? Прежде всего нужно заметить, что для того, чтобы вызвать землетрясение, вполне достаточно и сравнительно небольших

энергетических затрат. В земной коре вследствие внутренних перемещений вещества, которые постоянно происходят в глубинах планеты, всегда имеются более или менее сильные напряжения. И в ряде случаев достаточно небольшой «добавки», ничтожного дополнительного толчка, чтобы соседние блоки, из которых состоит кора, пришли в движение. Физики метко называют подобные системы «курковыми». Нужно только «спустить курок» и все само приходит в движение.

Справедливости ради следует отметить, что, с другой стороны, энергия, выделяющаяся при колебаниях скорости суточного вращения Земли, не так уж мала. Измерения показали, что в течение года период вращения уменьшается в среднем на 0,0025 секунды. Если принять во внимание массу нашей планеты, то кинетическая энергия, соответствующая этой величине, составит $1,5 \cdot 10^{29}$ эрг. Величина не такая уж малая, если учесть, что она почти в полторы тысячи раз превосходит ежегодное энергопотребление всего человечества. На землетрясения же каждый год наша планета «затрачивает» около 10^{27} эрг, т. е. в сто с лишним раз меньше.

Итак, энергия, выделяющаяся в результате изменения скорости вращения Земли, вполне достаточно для того, чтобы вызывать все землетрясения. Мало того: ее подавляющая часть, видимо, расходуется по другому назначению. По какому, еще не ясно. Не исключена возможность, что она идет на нагревание земных недр.

Таким образом, получится целая цепочка причин и следствий, на одном конце которой находится солнечная активность, а на другом — сейсмические процессы. Но если такая цепочка соответствует реальной действительности, то периоды сейсмической активности должны в какой-то мере совпадать с периодами активности солнечной. Видно, так оно и есть. Во всяком случае, годы последнего большого максимума солнечной активности ознаменовались крупнейшими сейсмическими катастрофами в Агадире и Чили.

Нельзя также не обратить внимания на то обстоятельство, что новое очередное возрастание солнечной активности совпало с явным усилением геофизических процессов. Достаточно вспомнить землетрясения в Перу, в Скопле, в Ташкенте, в Афганистане, извержение Ключевской сопки и т. д.

Явная цикличность проявляется не только в сериях землетрясений, но и в геологических явлениях более крупного масштаба — горообразовательных процессах. Несомненная этапность этих процессов, их периодическое нарастание и затухание было давно отмечено геологической наукой как неоспоримый факт.

Каледонский, герцинский, кимберийский и, наконец, альпийский этапы следовали один за другим, оставляя на лице Земли неизгладимые следы в виде многочисленных горных хребтов и могучих складок. И что самое удивительное: эти этапы разделяли одинаковые промежутки времени — они повторялись точно через 125 млн. лет. Может быть, именно такова продолжительность еще одного неведомого нам цикла солнечной активности? А может быть, существуют и другие космические факторы, другие процессы, обладающие такой же периодичностью?

Действительно, по крайней мере один такой фактор нам известен. Наша Земля участвует одновременно в нескольких космических движениях. Наряду с собственным вращением и обращением вокруг Солнца она вместе со всей солнечной системой обращается вокруг центра нашей звездной системы Галактики. Один такой оборот астрономы называют галактическим годом, и «год» этот, по имеющимся в распоряжении ученых данным, продолжается около 250 млн. лет. А 250 миллионов — не что иное, как удвоенный промежуток времени между двумя соседними горообразовательными этапами.

В связи с этим советский ученый С. С. Николаев выдвинул интересную гипотезу. Подобно тому как Земля движется вокруг Солнца по «вытянутой окружности» — эллипсу, так и само Солнце обращается вокруг галактического центра по эллиптической орбите, то приближаясь к нему, то удаляясь. Согласно подсчетам Николаева именно эти приближения и удаления совпадают по времени с периодами наибольшей активности горообразовательных процессов.

Пока это еще гипотеза, но не исключена возможность, что совпадение, о котором идет речь, не является простой случайностью. Дело в том, что массы вещества распределены в Галактике неравномерно, звездная плотность в различных ее районах неодинакова. Поэтому с изменением положения солнечной системы внутри

нашего звездного острова меняется и величина галактических сил тяготения, действующих на Землю. Это может в свою очередь вызывать изменения фигуры Земли и влиять на характер процессов, протекающих в ее недрах.

Конечно, здесь возникает естественный вопрос: почему не вызывают геологических катастроф лунные приливы? Ведь они происходят не только в водной оболочке, но и в твердом веществе Земли. Например, в Москве

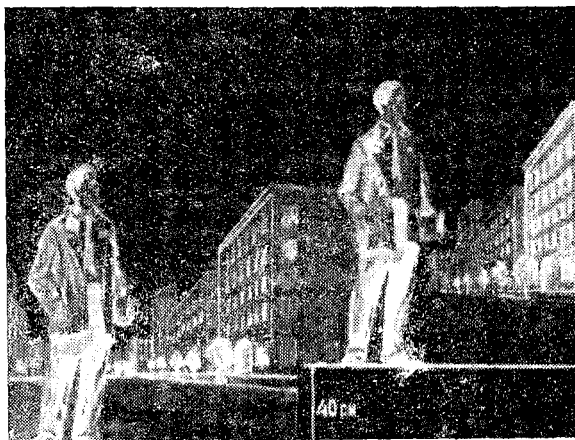


Рис. 17. Приливы в твердом веществе Земли.

дважды в сутки благодаря этим приливам почва поднимается и опускается на 40 см.

Однако в этом нет никакого противоречия. Дело в том, что в настоящее время периодичность лунных приливов совпадает с собственной частотой упругих колебаний нашей планеты. Возможно, что когда-то подобного «резонанса» и не существовало. Но нельзя забывать, что Земля и Луна формировались в едином процессе и в этом процессе происходили такие преобразования вещества, которые в конечном итоге привели систему Земля — Луна к устойчивому состоянию. Изменения же галактического притяжения, накладыываясь на эти устойчивые ритмы, могут вызывать значительные отклонения от нормы.

50 млн. лет назад солнечная система прошла через апогей своей галактической орбиты, т. е. точку наибольшего удаления от центра, и активность горообразовательных процессов альпийского этапа заметно ослабевает. Но через 75 млн. лет солнечная система достигнет перигея, приблизясь на минимальное расстояние к галактическому центру, и вступит в области, отличающиеся повышенной звездной плотностью. Если гипотеза Николаева верна, то это должно привести к очередному усилению глубинных процессов и новому этапу горообразования, которое геологи заранее называли камчатским. Лик Земли может вновь существенным образом измениться.

Однако 75 млн. лет — срок немалый. Можно надеяться, что за это время человечество настолько хорошо изучит свою планету и закономерности космических воздействий на геофизические процессы, будет располагать настолько мощными источниками энергии, что оно сумеет управлять и ходом глубинных явлений по своему желанию.

Таким образом, как и в случае с солнечной активностью, мы приходим к своеобразной «гео-космической» цепочке, на одном конце которой стоят климатические изменения, а на другой положение солнечной системы среди звезд. И хотя гипотезы, о которых шла речь, нуждаются в тщательной проверке, сама связь между галактическим положением Солнца и Земли и рядом геофизических явлений несомненна. Вопрос лишь в том, каков механизм этой связи и к каким конкретным последствиям она приводит.

Космос и мы

Итак, следы различных космических воздействий можно обнаружить в любом геофизическом явлении.

Но если космос влияет на такие грандиозные процессы, как земной магнетизм, погода и даже горообразование, то этого влияния не может избежать и биосфера, т. е. животный и растительный мир Земли, в том числе и человек.

В начале текущего столетия в небольшом французском курортном городке Ницце произошел любопытный случай. В местной телефонной сети возникли странные

перебоя, тем более непонятны, что в телефонном хозяйстве не удавалось обнаружить никаких неисправностей. Но самым удивительным было то, что именно в те же периоды многие больные, отдыхавшие на курорте, жаловались на ухудшение своего самочувствия...

Какая связь может существовать между работой телефонных аппаратов и состоянием здоровья людей? Ясно, что никакой. Но в то же время вполне возможно, что оба эти явления могут быть следствиями одной и той же причины. Что, если такой причиной служит Солнце?

Основания для подобного предположения имеются, и достаточно убедительные. Влияние солнечной активности на биологические процессы отмечалось многими исследователями. В конце прошлого столетия русский ученый Н. Шведов обнаружил связь между толщиной годовичных колец у деревьев и циклами активности нашего дневного светила. Другие ученые установили связь между солнечной активностью и ростом морских кораллов, размножением рыб и грызунов, пабегами саранчи. Ряд явлений подобного же рода был замечен такими выдающимися учеными, как знаменитый полярный исследователь Фриттоф Нансен и шведский химик и космогонист Сванте Аррениус.

Наконец, были обнаружены и более странные совпадения. Именно в те периоды, когда в природе происходило усиление вулканической деятельности, учащались землетрясения, свирепствовали ураганы и штормы — целые континенты охватывали эпидемии чумы, холеры и других страшных болезней. На эту странную зависимость обратили внимание еще наши далекие предки. Они назвали ее «всемирной симпатией».

Да, мы знаем, в природе действительно существует всеобщая взаимосвязь явлений. Но, как и в случае с телефонами в Ницце, эта связь не обязательно должна быть прямой. Трудно, в самом деле, найти непосредственную зависимость между ураганами и эпидемией чумы. Всемирная симпатия — это общая причина, вызвавшая разнообразные следствия. И все говорит о том, что эта причина — солнечная активность.

Разумеется, наибольший интерес представляет собой вопрос о влиянии нашего дневного светила на живые ор-

ганизмы, на человека. Случаев, подобных тому, какой произошел в Ницце, недостаточно, чтобы сделать обоснованный научный вывод. Это могут быть простые совпадения. Нужны были специальные широко поставленные наблюдения и эксперименты.

Такой эксперимент был начат в 1934 г. по инициативе советского ученого проф. А. Л. Чижевского. В течение ряда лет Международный институт по изучению солнечных, земных и космических излучений, почетным председателем которого он являлся, рассылал французским госпиталям и больницам специальные извещения о предстоящих периодах усиления солнечной активности. В эти периоды врачи должны были с особой тщательностью отмечать различные отклонения в состоянии пациентов, изменения кровяного давления, колебания температуры, появление болей.

Эти сведения пересылались в Институт излучений и сравнивались с астрономическими данными о колебаниях солнечной активности.

Результаты наблюдений оказались весьма любопытными. Так, например, было зарегистрировано 40 тысяч острых сердечных приступов. И когда медики вычертили кривую, показывающую, как эти приступы распределялись во времени, то оказалось, что она является почти точной копией графика изменений солнечной активности за тот же период, составленного астрономами. Именно в те дни, когда активность дневного светила достигала максимума, число сердечных заболеваний резко возрастало.

Уже в наше время ленинградский исследователь Б. Рывкин, проанализировав большой материал, подтвердил, что число заболеваний инфарктом миокарда значительно увеличивается в дни повышенной солнечной активности.

Другая группа врачей установила, что 84% обострений различных хронических заболеваний совпадает с прохождением солнечных пятен через центральную часть диска Солнца.

Наряду с этим проф. Чижевский занялся проверкой возможной связи между колебаниями солнечной активности и эпидемиями чумы. Ему удалось составить хронологическую таблицу эпидемий, начиная с 430 года до нашей эры и кончая 1839 годом. Сравнение этой таблицы

с графиком солнечной активности полностью подтвердило предположение ученого. Вспышки чумы совпадают с появлением на Солнце большого количества пятен. Аналогичная зависимость была обнаружена и для других болезней: холеры, гриппа, дифтерии, возвратного тифа и т. д.

Наблюдения, проводившиеся советскими учеными на Дальнем Востоке, показали, что большие вспышки заболеваний энцефалитом совпали с максимумами солнечной активности 1947 и 1957 гг.

Имеются также данные, свидетельствующие о наличии связи между колебаниями солнечной активности и появлениями новых вариантов гриппозного вируса.

Но ведь эпидемические заболевания относятся к числу инфекционных болезней — они возникают в результате воздействия на организм человека различных микробов и бактерий. Следовательно, солнечная активность должна оказывать какое-то влияние на жизнедеятельность микроорганизмов Земли. И действительно, проф. Чижевскому удалось обнаружить, что некоторые бактерии чрезвычайно чувствительны к колебаниям солнечной активности. За несколько дней до появления пятен они резко меняют свой цвет. Дальнейшее изучение связи между солнечной активностью и микроорганизмами представляет большой интерес не только для медицины. Ведь бактерии играют огромную роль в кругообороте вещества на Земле.

Зависимость между колебаниями солнечной активности и некоторыми биологическими процессами, о которых идет речь, относится к числу так называемых статистических зависимостей. Устанавливая несомненную связь между двумя природными процессами, они в то же время ничего не говорят о механизме этой связи. Но, с другой стороны, за каждой статистической закономерностью обязательно скрывается вполне реальная цепь причин и следствий. Дальнейшая задача науки состоит в том, чтобы одно за другим обнаруживать звенья этой до поры до времени невидимой цепи.

Какие же звенья таинственной цепи, связывающей солнечную активность и биологические процессы, нам уже известны? В 1941 г. японский ученый Маки Токата заметил, что свойства крови человека зависят от солнечного облучения. Токата изучал реакцию выпадения

белковых хлопьев в сыворотке крови при добавлении определенных реактивов. Оказалось, что ее интенсивность зависит от высоты Солнца над горизонтом: она постепенно нарастает к полудню и снижается к вечеру, причем суточный ход этой реакции не зависит ни от того, где находится человек — на улице или в помещении, ни от состояния погоды. Человек оказался как бы живыми солнечными часами.

В последние годы советскому врачу-гематологу Н. Шульцу, работающему в Сочи, впервые удалось установить, что колебания солнечной активности приводят к изменениям состава крови. При возрастающей активности увеличивается число красных кровяных клеток и уменьшается число белых. Влияние солнечной активности на сердечно-сосудистую систему человека начинает учитываться при лечении санаторных больных.

Еще одно важное звено в солнечно-земной связи было открыто итальянским ученым проф. Джорджо Пиккарди. Проф. Пиккарди обратил внимание на одно любопытное обстоятельство, которое до этого почему-то никого не заинтересовало. Ученые-химики не раз сталкивались с тем, что если один и тот же опыт повторять несколько раз, то никогда не удается получить абсолютно одинаковых результатов. Казалось бы, все условия одни и те же: те же реактивы, та же температура, та же последовательность действий экспериментатора, а результат несколько иной. Химики говорили: случайные отклонения, случай...

Но если случай упрямо повторяется из раза в раз — это уже не случайность, а закономерность. У непонятных отклонений должна быть какая-то причина. Возможно, все дело в том, — предположил Пиккарди, — что различные опыты ставились в разное время. При этом могла изменяться «космическая обстановка» и прежде всего уровень солнечной активности. В таком случае приходится лишь сожалеть о том, что бесследно и без всякой пользы для науки пропал колоссальный и бесценный материал множества так называемых «неудачных опытов». Да и вообще, регистрируя результаты своих экспериментов, ученые-химики в большинстве случаев точно не фиксировали, когда именно ставился тот или иной опыт. А ведь разные годы, месяцы, часы и даже

минуты — это различные физические условия в околоземном космическом пространстве.

Пиккарди решил восполнить этот пробел и проследил, как влияют космические явления на химические процессы. Почему именно на химические? Потому что химические реакции чрезвычайно чувствительны к внешним воздействиям. В качестве индикатора итальянский ученый избрал весьма простой «химический тест» — скорость протекания реакции выпадения осадка в водном растворе хлористого висмута.

Во время Международного геофизического года в наблюдениях по «программе Пиккарди» включились химики всего мира. Каждый день в одни и те же часы в различных точках земного шара на разных меридианах и параллелях ставился один и тот же опыт и регистрировалась скорость осаждения осадка. Результаты оказались чрезвычайно интересными. В каких бы районах планеты ни производились опыты, они одновременно, словно по команде, давали совершенно одинаковые отклонения. Но такая согласованность свидетельствует о том, что изменения в течении контрольной реакции вызывают причины космического, или по меньшей мере планетарного масштаба.

Главную из этих причин обнаружить было не так трудно. Кривые на графиках, изображавшие отклонения в ходе контрольной реакции в зависимости от времени, представляли собой достаточно точную копию графика изменения солнечной активности за те же периоды. Но основной вопрос состоит в том, влияет ли солнечная радиация на водные растворы непосредственно или через какие-то промежуточные физические процессы?

Можно произвести такой опыт: приготовить одинаковые растворы хлористого висмута в двух пробирках и проследить за скоростью осаждения. Если оба раствора находятся в одинаковых условиях, то при многократном повторении эксперимента число случаев, когда осадок выпадет в первой пробирке раньше, чем во второй, будет приблизительно равно числу противоположных случаев. Это свидетельствует о случайном характере подобных отклонений. Но если изменить условия эксперимента и поместить одну из пробирок под металлический колпак, то «равновесие» отклонений окажется нарушен-

ным. В 70% случаев осадок будет выпадать раньше в экранированной пробирке.

Этот результат наводит на мысль о том, что скорость выпадения осадка зависит от состояния электромагнитного поля Земли: ведь металлический экран служит препятствием именно для электромагнитных воздействий. Подобный вывод хорошо согласуется с существующей теорией воды, согласно которой молекулы этой жидкости образуют правильную пространственную структуру, похожую на кристаллическую. Но, в отличие от обычных кристаллов, молекулы воды соединены друг с другом эластичными водородными связями, которые могут легко деформироваться: сжиматься или растягиваться под воздействием электромагнитных полей. По всей вероятности, именно такие изменения в расположении молекул и объясняют отклонения в скорости реакции осаждения при колебаниях солнечной активности.

Такая гипотеза тем более правдоподобна, что усиление солнечной активности обычно сопровождается всплесками радионизлучения, в том числе и с длиной волны 3 см, которое хорошо поглощается водой.

Но вода — это основной жизненный растворитель, который принимает самое непосредственное участие во всех биологических процессах. Достаточно сказать, что тело человека на 71% состоит из воды. А так как опыты Пиккарди убедительно показали, что солнечная активность воздействует на состояние водных растворов, то она должна оказывать влияние и на живые организмы. С этой точки зрения становится понятной та корреляция (т. е. зависимость) биологических и солнечных явлений, о которой шла речь выше.

Однако сам механизм взаимосвязи этих процессов пока еще остается неясным. Между прочим, любопытно, что неблагоприятное физиологическое воздействие оказывает не столько высокий, но постоянный уровень солнечной активности, сколько ее резкие увеличения. Это обстоятельство тоже говорит в пользу предположения о биологической роли электромагнитных полей. Дело в том, что, как известно из физики, величина магнитного поля, возникающего при колебаниях поля электрического, зависит от скорости изменений последнего, и, наоборот, напряженность электрического поля определяется скоростью изменений магнитного поля.

Но, как бы там ни было, сам факт тесной взаимосвязи между процессами, протекающими на поверхности нашего дневного светила и в человеческом организме, не вызывает сомнений. И очень может быть, что еще до того, как все закономерности этой связи будут выяснены, в больницах для сердечных больных появятся экранированные палаты, защищающие больных от вредных колебаний земного магнитного поля.

Солнце — ближайшая к нам звезда, и поэтому его влияние на водные растворы особенно заметно. Но не исключена возможность, что помимо солнечной активности могут существовать и другие, хотя и более слабые, космические влияния. Они, по мнению проф. Пиккарди, могут быть связаны с изменениями положения солнечной системы в Галактике, а также воздействиями межзвездных силовых полей. К этому выводу итальянские ученые пришли после тщательного анализа результатов многочисленных опытов с водными растворами.

Космос окружает нас повсюду, — говорит проф. Пиккарди. — Чтобы оказаться в нем, вовсе не обязательно отправляться в межпланетное путешествие. Даже нет необходимости выходить из собственного дома.

Связь между солнечной деятельностью и земными явлениями бесспорна. Но пока все зависимости типа «Солнце — биосфера» носят статистический характер. Другими словами, зарегистрирован целый ряд совпадений по времени между колебаниями солнечной активности и биологическими явлениями.

Однако выводы о причинных связях, сделанные на статистической основе, могут оказаться и ошибочными. Поэтому первоочередная задача, которая стоит перед учеными, работающими в этой области, состоит в том, чтобы раскрыть конкретный механизм воздействия солнечной активности на биосферу.

За решением — в космос

До сих пор мы говорили о той связи, которая существует между космическими процессами и различными явлениями, происходящими на поверхности нашей планеты, в том числе и явлениями биологического порядка.

Но изучение и освоение космического пространства необходимо не только для раскрытия этих связей. Именно в космосе человек может получить ответ на многие волнующие вопросы, которые трудно разрешить, оставаясь в земных рамках. Задач и проблем подобного рода множество.

Немало трудов и даже человеческих жизней было положено на то, чтобы выяснить, обосновать и утвердить представления о шарообразной форме Земли и ее суточном вращении вокруг своей оси. Задачи эти и в самом деле были далеко не простыми.

Радиус нашей планеты столь велик, что кривизна земной поверхности практически неощутима. Тем более, что человек может охватить взглядом лишь сравнительно небольшой район, а возможности передвижения у наших предков были весьма ограничены. Еще сложнее обнаружить вращение планеты. Согласно так называемому «принципу относительности Галилея» не существует таких опытов, с помощью которых наблюдатель мог бы обнаружить равномерное и прямолинейное движение системы, внутри которой он находится. Отсюда следует, что человек не может ощущать скорости движения, он ощущает только ее изменения, т. е. ускорения. Между тем движение точек земной поверхности, которое они совершают, участвуя в суточном вращении, практически весьма мало отличается от равномерного и прямолинейного. Центробежное ускорение в этом движении невелико и непосредственно неощутимо.

Разумеется, земные наблюдения, — такие, как исчезновение корабля за линией горизонта или возможность осуществления кругосветных путешествий, наводили на мысль о шарообразности Земли. Однако окончательное решение этого вопроса стало возможно только тогда, когда научные наблюдения вышли за земные рамки — в космос.

Как известно, наш естественный спутник Луна светит отраженным светом Солнца. Но иногда в своем движении вокруг Земли Луна попадает в ту тень, которую Земля отбрасывает в мировое пространство. Происходит лунное затмение. При этом на поверхности Луны, как на огромном экране, можно увидеть очертающиеся земной тени. Было замечено, что во всех случаях эта тень имеет форму круга. Но только шар в любом

положении всегда отбрасывает круглую тень. Так наблюдение явления, происходящего за пределами Земли, в космическом пространстве, помогло разрешению вопроса о форме нашей планеты.

А если бы человек имел возможность подняться над поверхностью Земли, в космос, на большую высоту, то

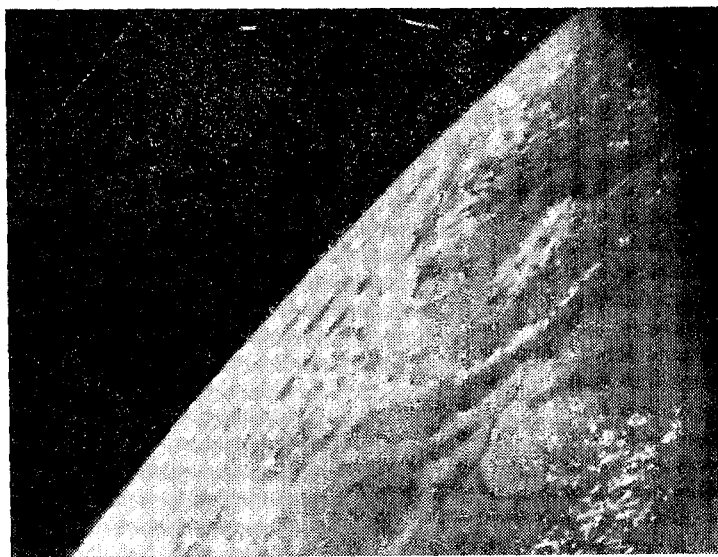


Рис. 18. Вид Земли из космоса

он сразу увидел бы шарообразность планеты, как увидели ее наши космонавты, а затем и все мы на телевизионных экранах «глазами» телекамер, установленных на советском космическом корабле «Восход 2» во время первой космической «прогулки» А. Леонова.

Что касается вращения Земли, то для того, чтобы его обнаружить, были придуманы специальные эксперименты, например, маятник Фуко. Однако наилучшее решение задачи дают наблюдения за движением тел, выведенных человеком в космос, на околоземные орбиты — искусственных спутников Земли. Если бы наша планета не вращалась вокруг своей оси, то спутник, движущийся по полярной орбите, при каждом обороте

проходил бы вдоль одних и тех же меридианов. Однако в действительности наблюдается смещение трассы спутников к западу. Это — прямое следствие вращения Земли.

Решение земных задач, о которых идет речь, «через» космос отнюдь не является простой случайностью. Чтобы изучить те или иные природные закономерности, необходимо охватить нашими исследованиями все более и более широкие области, в которых эти закономерности себя проявляют. Отсюда непосредственно вытекает необходимость изучения не только земных, но и космических процессов.

И поэтому не случайно, что астрономическими наблюдениями человек занимался с глубокой древности. Уже тогда люди понимали, что решение таких задач, как определение местоположения наблюдателя на поверхности Земли, измерение времени, нахождение правильного курса корабля в открытом море, может быть получено наиболее просто при помощи космических наблюдений.

По мере развития науки увеличивалось число различных земных проблем, на которые можно было получить ответ только у космоса. А сами эти проблемы становились все более и более глубокими. В качестве примера можно привести такую актуальную научную задачу, как изучение внутреннего строения и геологической истории Земли. При исследовании этого вопроса ученые сталкиваются с немалыми трудностями. Они связаны, с одной стороны, с весьма большой длительностью эволюции нашей планеты, с другой, — с тем обстоятельством, что в распоряжении науки имеются далеко неполные данные, относящиеся к различным геологическим эпохам. Все эти трудности могут быть, однако, успешно преодолены путем сравнительного изучения Земли и других подобных ей небесных тел — членов солнечной системы. Эти небесные тела имеют единую природу с нашей планетой, связаны с ней общностью происхождения.

Остановимся хотя бы на такой проблеме, как исследование природы земного магнетизма. Как известно, ученые давно бьются над решением этой удивительной загадки.

Создано немало различных теорий, но какая из них ближе всего к истине — все еще не ясно. Некоторые исследователи полагают, что магнитные свойства Земли связаны с ее вращением вокруг оси, другие считают, что источником земного магнетизма служит внутреннее ядро нашей планеты. Как проверить, кто из них прав? Вот тут-то на помощь и должна прийти Луна. У нее заведомо нет внутреннего ядра, так как они бывают лишь у достаточно массивных небесных тел; и вращается Луна гораздо медленнее, чем Земля. Если, несмотря на это, у Луны все же были бы обнаружены магнитные свойства, то для природы земного магнетизма пришлось бы искать другие объяснения.

Еще в 1959 г. во время полета к Луне советской космической станции «Луна 2» магнитометр, установленный на ее борту, магнитного поля у Луны не обнаружил, хотя чувствительность прибора была весьма велика. Если бы даже магнитное поле Луны было в тысячи раз слабее земного, оно было бы зарегистрировано; поэтому объяснение земного магнетизма электрическими токами во внутреннем ядре Земли приобретает немалую убедительность.

Кстати сказать, магнитное поле не было зарегистрировано американской станцией «Маринер 4» и у планеты Марс, масса которой тоже меньше массы Земли.

В свое время Д. И. Менделеев высказал смелую и многообещающую гипотезу о глубинном и, следовательно, неорганическом происхождении части нефтяных запасов, гипотезу, в наши дни получающую все больше и больше подтверждений. Во всяком случае, газ и нефть обнаруживаются на таких глубинах и в таких слоях, где отсутствуют вещества животного или растительного происхождения.

Между тем специалисты считают, что все разведанные нефтяные запасы будут полностью исчерпаны уже через несколько десятков лет. Но если в принципе возможно образование «неорганической» нефти, то не исключено, что нефтяные ресурсы нашей планеты вовсе не ограничиваются теми ее запасами, которые расположены в непосредственной близости от поверхности Земли. В недрах планеты могут быть заключены огромные количества неорганической нефти.

Для практического решения этой проблемы необходимо осуществить бурение на глубину в десятки, а может быть, и в сотни километров, что также относится еще к области проектов. Между тем астрономические наблюдения показывают, что на Луне имеются выходы горючих газов, в частности, углерода, присутствие которого характерно для районов нефтяных месторождений. Это обстоятельство наводит на предположение, что на Луне, быть может, имеется нефть. Но маловероятно, чтобы лунная нефть могла иметь органическое происхождение. Поэтому если на нашем естественном спутнике удастся обнаружить нефтяные запасы, это будет означать, что в недрах Земли должны существовать колоссальные запасы неорганической нефти.

Как известно, сейчас среди ученых всего мира общим признанием пользуется теория «холодного» происхождения Земли и других планет. Согласно этой теории наша планетная система образовалась из холодного газо-пылевого облака, окружавшего Солнце миллиарды лет назад. Сначала частицы пыли и газа образовали ряд сгущений на разных расстояниях от Солнца, а затем из этих сгущений, постепенно увеличивающихся в размерах, сформировались планеты. Таким образом, на ранних стадиях своего существования Земля, по-видимому, была совершенно лишена атмосферы. Ее воздушная и водная оболочки образовались несколько позже за счет выделения газов сквозь «поры» земной коры, которое продолжается и в наши дни.

Сторонники «поровой» теории утверждают, что нефть возникла на самой заре существования нашей планеты в ее недрах, где и находится до сих пор. Используемые же человеком месторождения составляют лишь совершенно ничтожную долю общих запасов нефти, которых должно хватить на многие тысячелетия. Выяснить обоснованность подобных предсказаний поможет изучение Луны.

Не только «нефтяная», но и такие проблемы, как распределение других полезных ископаемых, вулканизм, прогнозирование землетрясений, природа источников внутренней энергии Земли и т. д., могут быть решены благодаря изучению планет солнечной системы и их спутников.

И вообще сравнение земных явлений с материалами космических исследований может значительно расши-

рить наши знания и представления о различных формах движения материи, о самых разнообразных природных процессах. Например, современная биология достигла такой ступени развития, когда открывается реальная возможность достичь качественного прогресса в развитии этой науки на основе достижений смежных наук — физики, математики, астрономии, химии, кибернетики.

Одним из важнейших путей решения этой задачи является изучение форм жизни в космосе. Почему же для исследования биологических процессов недостаточно изучения земных организмов, мир которых так разнообразен? И чего именно можно ожидать от знакомства с внеземными формами жизни?

Дело в том, что строение и структуры живых организмов находятся в тесном соответствии с внешними условиями. Живые организмы как бы отражают условия среды. Поэтому можно надеяться, что на тех планетах, где физические условия существенно отличаются от земных, мы обнаружим живые организмы, совершенно не похожие на земные. Их изучение и сравнение с известными человеку формами позволит глубже проникнуть в закономерности биологических явлений.

С другой стороны, изучение внеземных живых организмов может оказаться также чрезвычайно полезным для развития бионики. Эта наука ставит своей целью техническое воплощение различных биологических механизмов, выработанных живой природой в процессе приспособления к внешним условиям и борьбы за существование. Расширение диапазона изучения живых форм за счет организмов, обитающих на иных планетах, без сомнения, внесет в бионику новые плодотворные идеи.

Выход в космос не только позволяет нам глубже понять происходящее на Земле, но и в ряде случаев дает возможность открыть такие процессы, проявления которых мы в земных условиях вообще не замечаем. В то же время в космосе они протекают в форме, доступной современным средствам наблюдения. Характерным примером подобного рода может служить история открытия атомной энергии. В свое время при изучении звезд астрономы обнаружили, что эти небесные тела являются мощными источниками теплового излу-

чения. Стало очевидно, что мы столкнулись с принципиально новым видом энергии, поскольку ни один из ее источников, известных до этого, не мог бы обеспечить такого колоссального энергетического выхода, какой наблюдается у Солнца и звезд.

Открытие этого факта явилось могучим стимулом для проведения соответствующих исследований нашего дневного светила и других звезд. Развернулись интенсивные работы в области изучения строения вещества. Все это вместе взятое и привело в конечном итоге к овладению энергией атомного ядра.

Можно ожидать, что по мере дальнейшего проникновения человека в тайны Вселенной познание космических закономерностей все чаще и чаще будет служить земным наукам, служить отправной точкой исследований, способных дать практический выход.

Космос, Вселенную с полным правом можно назвать гигантской, бесконечно разнообразной природной лабораторией «строения и движения материи». Здесь мы встречаем такие состояния вещества, такие формы движения, которые пока не можем ни воспроизвести, ни исследовать в земных лабораториях. Огромные давления, колоссальные температуры, процессы, сопровождающиеся выделением гигантских количеств энергии, абсолютный вакуум, мощные магнитные поля, элементарные частицы, обладающие сверхвысокими энергиями — вот далеко не полный перечень условий и явлений, с которыми можно встретиться в пространстве Вселенной.

В качестве одной из перспективных проблем, которые могут быть решены в лаборатории Вселенной, можно указать чрезвычайно интересную проблему формирования космических тел из дозвездной материи — проблему, которая на наших глазах превращается в одну из самых актуальных задач современной астрономии. Значение ее огромно. Оно состоит не только в том, что решив эту проблему, мы будем знать, как и при каких обстоятельствах формируются те или иные небесные тела. Дело прежде всего в том, что мы можем открыть новые, неизвестные еще на Земле состояния вещества, новые процессы превращения материи, ее переходы из одного качественного состояния в другое. А это может указать человеку реальный путь к овладению новыми силами природы и новыми источниками энергии. Все

это вместе взятое говорит о том, что изучение космоса, неотъемлемой частью которого является наша планета Земля — необходимая и притом важнейшая ступень в познании окружающего нас мира.

Космическая эра

Подсчитано, что в современную эпоху за каждые 10—15 лет объем научной информации, имеющейся в распоряжении человечества, приблизительно удваивается. И это не простой статистический факт — это закон прогрессивного развития общества. Чтобы успешно удовлетворять разнообразные потребности человечества, наука и техника должны двигаться вперед именно с такой скоростью. Но для этого необходимо непрерывное увеличение объема полезной информации о явлениях окружающего нас мира. Чтобы выполнить это условие, нужно не только постоянно углублять обычные «земные» исследования, но и всемерно расширять область, из которой эта информация черпается.

На первых порах задача решалась с помощью пассивных наблюдений космических процессов с Земли. Когда же появились технические предпосылки для осуществления космических полетов, начался и непосредственный штурм космического пространства.

Как известно, этот штурм был начат в 1957 г. запуском первого советского искусственного спутника Земли и с тех пор успешно развивается.

Прорыв в космос явился важнейшим этапом в истории цивилизации, этапом, который должен оказать и уже оказывает огромное влияние на развитие науки и техники. Перед человечеством открылись увлекательнейшие перспективы, неизведанные возможности.

Значение выдающихся достижений науки состоит не только в том, что они позволяют решать всевозможные практические задачи, но прежде всего в том, что они дают возможность двигаться вперед более быстрыми темпами.

Целые тысячелетия понадобились людям, чтобы выяснить, что представляет собою наша Земля и какое положение занимает она во Вселенной. Сотни лет трудились они, чтобы заложить основы механики, физики, математики, астрономии, и этот титанический труд не

пропал даром. Он подготовил тот поразительный бросок вперед, который совершила наука на протяжении последних десятилетий, бросок, который привел к осуществлению космических полетов.

Космические исследования заставили ученых пересмотреть ранее существовавшие представления о физике верхних слоев земной атмосферы, позволили сфотографировать невидимую с Земли сторону лунной поверхности, принесли ценнейшие сведения о планетах Марс и Венера, о первичных космических лучах, солнечной радиации, метеорной материи и межпланетной среде. Они пролили новый свет на механизм воздействия солнечной активности на геофизические процессы. Благодаря ракетам и спутникам родились новые методы изучения Вселенной — ультрафиолетовая и рентгеновская астрономия. Наконец, в результате осуществления мягкой посадки советских автоматических станций «Луна 9» и «Луна 13», а также американских станций «Сервейор» на поверхность нашего естественного спутника получены фотографии лунного пейзажа и другие ценнейшие сведения непосредственно с Луны.

Советский Союз по праву войдет в историю человечества как первооткрыватель космических дорог. Первый искусственный спутник Земли, первая лунная ракета, первые фотографии лунной поверхности с борта космического аппарата, первый полет человека в космос, первый групповой полет и первая женщина-космонавт, первый многоместный космический корабль и первый выход человека в открытый космос, наконец, первая мягкая посадка на поверхность другого небесного тела, создание первого искусственного спутника Луны, первый полет к Марсу, первый аппарат, достигший Венеры — вот вехи того замечательного пути, который проложили советские люди в космическое пространство.

В одной из предыдущих глав мы познакомились с новыми методами исследования Вселенной, которые стали возможными благодаря развитию ракетной техники и вынесению измерительной аппаратуры за пределы плотных слоев земной атмосферы.

Но изучение различных объектов Вселенной с помощью космической аппаратуры обладает еще одним важным преимуществом перед обычными астрономическими методами исследования.

Как мы уже знаем, все основные выводы астрономии носят косвенный характер. Они получены в результате анализа разного рода космических излучений, свойства которых непосредственно зависят от свойств их источников.

Можно сказать, что основная задача обычной астрономии и состоит в том, чтобы «проявить» ту «потенциальную» информацию о космических явлениях, которая содержится в физических свойствах окружающей нас среды, расшифровать ее. Но для этого необходимо знать связь между интересующим нас явлением и изменениями, которые оно через посредство среды вызывает в измерительном приборе.

Таким образом, изучаемое астрономическим методом космическое явление и результат подобного исследования представляют собой противоположные концы сложной цепи: явление — излучение — изменение в приборе — вывод. Однако истолкование реальных связей, которые существуют между различными звеньями этой цепи, далеко не всегда является однозначным. В одном случае мы не можем с достоверностью судить о том, какая связь имеется между свойствами излучения и природой явления, в других — не можем быть абсолютно уверены, что наблюдаемые изменения в приборе связаны именно с интересующими нас явлениями, а не являются помехами, которые вызваны посторонними причинами.

Доставка измерительной аппаратуры и приборов с помощью ракет и спутников в район изучаемых объектов ведет к значительному сокращению цепи «явление — вывод» и позволяет осуществлять научные исследования более непосредственно. Поэтому не случайно, что всего за несколько лет космической эры при посредстве ракет и спутников ученые получили обширные сведения о космических явлениях, на «добычу» которых прежними способами ушли бы долгие годы напряженного, а в ряде случаев и бесполезного труда. По мере дальнейшего совершенствования космической аппаратуры появится реальная возможность направлять автоматические межпланетные станции ко всем планетам солнечной системы, создавать вокруг этих небесных тел искусственные спутники, снабженные автоматической измерительной и радиопередающей аппаратурой.

Ракетные исследования позволяют решить еще одну важную задачу. Для того чтобы выявить в ходе простого наблюдения физические свойства некоторой системы тел, надо иметь возможность наблюдать ее из разных геометрических пунктов, расположенных как внутри, так и вне этой системы. До осуществления космических полетов мы не могли этого сделать и только теперь человек получает реальную возможность доставлять измерительную аппаратуру в различные точки космического пространства, а также непосредственно к интересующим его небесным телам. Достаточно вспомнить, какие замечательные результаты принесло фотографирование обратной стороны Луны советскими автоматическими станциями.

Нельзя не упомянуть и о том, что успешный штурм космического пространства позволяет решать принципиально новыми методами и целый ряд чисто земных проблем. Остановимся хотя бы на такой задаче, как прогнозирование погоды.

Нет необходимости говорить о том, какое огромное значение для самых различных сторон жизни современного человечества имеет правильное предсказание погодных процессов, в особенности длительные прогнозы. Чрезвычайно важна также своевременная оперативная информация о возникновении и развитии катастрофических атмосферных явлений — ураганов, смерчей, тайфунов, циклонов...

Как известно, погода — это состояние самых нижних, приземных слоев воздуха, так называемой тропосферы. Однако закономерности погодных явлений чрезвычайно сложны. Это объясняется прежде всего тем, что физические процессы, протекающие в тропосфере, не обособлены — они тесно связаны с состоянием более высоких слоев земной атмосферы, на которые в свою очередь влияют космические явления, в частности, солнечная активность, состояние радиационного пояса Земли и т. д. Кроме того, погода — это не местное явление, а сложный, взаимосвязанный процесс, охватывающий всю нашу планету в целом.

Чтобы успешно предвидеть развитие явлений погоды, необходимо систематическое и непрерывное наблюдение за состоянием атмосферы на всей территории Земли и на всех высотах. Важным шагом к решению

этой задачи явилось создание разветвленной системы стационарных метеостанций, расположенных в самых различных уголках планеты. Кроме того, ведутся метеонаблюдения с самолетов и кораблей методами радиолокации, а также с помощью автоматических метеостанций в труднодоступных районах суши и на специальных морских буях на водных пространствах Земли. Все большее значение приобретает постоянный обмен оперативной информацией между метеорологическими центрами различных стран.

И все же подобная система наблюдений за погодой имеет целый ряд серьезных недостатков. Так, например, расстояния между соседними наземными станциями слишком велики, а на океанских просторах таких станций чересчур мало. Да и промежутки во времени между последовательными наблюдениями довольно значительны. Вследствие этого представление о состоянии атмосферы в данный момент и о развитии атмосферных явлений получается далеко не полным. В еще большей степени все сказанное относится к наблюдениям за состоянием верхней атмосферы.

На помощь метеорологам должны прийти искусственные спутники Земли. Метеорологические спутники, т. е. спутники, на борту которых установлена специальная аппаратура для слежения за атмосферными процессами и фотографирования облачности, позволяют проследить в планетарном масштабе за тем, как формируются, развиваются и движутся облачные массы.

В настоящее время уже действует система «Метеор», включающая метеоспутники «Космос». Они снабжены телевизионными устройствами и инфракрасной аппаратурой для наблюдения за состоянием облачности, снежного покрова, ледовых полей, а также измерения потоков тепловой радиации. Показания приборов регистрируются специальными запоминающими устройствами и передаются наземным станциям. С борта метеоспутников поступает весьма обширная информация. Только за время одного оборота спутник передает такое количество данных, которое приблизительно в 100 раз превышает информацию, поступающую от всех 10 тысяч метеостанций земного шара. Обработка этой информации осуществляется с помощью сложного наземного комплекса со-

временной электронно-вычислительной аппаратуры. Это уже позволило значительно уточнить прогнозы погоды, своевременно обнаруживать штормы и ураганы, а также составлять мировые карты распределения и развития облачности за длительные промежутки времени. Последнее особенно важно, так как позволяет вплотную подойти к выяснению основных закономерностей образования и изменчивости облачного покрова Земли.

Если же попытаться заглянуть в будущее, то можно предположить, что со временем наряду с развитой системой метеорологических автоматических спутников появятся и пилотируемые орбитальные космические станции, одной из основных задач которых будет наблюдение за процессами, имеющими отношение к физическим явлениям в атмосфере. В частности, находясь на борту такой станции, квалифицированный наблюдатель-синоптик может по характеру структуры облачного покрова осуществлять анализ развития атмосферных процессов и выдавать оперативные штормовые предупреждения.

Он может также фотографировать наиболее интересные облачные системы, что важно для более глубокого познания физических явлений в воздушной оболочке Земли. Советскими учеными, например, издан альбом, в котором собраны двадцать цветных фотографий, сделанных советскими космонавтами с борта космических кораблей. Эти снимки позволяют выявить детальную картину образования облаков, которые развиваются в однородных воздушных массах.

Большой интерес представляют также наблюдения из космоса, относящиеся к области так называемой атмосферной оптики. Подобные исследования, например, наблюдения слоев яркости над горизонтом, осуществлялись советскими космонавтами В. В. Николаевой-Терешковой и К. П. Феоктистовым.

Еще большую роль в земной метеорологии может сыграть лунная метеорологическая обсерватория, с которой можно было бы проводить непрерывные наблюдения за состоянием земной атмосферы сразу на целом полушарии Земли.

Нет нужды говорить о том, какое огромное значение будет иметь развитие космической метеорологии для

самых различных сторон жизни человечества. В частности, значительно облегчится работа гражданской авиации, полеты самолетов станут более безопасными и в меньшей степени зависимыми от капризов погоды.

Человек в космосе

Наши первые ракеты и спутники были автоматами. Они совершали свои полеты без человека, в соответствии с заданной программой. Их бортовая аппаратура производила всевозможные наблюдения и измерения. Выполнение программы этих измерений обеспечивала специальная электронная автоматическая аппаратура.

Современная космическая автоматика достигла еще более замечательных успехов. Достаточно вспомнить наши станции «Луна 9» и «Луна 13», совершившие мягкую посадку на лунную поверхность, автоматические станции «Электрон», проводившие разведку радиационных зон нашей планеты, тяжелые спутники «Протон», космические лаборатории, предназначенные для изучения космических лучей, ретрансляторы «Молния 1», а также высшее достижение современной космической техники — автоматическую стыковку и расстыковку советских спутников серии «Космос».

И все же успешно осваивать космос, добывать у него самые сокровенные тайны, познавать новые явления и законы природы невозможно без непосредственного участия человека, без полетов космонавтов в космических кораблях.

Невольно вспоминается научно-фантастический рассказ З. Юрьева «Башня мозга». Звездолет с людьми оказался на неизвестной планете. Его перехватили и принудили совершить посадку с помощью гравитационного прожектора. На этой планете обитает машинная цивилизация, постепенно сменившая своих творцов — разумные существа биологического типа. Население планеты составляют высокосовершенные металлические роботы, управляемые единым центральным мозгом. Они способны мгновенно производить сложнейшие вычисления и решать самые трудные задачи, но у них нет ни целей, ни стремлений, все происходящее вокруг им совершенно безразлично. Они пленили людей, чтобы познакомиться

с представителями инопланетной цивилизации. И хотя люди физически слабее, хотя они уязвимее «железных» роботов, хотя они не могут решать в уме столь сложные математические задачи — все же возможности их разума несравненно выше. И они выходят победителями...

Действительно, как бы велики ни были возможности современных автоматических и кибернетических устройств, им еще очень далеко до разнообразных и прежде всего творческих способностей человека. Даже самые «умные» современные автоматические устройства могут действовать либо в соответствии с заданной программой, либо, в лучшем случае, в процессе работы совершенствовать эту программу. Но при составлении программы для кибернетических машин, в том числе и самообучающихся, необходимо располагать определенными исходными данными об изучаемом явлении.

Между тем по мере проникновения в космос мы все чаще и чаще будем встречаться с такими явлениями, о которых до этого нам вообще ничего не было известно.

По мере дальнейшего проникновения в космос это неизвестное будет становиться все более непривычным, не сводимым к уже достигнутому знанию, требующим всякий раз принципиально нового, оригинального подхода. Сплошь и рядом будут возникать проблемы, которые не представляется возможным сформулировать заранее даже в приблизительной форме. А ведь именно это и является едва ли не самым важным в изучении космоса. Рождение принципиально новых, непредсказуемых проблем в конечном итоге и обеспечивает осуществление тех качественных скачков, которые существенно расширяют наши знания законов природы.

Но автомат не может исследовать то, что принципиально неизвестно. Он способен изучать лишь такие процессы и явления, которые в основных чертах уже знакомы человеку.

Правда, в последнее время ведется большая работа в области создания так называемых эвристических программ для электронно-вычислительных машин. Подобные программы разрабатываются на основе

обобщения исследовательской деятельности людей. В идеале машина, вооруженная эвристической программой, должна самостоятельно осуществлять процесс научного исследования в той или иной области. Однако реальные возможности таких программ пока еще сравнительно невелики.

Не следует также забывать о подсознательной деятельности человеческого мозга, об интуиции, которые пока еще лежат за пределами возможностей кибернетических машин. А ведь интуиция играет чрезвычайно важную роль в процессе научного исследования природы.

Только человек может эффективно исследовать неизвестное, принимать правильные решения в непредвиденных обстоятельствах, в полной мере использовать открывающиеся возможности изучения окружающего нас мира. А так как на данном этапе освоения космоса одна из главнейших задач состоит во все более глубоком познании природы, то непосредственное участие человека в космических полетах является совершенно необходимым.

Вот почему первый рейс советского космонавта Юрия Гагарина был не просто очередным шагом в космос — это было начало нового этапа освоения космического пространства, а вместе с тем и начало новой эпохи в исследовании Вселенной.

Хотя человечество непрерывно развивается, овладевая все новыми и новыми рубежами, многое в его истории повторяется, разумеется, каждый раз в новой форме и в иных масштабах.

Обычно выдающиеся достижения науки и техники на первых порах воспринимаются подавляющим большинством людей как нечто неожиданное, сенсационное, из ряда вон выходящее.

Но постепенно, пропорционально тому, как растет число практических приложений данного открытия, оно становится привычным, входит не только в технику, но и в быт людей, а еще через некоторое время становится неотъемлемой стороной жизни человечества. Даже специальные термины, которые на первых порах являются достоянием лишь узкого круга специалистов, проникают в разговорный язык и становятся всеобщим достоянием. Так уже было с паровыми машинами, электричеством,

радио и телевидением, атомной энергией. Так происходит сейчас и с освоением космоса.

Поскольку проникновение человека в космическое пространство — это не просто очередной рядовой шаг в развитии науки, а событие, имеющее эпохальное значение, оно не может не оказывать (и уже оказывает) существенного влияния на самые различные стороны жизни человечества.

Интересно отметить и еще одно обстоятельство. До сих пор все достижения науки и техники изменяли главным образом окружающую человека обстановку, не затрагивая, по существу, физических условий, в которых ему приходится жить. С каждым годом люди получали возможность пользоваться все новыми приспособлениями и техническими устройствами, но они продолжали обитать в том же самом, привычном для себя земном мире. И только космические полеты, и в особенности успешный выход советского космонавта Алексея Леонова в открытый космос, впервые изменили саму среду, в которой должен работать, жить и передвигаться человек.

У знакомого нам американского писателя-фантаста Айзека Азимова есть рассказ «Поющий колокольчик».

Герой этого рассказа Луис Пейтон тайком отправляется на Луну на антигравитационном корабле, чтобы попытаться отыскать тайник с поющими колокольчиками, которые украдкой собрал один лунный старатель. Поющие колокольчики — затвердевшие под большим давлением кусочки пемзы, которые будто бы находят на Луне. При ударе они издают ни с чем не сравнимые музыкальные звуки. На Земле эти уникальные произведения природы составляют огромную ценность.

После двухнедельного пребывания на Луне Пейтон находит желанный клад, убивает своего спутника, чтобы избавиться от него, и возвращается на Землю.

Убийство обнаруживают. Подозрения полиции падают на Пейтона. Но он умело запутал следы и к тому же подготовил себе алиби. В его распоряжении убедительные доказательства того, что за последнее время он не покидал Землю.

По просьбе полиции за дело берется доктор Эрт. Подозреваемого Луиса Пейтона доставляют к нему.

Однако на вопрос доктора — был ли он на Луне, Пейтон вновь отвечает отрицательно.

И тогда доктор Эрт достает из своей коллекции единственный поющий колокольчик и неожиданно бросает его сидящему в двух метрах Пейтону. Пейтон успевает поймать волшебную вещь.

Привычным движением проведя ногтем большого пальца по выпуклой поверхности, он заставляет колокольчик запеть. Нежный звук, напоминающий флейту, задрожав, медленно замирает, вызвав в памяти картину летних сумерек.

И вдруг доктор Эрт приказывает:

— Бросьте его мне, мистер Пейтон. Скорее!

Машинально Луис Пейтон бросает колокольчик. Но бесценный кусочек пемзы, не долетев до протянутой руки доктора Эрта, с горестным звенящим стоном вдребезги разбивается об пол....

Эксперимент решает судьбу Пейтона. За две недели пребывания на Луне его мышцы привыкли к ослабленной силе тяжести и еще не успели вновь приспособиться к земному притяжению. Это неопровержимо свидетельствовало о том, что Пейтон покидал Землю и некоторое время находился либо в космическом пространстве, либо на каком-то небесном теле, значительно уступающем по размерам Земле. Преступление было доказано...

Действительно, выходя в космос, люди вступают в особый мир, где все непохоже на земное, где окружающая обстановка, физические условия и даже характер движений всех предметов и самого человека иные, чем на Земле.

Было бы неправильно думать, что в открытом космосе действуют какие-то особые законы движения, отличные от тех, с которыми мы встречаемся на Земле. Просто, действуя в иных условиях, они по-иному проявляются. В чем же состоит это отличие?

Одним из основных законов движения является, как известно, закон инерции. Согласно этому закону любое движущееся тело, на которое не действуют силы, т. е. тело, не взаимодействующее с другими телами, должно двигаться равномерно и прямолинейно. Однако в земных условиях закон инерции, строго говоря, никогда не выполняется. На Земле любое движущееся тело всегда взаимодействует с какими-либо другими телами: оно

испытывает сопротивление воздуха или воды, трение, притяжение Земли.

Иное дело в «свободном» космосе. Конечно, и здесь движение по инерции полностью никогда не осуществляется, так как в любой точке космоса всегда действует притяжение тех или иных небесных тел. Но поскольку силы тяготения быстро ослабевают с расстоянием, то уже при сравнительно небольшом удалении от небесного тела величина создаваемого этими силами ускорения становится незначительной. Следует также учитывать, что в космосе практически отсутствует сопротивляющаяся среда, а перемещающееся тело не испытывает трения с другими телами. Поэтому свободное движение тел в космическом пространстве можно считать близким к движению по инерции. Практически это означает, что любое тело, получив в результате действия какой-либо силы некоторую дополнительную скорость, будет сохранять эту скорость достаточно долгое время.

В космосе человек, получив некоторое ускорение, например, оттолкнувшись от космического корабля, продолжал бы двигаться в этом направлении до тех пор, пока на него не подействовала бы какая-либо другая сила.

С одной стороны, это обстоятельство упрощает передвижение в космосе, с другой — усложняет, так как при всяком неосторожном движении возникает опасность значительного удаления от корабля или от заданного направления. Кроме того, следует учитывать, что космонавт, находящийся в открытом космосе, совершает сложное движение: движение относительно корабля и вместе с кораблем вокруг Земли. А это круговое движение вызывает дополнительные, так называемые кориолисовы ускорения, которые практически космонавту очень сложно учитывать. Вот почему в первом эксперименте Алексей Леонов был соединен с кораблем так называемым фалом, т. е. гибким страховочным тросом, который в любом случае обеспечивал возвращение космонавта к кораблю.

Из физики известно: чем выше скорость истечения газов из двигателя ракеты, тем быстрее она движется. Точно так же, чем резче движения человека в свободном космосе, приводящие к изменению положения его

центра массы, тем больше ускорения он получает. А это значит, что все движения космонавта должны быть необычайно плавными. Только при соблюдении этого условия космонавт сможет осуществлять в космосе активные операции, например, монтажные работы.

Человечество уверенно идет по пути космических свершений. Каждый новый успешный шаг в космос люди воспринимают как великую победу, как выдающееся историческое событие в истории земной цивилизации. И это закономерно. Благодаря замечательным космическим успехам человек стал полнее ощущать свое могущество, свою власть над природой, свои поистине неограниченные возможности.

Мы из солнечной системы

Семья Солнца

Наш космический дом — Земля — одна из планет солнечной системы. Вместе с ними совершает она свой вечный бег вокруг Солнца. Земля — третья по расстоянию планета. Ближе к дневному светилу движутся стремительный Меркурий и красавица Венера.

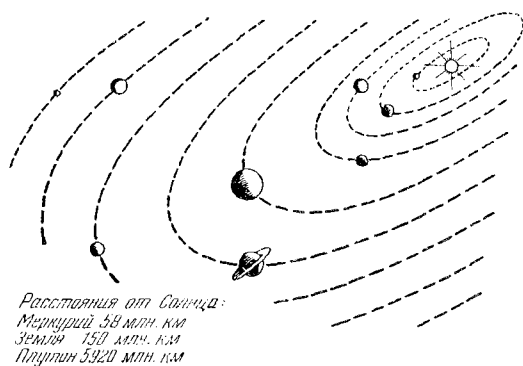


Рис. 19. Солнечная система.

Меркурий — самая маленькая планета солнечной системы. Свой оборот вокруг Солнца она совершает за 88 суток, т. е. год на Меркурии в четыре раза короче земного. До недавнего времени астрономы считали, что и период суточного вращения Меркурия также составляет 88 суток. В таком случае к Солнцу была бы всегда повернута одна и та же половина планеты. На одном

полушарии Меркурия был бы вечный день, на другом вечная ночь. Однако в последнее время были получены данные, свидетельствующие о том, что периоды обращения и собственного вращения Меркурия не совпадают. Оказалось, что период вращения равен приблизительно 59 суткам. Таким образом, и на этой планете происходит хотя и медленная, но все же смена дня и ночи.

Близость Меркурия к Солнцу заставляет предполагать, что на его поверхности должна быть очень высокая температура. Действительно, наблюдения показали, что на обращенной к Солнцу стороне планеты температура в отдельных точках достигает 430° Цельсия.

В то же время можно ожидать, что поскольку Меркурий почти лишен атмосферы, то на его темной стороне должен царить глубокий холод. Однако, как показали наблюдения, самая низкая температура на ночной половине планеты составляет всего около -70° Цельсия. Создается впечатление, что на Меркурии все же происходит некоторый перенос тепла с дневной стороны на ночную, т. е. имеет место атмосферная циркуляция.

Полученные в 1963 г. советским астрономом В. И. Морозом данные показывают, что атмосферное давление у поверхности Меркурия составляет от 1 до 20 мм ртутного столба. По мнению Мороза, газовая оболочка этой планеты, видимо, состоит из 10% углекислого газа и 90% азота. Наличие подобной атмосферы объясняет отток тепла с освещенной стороны на темную.

Не исключена также возможность, что определенное влияние на меркурианские температуры оказывает тепловое излучение внутренней солнечной короны. Вообще же вопрос о распределении температур, и в особенности климатических поясов по поверхности Меркурия довольно сложен, тем более, что до сих пор не удается точно определить угол наклона оси вращения Меркурия к плоскости его орбиты.

Вслед за Меркурием располагаются три планеты: Земля и две ее ближайšie космические соседки — соседка со стороны Солнца Венера и соседка со стороны, противоположной Солнцу, — таинственный красноватый Марс.

Астрономы называют ближайšie к Солнцу планеты планетами группы Земли. Планеты эти сравнительно невелики. Их поперечники заключены в пределах от 5 тыс. км (поперечник Меркурия) до 12 755 км (поперечник Земли).

В состав планет земной группы входят главным образом тяжелые химические элементы с большим удельным весом. Так, например, средняя плотность вещества Земли составляет 5,5 единицы, где за единицу принимается плотность воды.

Следующая планета солнечной системы — гигант Юпитер, поперечник которого составляет 143 тыс. км. Эта планета по объему в 1300 раз превосходит нашу Землю. За ней по порядку следуют огромные планеты: Сатурн, который окружен знаменитыми кольцами — уникальным образованием в мире планет, Уран и Нептун.

Хотя далекие планеты по своим размерам значительно больше планет земной группы, средняя плотность их вещества значительно ниже. Для Юпитера она равна 1,4, а для Сатурна даже 0,7, т. е. ниже плотности воды. Это объясняется тем, что в состав планет-гигантов входят главным образом легкие химические элементы — водород и его соединения — аммиак и метан.

Девятая планета солнечной системы снова невелика по размерам. Это Плутон, который был открыт сравнительно недавно, в 1930 г.

Земля представляется нам, ее жителям, огромной. Но если даже собрать вместе все планеты, то окажется, что в них содержится меньше 1% вещества всей солнечной системы. Главная его часть сосредоточена в центральном теле нашей планетной семьи — Солнце, масса которого выражается громадным числом $2 \cdot 10^{33}$ г ($2 \cdot 10^{27}$ т). Это соответствует 333 343 земным массам.

Современная наука довольно хорошо изучила сложные процессы, протекающие в недрах Солнца. Что же касается внутреннего строения планет, то хотя ближайшие к нам планеты расположены на сравнительно небольших расстояниях от Земли, и сами мы живем на планете, недра этих небесных тел во многом остаются для нас загадкой. На первый взгляд это кажется парадоксальным. Но, как и у любого парадокса, у такого положения вещей имеется своя вполне определенная причина. Планеты — твердые тела, а твердое тело — физическая система, поведение которой подчиняется гораздо более сложным закономерностям, чем поведение газовых систем, подобных звездам. И эти закономерности теоретически еще далеко не изучены. Что же касается экспериментальных исследований, изучения соответ-

вующих моделей в лабораторных условиях, то этому препятствуют огромные давления в миллионы атмосфер, а также температуры в тысячи градусов, которые чрезвычайно трудно воспроизвести искусственным путем.

Однако на помощь исследователям пришел природный прожектор, способный просветить земные недра — волны землетрясений, или, как их называют, сейсмические волны. Характер распространения этих волн зависит от строения тех или иных слоев, от состояния вещества. Именно сейсмические наблюдения позволили обнаружить слоистое строение нашей планеты. Оказалось, что верхний слой, земная кора, простирается до глубины около 30 км. Далее идет так называемая мантия. По мере увеличения глубины растет и температура. На расстоянии около 100 км от земной поверхности она превосходит температуру плавления многих пород. Здесь залегают вулканические очаги. На еще больших глубинах рост температуры все еще продолжается, но вместе с тем значительно возрастает давление. Это препятствует плавлению вещества. Несмотря на очень высокую температуру, оно остается твердым.

Очередная граница раздела лежит на глубине около 3000 км. Именно здесь наблюдается резкое изменение характера распространения сейсмических волн. Ниже этого уровня находится так называемое ядро Земли. По своему химическому составу оно мало отличается от вещества мантии, но здесь господствуют давления около 1,5 млн. атмосфер. При таких давлениях вещество переходит в металлическую фазу, металлы приобретают целый ряд свойств, присущих металлам, в частности, высокую тепло- и электропроводность. Температура плавления такого металлизированного вещества ниже, чем вещества мантии. Поэтому ядро, как это на первый взгляд ни покажется странным, находится в жидком состоянии.

Однако на глубине около 5000 км характер распространения сейсмических волн снова меняется. Здесь начинается самая центральная зона земных недр — внутреннее ядро. Давление в этой зоне столь велико, что даже металлизированное вещество остается твердым, несмотря на очень высокую температуру.

Таким образом, внутреннее строение нашей планеты определяется главным образом двумя факторами — тем-

пературой и давлением. Основным источником внутреннего тепла Земли является распад радиоактивных элементов. Что же касается давления, то оно целиком зависит от массы вещества нашей планеты. Отталкиваясь от этих данных, можно судить и о внутреннем строении других небесных тел, входящих в состав солнечной системы.

Так, например, масса Венеры лишь немногим меньше массы Земли. Есть также основания предполагать, что поскольку Венера формировалась приблизительно в том же районе солнечной системы, что и Земля, то запасы радиоактивных элементов в ее недрах должны быть сравнимы с земными. Поэтому весьма вероятно, что внутреннее строение Венеры сходно с внутренним строением Земли. Различия возможно только в самом центре планеты, где давление ниже, так как радиус Венеры все же на несколько сотен километров меньше земного. Поэтому у Венеры может и не быть внутреннего ядра.

Совершенно иной характер должно иметь внутреннее строение тел меньшего размера, таких, как Марс или спутник Земли — Луна. Расчеты показывают, что центральное ядро образуется за счет внутреннего давления только у тех планет, масса которых составляет не меньше 0,8 массы Земли. Масса Марса равна $\frac{1}{10}$ массы нашей планеты, а масса Луны в 81 раз меньше, чем у Земли.

Таким образом, у этих небесных тел внутреннее давление к образованию центральных ядер привести не могло. Однако, с другой стороны, при более низком давлении радиоактивное тепло могло переплавить подавляющую часть вещества Марса и Луны. Очень может быть, что в недрах Марса и Луны происходил довольно интенсивный процесс так называемой гравитационной дифференциации. Более тяжелые вещества, и прежде всего железо, под действием тяжести опускались к центру и могли образовать здесь плотное ядро. В то же время более легкие химические вещества выплывали на поверхность, вынося с собой радиоактивные вещества, которые обычно содержатся именно в легких породах. А это в свою очередь должно было привести к быстрому рассеянию радиоактивного тепла в мировое пространство и угасанию горообразовательных процессов. Но, разумеется, это вовсе не означает, что в недрах Марса и

Луны все мертво. Какие-то глубинные процессы, хотя и не столь интенсивные, как в недрах Земли, видимо, продолжаются и на этих небесных телах.

Наибольшей плотностью вещества среди всех планет солнечной системы обладает маленький Меркурий. На первый взгляд это может показаться странным, поскольку масса Меркурия в 20 раз меньше земной и, следовательно, давление в его недрах сравнительно невелико. Однако не следует забывать о близости Меркурия к Солнцу. Материал, из которого сформировалась эта планета, был сильно прогрет солнечными лучами. Легкие вещества при этом испарились и в состав Меркурия вошли главным образом тугоплавкие элементы с большим удельным весом.

Зато в состав планет-гигантов, расположенных далеко от Солнца, в холодной зоне солнечной системы, вошли в большом количестве легкие элементы, в том числе водород и его соединения — метан и аммиак. По расчетам астрономов, водород составляет от 0,5 до 0,9 массы больших планет. Но поскольку в недрах этих небесных тел давления чрезвычайно велики, водород здесь уже не газ — он должен перейти в твердую, а возможно, и в металлизированную фазу. К сожалению, этим в основном и ограничиваются наши сведения о внутреннем строении планет-гигантов, так как теория твердых состояний водорода при больших давлениях почти не разработана.

Правда, различными исследователями создано немало теоретических моделей больших планет, но, к сожалению, у нас пока нет возможности определить, какие из них ближе к истине. Наиболее распространенной является следующая схема: в центре громадное ядро из металлизированных газов, окруженное мантией из кристаллических твердых газов, а на поверхности океан жидкого водорода, окруженный относительно плотной газовой атмосферой.

Совершенно особый интерес представляет внутреннее строение Юпитера. Не так давно американский астроном Лоу, измеряя излучение Юпитера в инфракрасных лучах с помощью специально сконструированного чрезвычайно чувствительного прибора, обнаружил, что гигантская планета излучает в инфракрасном диапазоне в два с половиной раза больше лучистой энергии, чем получает ее

от Солнца. По подсчетам ученых Юпитер каждую секунду излучает энергию, приблизительно равную энергии взрыва нескольких десятков тысяч атомных бомб.

Столь сильный поток тепла, идущий из недр этой планеты, трудно объяснить одним лишь радиоактивным распадом. Для этого, согласно вычислениям американского ученого Р. Смолучовского, в недрах Юпитера должно было бы содержаться в 100 тысяч раз больше радиоактивных веществ, чем их имеется на Земле.

Известный американский исследователь планет Дж. Койпер высказал даже мысль о том, что внутри Юпитера работает источник энергии звездного типа, т. е. в его недрах происходят термоядерные процессы. Подобное предположение выглядит довольно эффективно. Если бы оно оправдалось, то оказалось бы, что мы живем в системе двойной звезды Солнце — Юпитер. Однако оно маловероятно. Хотя Юпитер обладает очень большой массой (в 318 раз больше массы Земли) и давление в его центральной части очень велико, эта планета все же слишком холодна для того, чтобы в ее недрах мог происходить термоядерный синтез.

В связи с этим Смолучовский выдвинул гипотезу, согласно которой загадочное излучение Юпитера объясняется медленным внутренним сжатием.

Дальнейшие исследования Юпитера представляют огромный интерес, так как эта планета уникальна по своим размерам, а ее масса, возможно, находится где-то вблизи предела массы небесных тел планетного типа.

Помимо девяти больших планет, обращающихся вокруг Солнца, в солнечную систему входит несколько тысяч малых планет, или астероидов. Двигаются они в пространстве, разделяющем орбиты Марса и Юпитера. К началу XIX столетия эта область солнечной системы считалась свободной от небесных тел. Во всяком случае такие тела не были известны. Но, с другой стороны, многие астрономы предполагали, что они должны существовать. Дело в том, что в расположении планет относительно Солнца вырисовывается определенная закономерность, в которую слишком большой промежуток между орбитами Марса и Юпитера явно не укладывается.

Действительно, в первый день 1801 г. итальянский астроном Дж. Пиацци обнаружил какой-то неизвестный объект, передвигающийся среди звезд. Используя

наблюдения Пиацци, знаменитый немецкий математик К. Гаусс рассчитал орбиту вновь открытого тела. Оказалось, что оно совершает свой космический путь как раз между орбитами Марса и Юпитера. Вскоре новая планета получила имя — ее назвали Церерой.

В дальнейшем открытия астероидов стали следовать одно за другим. Они особенно участились после того как в астрономии стали применяться фотографические методы. На одной лишь Симензской обсерватории за 20 лет было открыто более 100 астероидов.

Всего в настоящее время зарегистрировано свыше 1600 малых планет с поперечником в десятки километров и километры, движущихся главным образом между орбитами Марса и Юпитера, т. е. на среднем расстоянии в 420 млн. км от Солнца. Но, по всей видимости, это лишь небольшая часть семейства астероидов, общее число которых по подсчетам ученых измеряется десятками тысяч. Таким образом, подавляющая часть астероидов остается неизвестной. Это объясняется трудностями наблюдений, связанными с очень малыми размерами большинства астероидов. Поэтому не случайно открытая первой Церера оказалась и самой большой среди малых планет. Ее поперечник составляет 780 км. Обнаружены еще три астероида, поперечники которых составляют от 190 до 470 км — они получили названия Паллада, Веста и Юнона. Общая же масса всех открытых астероидов приблизительно равна лишь одной тысячной доле массы Земли.

Поскольку астероиды — небольшие небесные тела, они сравнительно легко подвержены так называемым возмущениям со стороны больших планет. Благодаря этому их пути в мировом пространстве могут со временем довольно существенно изменяться. И если первоначально орбиты всех астероидов действительно располагались между Марсом и Юпитером, то в настоящее время некоторые из них довольно сильно вытянуты и подходят на сравнительно близкое расстояние к орбите Земли.

Так, например, астероид Эрос заходит внутрь орбиты Марса и приближается к орбите Земли на расстояние около 23 млн. км. Кратчайшее расстояние между орбитой Земли и орбитой астероида Алинда составляет 24 млн. км, Ганимеда — 34,5 млн. км, а астероид Амур,

открытый в 1932 г., подходит к космической трассе нашей планеты на 15 млн. км.

Было также открыто несколько малых планет, пути которых скрещиваются с орбитой Земли и даже с орбитой Венеры. К их числу относятся астероиды Аполлон, Адонис и Гермес. Астрономам удалось зарегистрировать прохождение этих небесных тел вблизи Земли. Так, например, 24 апреля 1932 г. состоялась космическая встреча нашей планеты и астероида Аполлон. Расстояние между ними в этот момент составляло всего около 10 млн. км. 7 февраля 1936 г. астероид Адонис приблизился к Земле на 2 млн. км. А 30 октября 1937 г. астероид Гермес побил все рекорды. Он прошел от нас на расстоянии всего 580 тыс. км, т. е. примерно в 1,5 раза дальше Луны.

Эти три астероида имели сравнительно малые размеры: от 0,5 до 1,5 км. Поэтому наблюдать их было чрезвычайно сложно и в дальнейшем они оказались потерянными.

Один из самых любопытных астероидов был обнаружен 26 июня 1949 г. В этот день известный астроном Вальтер Бааде, работая на одном из крупных инструментов Паломарской обсерватории в США, заметил на фотографии звездного неба в области созвездия Скорпиона след неизвестного астероида, который перемещался среди звезд удивительно быстро — в пять раз быстрее, чем любой другой астероид. Когда же была вычислена орбита вновь открытой планетки, то выяснилось, что она является рекордсменкой и еще в одном отношении. При каждом обороте это небесное тело приближается к Солнцу на расстояние всего лишь 28 млн. км. Это примерно в пять раз меньше радиуса земной орбиты и в два раза меньше, чем расстояние от Солнца самой внутренней планеты — Меркурия. Таким образом, орбита нового астероида заходит внутрь не только орбит Земли и Венеры, но и орбиты Меркурия.

Это дало основания астрономам вспомнить знаменитый древнегреческий миф о Дедале и его сыне Икаре, изготовивших крылья и решивших с их помощью подняться в воздух. Как повествует миф, Икар, несмотря на предупреждения отца, слишком близко подлетел к Солнцу. Лучи дневного светила растопили воск, которым

были скреплены крылья, и Икар упал в море... Новый астероид получил название Икар.

Интересно, что в моменты наибольшего сближения с Солнцем поверхность астероида нагревается до температуры свыше 600° Цельсия. Нагретое до такой температуры тело должно было бы светиться слабым красным светом. Так, вероятно, и было бы, если бы Икар был

всегда обращен к Солнцу одной стороной. Но так как в действительности астероид вращается, то свечение, видимо, не имеет места.

4 июня 1950 г. было зарегистрировано следующее очередное прохождение Икара вблизи Земли. Астероид наблюдался также в 1952, 1953, 1954, 1957 и 1958 гг. Однако наиболее близкие прохождения Икара относительно Земли должны по-

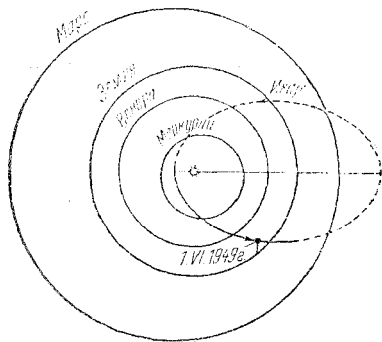


Рис. 20. Орбита астероида Икар.

вторяться через каждые 19 лет. Это объясняется тем, что если умножить число суток земного года на 19, то получается число 6940, которое почти без остатка делится на 409, т. е. период обращения Икара. Таким образом, следующее после 1949 г. сближение Икара с Землей должно было произойти согласно расчетам астрономов 15 июня 1968 г.

Этот вывод ученых о предстоящей космической встрече двух небесных тел дал повод для всевозможных толков о якобы надвигающейся космической катастрофе. Но имелись ли в действительности основания для каких-либо опасений, связанных с Икаром?

Точные астрономические расчеты, сделанные еще в 1966—1967 гг., показали, что расстояние между Землей и Икаром 15 июня 1968 г. составит около 6,7 млн. км. А это вполне безопасное расстояние.

Правда, было известно, что перед встречей с Землей у Икара произойдет довольно тесное сближение с Меркурием. Возник вопрос: не может ли притяжение Меркурия так изменить орбиту астероида, что она пересечет

путь Земли? Однако подобные опасения оказались неосновательными, так как в расчетах американского астронома Херрика, проверенных советскими учеными, притяжение Меркурия учитывалось. Вычисления показывали, что Меркурий не в состоянии изменить путь Икара сколько-нибудь существенным образом.

И действительно, Икар прошел на достаточно большом расстоянии от Земли.

Неясным остается до сих пор и само происхождение пояса астероидов. Некоторые астрономы считают, что когда-то в этом районе солнечной системы существовала большая планета — ей даже присвоили имя Фаэтон. В дальнейшем по неизвестной причине эта планета взорвалась или распалась на части, которые и превратились в астероиды.

Наше ночное светило

Представьте себе, что мы на борту звездолета, стремительно поглощающего космические расстояния. Наш путь — к далеким звездам, позади — солнечная система. Вот она, на экране телевизионного телескопа, вся целиком, словно на чертеже. Мы можем охватить ее единым взором: планеты, их спутники. Почему же так несправедливо поступила природа? Внутренние планеты она обрекла на почти полное одиночество: у Меркурия и Венеры вовсе нет спутников, у Марса — два, но таких маленьких, что их вообще можно не принимать во внимание. И только у Земли есть солидный спутник, поперечник которого превышает четверть земного диаметра — Луна.

Луна — самое близкое к нам небесное тело, и расположена она в том же районе солнечной системы, что и Земля. Тем не менее Луна — это совершенно иной мир, непохожий на земной. Именно это обстоятельство и привлекает нас к Луне прежде всего. Изучая непривычный нам лунный мир, мы можем узнать много нового, расширить представления не только о космических явлениях, но и о самой Земле.

О Луне немало написано. Пожалуй, ни одно другое небесное тело не может похвалиться таким количеством превосходнейших портретов. Одним словом, Луна пользуется вполне заслуженной известностью. Но она до сих

пор не желает расставаться со своими тайнами. Многого о Луне начало проясняться только в самое последнее время, а многого мы не знаем и по сей день.

На первый взгляд может показаться, что физические условия на Луне должны быть примерно такими же, как и на Земле.

Однако это не так. Все дело в том, что Луна меньше Земли. Поперечник Луны почти в четыре раза меньше поперечника нашей планеты, а масса нашего естественного спутника в 81 раз меньше земной. Поэтому ускорение силы тяжести у лунной поверхности в шесть раз меньше, чем у поверхности Земли.

Это обстоятельство, между прочим, делает Луну отличной спортивной площадкой, на которой можно было бы устанавливать подлинно мировые рекорды по легкой и тяжелой атлетике. Человек, который на Земле прыгает на 5 м в длину, на Луне легко совершал бы феноменальные с нашей обычной точки зрения прыжки на 25—30 м. Любой мало-мальски способный легкоатлет мог бы прыгнуть в высоту без шеста на 5—6 м. А штангист, толкающий 200 кг, мог бы поднять над головой чудовищный груз в 1000 с лишним килограммов, послынный в земных условиях только подъемному крапу.

Но, кстати сказать, было бы неправильно думать, что спринтер, пробегающий на Земле стометровку, например, за 10,6 сек, смог бы на Луне преодолеть то же расстояние в шесть раз быстрее. Все дело в том, что в беге решающую роль играет не вес спортсмена, а ускорение. Величина же ускорения при одних и тех же действиях спринтера зависит от массы движущегося тела. Но масса спортсмена и на Луне и на Земле одинакова. Поэтому его результаты в беге в обоих случаях были бы одинаковыми.

Обладая меньшей силой притяжения, Луна не смогла удержать около себя атмосферную оболочку. Ведь так называемая вторая космическая скорость для Луны, т. е. скорость освобождения от лунного притяжения, составляет всего лишь 2,4 км/сек, в то время как для Земли она равна 11,2 км/сек. Благодаря этому частицы газов, выделяющиеся из лунной поверхности, могут легко приобретать скорости, превосходящие скорость освобождения, и удаляться безвозвратно в космическое пространство. Таким образом, если бы у Луны когда-либо

и существовала атмосфера, она должна была бы давным-давно рассеяться в космосе. Как показывают расчеты, плотность лунной атмосферы никогда не превосходила одной стомиллионной доли плотности воздушной оболочки Земли.

По той же самой причине на Луне не может быть и открытых водоемов. Вода очень быстро испарилась бы в вакуум, а водяной пар улетучился в космос.

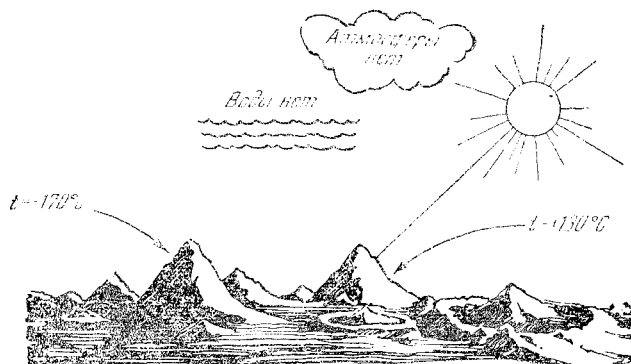


Рис. 21. Условия на Луне.

Таким образом, Луна — это мир без воды и воздуха, а следовательно, и без звуков. Ведь в вакууме звуковые волны не распространяются. И что бы ни происходило на лунной поверхности: извержение вулкана, падение гигантского метеорита или посадка космического корабля — первозданная тишина лунного ландшафта остается нерушимой.

Как известно, Луна светит отраженным светом Солнца. Именно по этой причине мы и видим Луну то полным диском, то узким серпиком. Все зависит от взаимного расположения Земли, Луны и Солнца. Но и в те ночи, когда на небе светит месяц, если присмотреться, можно увидеть и остальную часть лунного диска, которая светится слабым сероватым светом. Астрономы называют его непелльным светом Луны.

Свет этот отнюдь не представляет собой ничего таинственного. Солнце освещает Землю, а Земля отражает солнечный свет в мировое пространство. Часть этого

света попадает на лунную поверхность, которая в свою очередь снова его отражает, так что пепельный свет Луны — это, по существу, свет нашей Земли.

Вообще следует отметить, что на небе Луны наша Земля — довольно яркое светило. Его площадь в 14 раз больше площади полной Луны на земном небе. Да и светит оно в шесть раз ярче, так как отражательная способность Земли значительно выше отражательной способности лунной поверхности. Поэтому когда в небе Луны светит полная Земля, то настает «белая ночь», во время которой настолько светло, что можно свободно читать самый мелкий шрифт.

Один астроном как-то очень метко назвал Луну настоящим музеем древностей. И действительно, на Луне не действуют те силы, которые приводят на Земле к разрушению гор. В частности, нет ветров и текучих вод, а значит, отсутствуют выветривание горных пород и водная эрозия. Поэтому поверхность нашего спутника в основных чертах как бы законсервирована в том виде, какой она приобрела в эпоху своего окончательного формирования. Следовательно, на Луне должно сохраниться гораздо больше следов исторических событий, чем на Земле или на Марсе. В связи с этим один из исследователей Луны как-то сказал, что лунная поверхность представляет собой своеобразную книгу, по которой можно прочесть ее историю.

И первое, что хотелось бы узнать из этой книги — ответ на вопрос о том, когда произошло окончательное остывание лунной коры. Такой ответ может быть получен в будущем путем анализа радиоактивного распада калия, который, как показывают исследования астрономов, имеется в составе горных пород на Луне. Подобный метод позволяет определить, когда последний раз в этом процессе выделялся изотоп аргона с атомным весом 40. А это в свою очередь может иметь место лишь при достаточно сильном разогреве горных пород.

Выяснение особенностей формирования лунного рельефа и физических условий на Луне будет иметь важное значение для изучения геологической истории Земли. Вероятно также, что лунная поверхность сможет рассказать будущим исследователям немало интересного не только о своем собственном прошлом, но и о некоторых космических явлениях. В частности, на ней должны

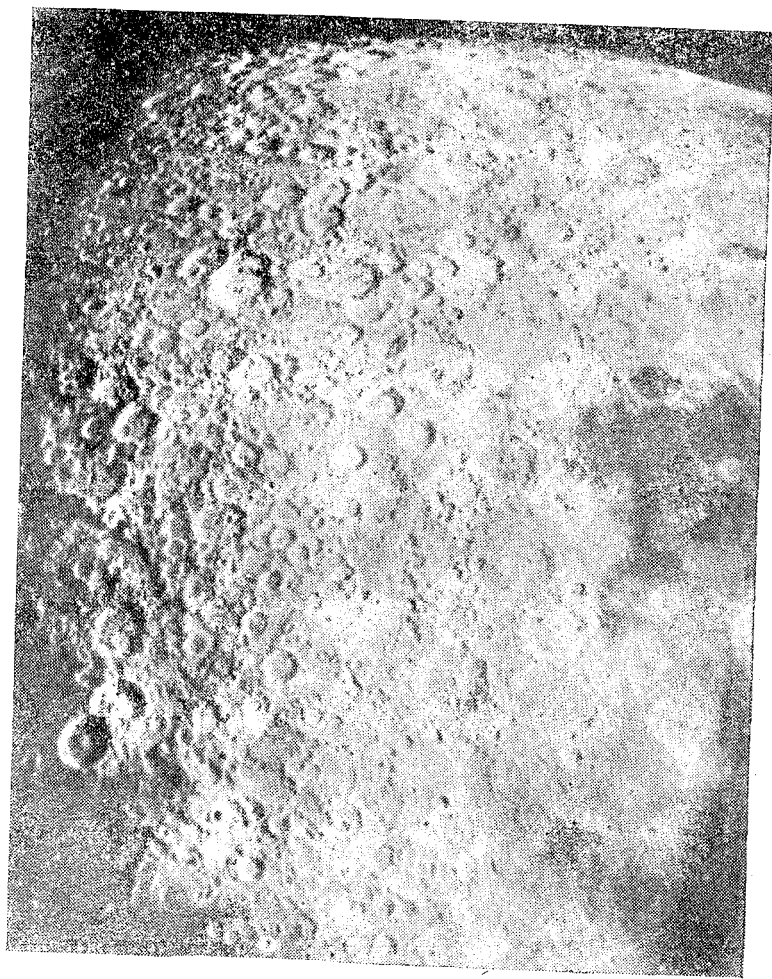


Рис. 22. Фотография лунной поверхности.

сохраниться следы обработки первичными космическими лучами, которые благодаря отсутствию атмосферы и магнитного поля имеют на Луну беспрепятственный доступ. Изучение этих следов позволит ученым составить представление об изменении активности первичных космических лучей в течение последних миллиардов лет, с тех пор как лунная кора окончательно затвердела.

Еще Галилей обратил внимание на то, что во время полнолуния и центр лунного диска и его края кажутся одинаково яркими. На первый взгляд это представляется довольно странным, поскольку в центре солнечные лучи падают отвесно и, следовательно, отражаются полностью, а на краях они направлены наклонно, и, по законам геометрии оптики, должны в нашу сторону отражаться лишь частично. Этот факт привел астрономов к выводу, что поверхность нашего спутника весьма шероховата — сплошь усеяна небольшими неровностями, углублениями и возвышенностями, рассеивающими солнечный свет по всем направлениям.

Что же касается макрорельефа Луны, то, выражаясь географическим языком, лунная местность носит весьма пересеченный характер. Около двух третей видимой с Земли части Луны покрыто горами, горными хребтами и цепями, полученными привычными нам земные названия: Альпы, Апеннины и даже Кавказ. Высота некоторых из них достигает 8—9 км. Особенно выделяются своим необычным видом кольцеобразные горы — кратеры, или цирки, отдаленно напоминающие кратеры земных вулканов, но обладающие гораздо большими размерами. Некоторые из них достигают сотен километров в поперечнике.

Кроме того, на Луне встречаются также плоские равнинные впадины, получившие условное название морей. Их поверхность, как показали наблюдения советского ученого Н. П. Барабашова, также весьма шероховата.

Само собой разумеется, что в лунных морях нет ни капли воды. Но отсутствие открытых водоемов отнюдь не означает, что Луна вовсе лишена воды. Ведь вода — это не обязательно моря и океаны. Она может содержаться в горных породах. Например, известно, что на Земле в породах магматического происхождения имеется некоторое количество воды, вынесенной из земных недр. Около одного процента воды ученые находят и в

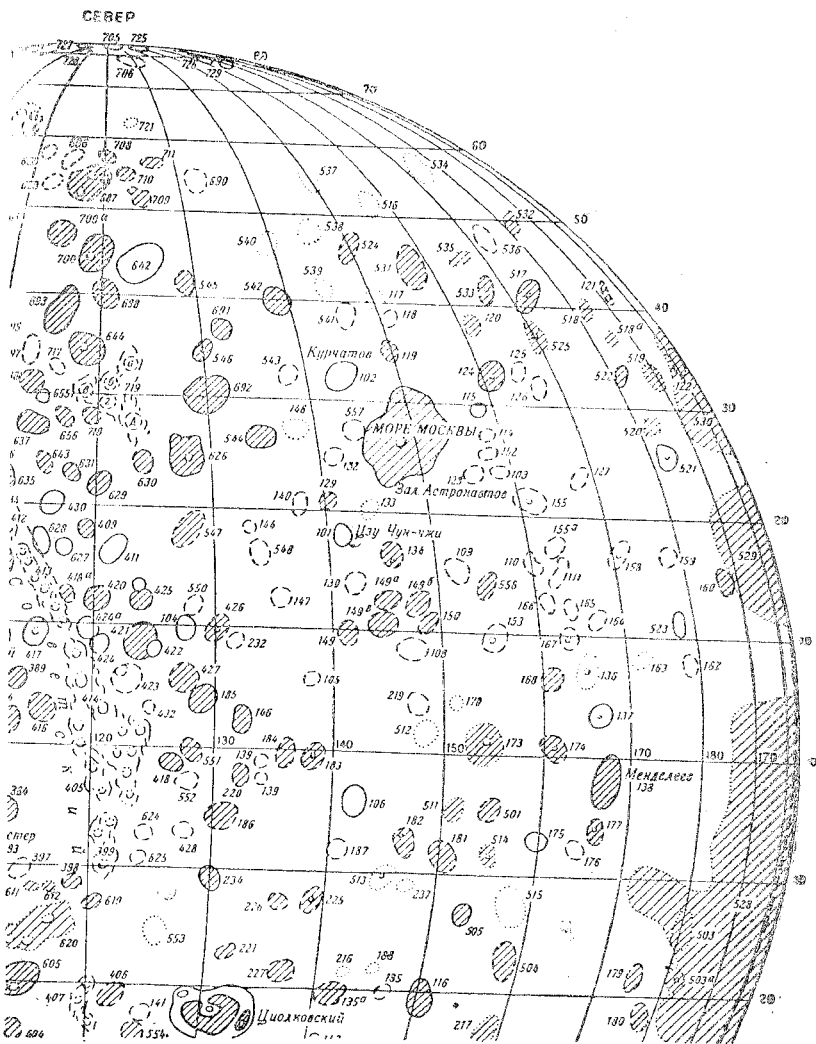


Рис. 23. Часть карты обратной стороны Луны.

каменных метеоритах. Поэтому вполне возможно, что вода входит и в состав других небесных тел.

Если Луна произошла, как и Земля, путем объединения холодных газо-пылевых частиц, то значительная часть воды должна была сохраниться. В результате радиоактивного разогрева глубинная вода испарялась и поднималась по трещинам к поверхности, где замерзала. В результате вблизи поверхности Луны могли образоваться скопления больших масс льда.

Не исключена также возможность, что лед имеется и на дне некоторых лунных кратеров, расположенных в полярных областях, где Солнце едва-едва поднимается над горизонтом. Если все эти предположения подтвердятся, то предстоящие лунные экспедиции будут обеспечены местной водой.

До 1959 г. научному исследованию было доступно лишь около трех пятых лунной поверхности. Однако после полета советских космических станций «Луна 3», а затем и «Зонд 3», передавших на Землю изображения обратной стороны Луны, появилась реальная возможность изучения всей лунной поверхности.

В частности, выяснилось, что строение невидимой с Земли стороны Луны в принципе ничем не отличается от известной. Но характер рельефа там все же несколько иной. В то время как на обращенной к Земле части Луны темные равнинные пятна — моря занимают около 35% всей площади, на противоположной стороне их значительно меньше, всего около 10%.

Возможно, что подобное различие связано с тем, что действие земного притяжения сказывается несколько сильнее на той стороне Луны, которая обращена к Земле.

Однако окончательный ответ на вопрос о различиях рельефа двух сторон лунной поверхности дадут лишь дальнейшие научные исследования.

Загадки Луны

О Луне немало написано и, пожалуй, ни одно другое небесное тело не может соперничать с Луной по числу превосходнейших фотопортретов, в том числе сделанных с близкого расстояния с борта автоматических космических станций. И все же Луна до сих пор не желает

расставаться со своими тайнами. Многое начало проявляться только в самое последнее время, а многого мы не знаем и по сей день.

Одной из самых интересных загадок Луны бесспорно является проблема происхождения различных форм лунного рельефа и в первую очередь кольцевых гор — кратеров.

По своему внешнему виду многие из них весьма напоминают воронки от разрывов авиационных бомб. Так, например, было замечено, что некоторые аэрофотоснимки времен второй мировой войны, на которых запечатлены результаты авиационной бомбардировки, даже специалист-астроном лишь с большим трудом мог бы отличить от фотографий отдельных участков лунной поверхности. Это сходство привело некоторых ученых к мысли о том, что лунные кольцевые горы представляют собой не что иное, как метеоритные кратеры, образовавшиеся на местах падения гигантских метеоритов.

Однако часть ученых связывает образование кольцевых гор с былой вулканической деятельностью на Луне, которая в отдаленном прошлом могла достигать весьма значительных масштабов.

На первый взгляд может показаться, что вулканической гипотезе противоречат огромные размеры лунных кратеров, или цирков, как их иногда называют. В то же время на Земле, где вулканическая деятельность продолжается и по сей день, кольцевых образований подобного масштаба не существует.

Но такое положение вещей вполне может быть объяснено различием физических условий, существующих на Земле и на Луне, и, в частности, значительно меньшей силой тяжести. Благодаря этому действие одинаковых по величине сил на Земле и на Луне должно неизбежно приводить к совершенно различным результатам.

В 1958 г. советскому астроному проф. Н. А. Козыреву удалось наблюдать на Луне извержение раскаленных газов. Анализ материалов наблюдений убедил ученых в том, что среди этих газов был углерод, присутствие которого характерно для вулканических явлений. Открытие вулканической деятельности на Луне делает весьма вероятным наличие на лунной поверхности выходов природного газа.

Видимо, это современные проявления процесса дегазации лунных исдр. Благодаря радиоактивному разогреву из глубин Луны продолжают выделяться летучие вещества.

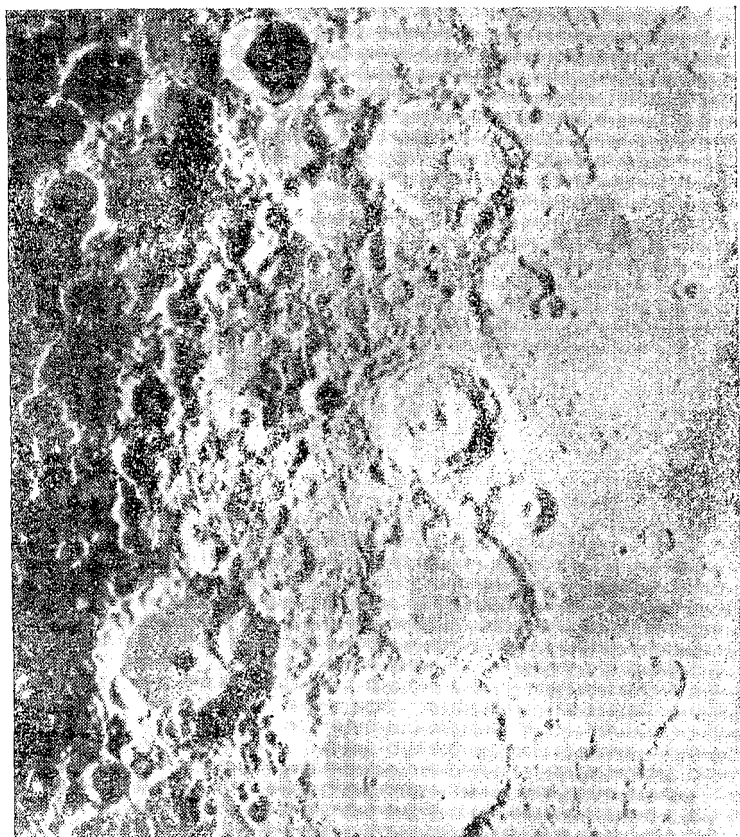


Рис. 24. Лунные кратеры.

Новые факты, имеющие непосредственное отношение к проблеме происхождения лунного рельефа, помогли обнаружить фотографии обратной стороны Луны, полученные с борта станции «Зонд 3». Так, оказалось, что

на невидимой с Земли части лунной поверхности есть мореподобные впадины, дно которых не имеет, однако, обычного темного покрытия. В некоторых из них нет ни следов лавы, ни оплавленных пород.

Это обстоятельство свидетельствует о том, что впадины, о которых идет речь, скорее всего образовались в результате самостоятельной эволюции лунной коры. Если бы такие углубления возникли вследствие метеоритных ударов, то в них обязательно имелись бы следы оплавления, либо застывшая лава, излившаяся сквозь трещины.

На тех же фотографиях имеются протяженные цепочки сравнительно небольших кратеров, как бы расходящихся из одного общего центра. Трудно предположить, что образование таких цепочек могло явиться результатом случайных попаданий метеоритов.

Но вообще-то судьба метеоритной и вулканической гипотез происхождения основных форм лунного рельефа довольно своеобразна. Обычно в тех случаях, когда по какому-либо вопросу существуют противоположные точки зрения, вновь открываемые факты перевешивают чашу весов в пользу одной из них. Совершенно иначе обстоит дело с «лунными» гипотезами. Какие бы новые факты ни обнаруживали исследователи нашей космической соседки, они могут быть с равным успехом истолкованы как в пользу метеоритных, так и вулканических представлений.

В чем же дело? Чтобы попытаться ответить на этот вопрос, я позволю себе привести одну аналогичную историю из области математики. Между геометрами довольно долгое время шел спор по поводу того, какой знак, плюс или минус, нужно ставить перед одним из членов одного уравнения. Каждая сторона приводила убедительные аргументы в пользу своей точки зрения, но в то же время не могла опровергнуть доводов противной стороны. Этот спор в конце концов приобрел характер традиции и, возможно, продолжался бы и по сей день, если бы в него не вмешался один молодой математик. Ознакомившись с вопросом, он пришел к весьма неожиданному, хотя и довольно логичному, выводу: если ни одна из сторон не может доказать несостоятельность другой, видимо, правы и те, и другие. Иначе говоря, можно

ставить плюс, но ничего не изменится и в том случае, если поставить минус...

Для наших же лунных гипотез это означает, что скорее всего в формировании лунного рельефа принимали участие как вулканические, так и метеоритные силы.

До сравнительно недавнего времени Луна считалась абсолютно мертвым миром, в котором не совершается никаких изменений. Однако обнаружение выделений газа показало, что это не так. Видимо, в недрах Луны и по сей день работают достаточно мощные силы, способные оказывать влияние на строение лунного рельефа. Это обстоятельство позволяет по-новому взглянуть на целый ряд явлений, наблюдающихся на поверхности нашего спутника.

В частности, речь идет об изменениях цвета отдельных участков лунной поверхности. Так, например, было замечено, что во время полнолуния середина одного из морей, Моря Ясности, приобретает зеленовато-серый оттенок. Правда, окраска эта довольно слаба и имеет вид легкой дымки.

В другом месте, к северо-западу от кольцеобразных гор Аристарх и Геродот, на много километров тянется холмистая и горная область. В обычное время она имеет почти такой же цвет, как и остальные части лунной поверхности. Но вблизи полнолуния вся эта область становится желтовато-зеленой. И это не легкая цветная дымка, а настоящая окраска. Во время первой и последней четверти близ середины лунного диска появляется довольно большое расплывчатое пятно. Оно подобно тени покрывает даже некоторые горные цепи, так что их вершины становятся едва различимыми. Но тем не менее это не тень.

Немного севернее этого пятна расположено другое, также имеющее зеленовато-желтоватую окраску. Во время полнолуния это пятно становится очень темным, а в центре его появляется круглая светлая поверхность.

Астрономам удалось установить, что изменения окраски, о которых идет речь, происходят периодически, в соответствии со сменой лунных фаз, т. е. с изменением высоты Солнца над лунным горизонтом. Поэтому не исключена возможность, что подобные явления связаны с условиями освещения и нагревания лунной поверхности лучами Солнца.

Но, с другой стороны, целый ряд изменений, зарегистрированных наблюдениями на лунной поверхности, бесспорно связан с действием внутренних сил.

Одно из таких изменений было обнаружено еще в прошлом столетии в кратере Линней. Этот кратер, расположенный несколько обособленно, имеет поперечник около 10 км и настолько глубок, что может наблюдаться даже при прямом освещении. В период с 1841 по 1843 гг. немецкий астроном Ю. Шмидт сделал шесть зарисовок кратера Линней, причем все они оказались одинаковыми. Но через 20 с лишним лет, когда Шмидт вновь направил свой телескоп на тот же район лунной поверхности, он был немало поражен тем, что так хорошо знакомый ему кратер исчез. На его месте осталось только непонятное беловатое пятно.

Открытие Шмидта вызвало настоящую сенсацию и привлекло к загадочному кратеру внимание других исследователей. Однако последние наблюдения только подтвердили вывод Шмидта: глубокий кратер Линней, который можно было увидеть на прежних рисунках, больше не существовал.

С точки зрения представлений о мертвой и холодной Луне случай с неожиданным исчезновением кратера казался необъяснимым. Но в свете современных открытий, которые свидетельствуют о продолжающейся деятельности внутренних сил Луны, подобное событие представляется вполне естественным и закономерным.

В конце 1963 г. в американской печати появилось сенсационное сообщение о том, что американские астрономы обнаружили красные пятна на Луне. Первыми заметили странное явление сотрудники знаменитой Лоуэлловской обсерватории на горе Флагстафф в Аризоне. В районе кратера Аристарх они увидели три красноватых пятна, которые были хорошо заметны в течение примерно 20 минут. По словам одного из астрономов, наблюдавших это необычное явление, пятно в момент наибольшей яркости напоминало хорошо отшлифованный рубин.

Месяц спустя аналогичное явление наблюдалось снова. На этот раз красноватый участок удлиненной формы появился на кольце кратера Аристарх. Для проверки директор обсерватории д-р Хол позвонил в близлежащую обсерваторию в штате Огайо и сообщил, что в районе кратера Аристарх происходит некоторое явление, однако,

не уточнил, какое именно, и не указал точного места. Через некоторое время астрономы из Огайо сообщили о своих наблюдениях. Результаты совпали.

Примерно в тот же период два случая красного свечения в районе лунного кратера Кеплер отметили и французские астрономы на обсерватории Пик дю-Миди.

На первых порах эти явления были истолкованы как вулканические извержения. Однако в дальнейшем стали известны факты, которые заставили взглянуть на этот вопрос по-иному. Было установлено, что лунная поверхность, помимо отраженного солнечного света, излучает еще и собственный, так называемый люминесцентный свет.

Как известно, излучение любого тела обычно связано с его нагреванием. Так, светятся раскаленный кусок металла, нить электрической лампочки. Но при некоторых условиях может возникать нетемпературное, холодное свечение, связанное с физическими процессами, протекающими на электронном уровне. Именно это свечение, названное люминесцентным, и использовано в хорошо всем известных лампах дневного света, в светящихся красках, которыми покрывают циферблаты часов и приборов, выключатели и т. д. Люминесцентное свечение может возбуждаться ультрафиолетовым и рентгеновским излучением Солнца либо корпускулярными потоками и космическими лучами. Хорошо известно, что многие горные породы способны люминесцировать. Это их свойство используется в геологической разведке.

В земных условиях естественная люминесценция не возникает, так как жесткие излучения и корпускулярные потоки, а также первичные космические лучи экранируются атмосферой. Но на Луне, где нет ни атмосферы, ни магнитного поля, эти излучения беспрепятственно достигают поверхности и могут вызывать свечение лунных пород.

Любопытно, что красные пятна в районе кратера Кеплер наблюдались вскоре после того, как на Солнце произошли две вспышки, т. е. в момент усиления солнечной активности. Запоздывание составляло около 8,5 часа. Это говорит о том, что свечение было вызвано корпускулярными потоками, двигавшимися со скоростью около 5 тыс. км в секунду. Электромагнитному излучению для того, чтобы преодолеть расстояние от Солнца до Луны, потребовалось бы всего 8,3 минуты.

Явление лунной люминесценции было подтверждено в 1964 г. пулковскими астрономами. Им удалось получить фотографии неосвещенной части лунной поверхности, на которых виднелись детали, имеющие большую яркость, чем окружающая местность.

Все это вместе взятое заставило американских астрономов отказаться от первоначальной гипотезы о том, что красные пятна, замеченные ими на лунной поверхности, были извержениями вулканов. Скорее всего, это были явления люминесцентного характера.

Но, с другой стороны, не исключено, что люминесценция и вулканические процессы на Луне как-то связаны между собой. По мнению проф. Н. А. Козырева, люминесценция вблизи некоторых лунных кратеров может быть связана с выделением газов. Другими словами, в этих случаях люминесцируют не горные породы, а газы, выделяющиеся сквозь трещины и разломы в лунной поверхности.

Изучение люминесцентных явлений на Луне может стать новым методом исследования нашего естественного спутника, методом, который способен рассказать немало интересного о составе лунных пород и тех физических процессах, которые протекают на лунной поверхности.

Немало интересного для развития наших представлений о явлениях, происходящих в лунных недрах, представляет также вопрос о том, равномерен ли поток тепла, идущий из лунных глубин, или на поверхности Луны существуют более холодные и более теплые участки. Чтобы выяснить это, американские астрономы воспользовались полным лунным затмением 19 декабря 1964 г. Так как во время затмения поверхность Луны не освещается прямыми солнечными лучами, этот период является наиболее удобным для выявления собственных температурных аномалий на поверхности нашего спутника. Наблюдения показали, что на видимой стороне Луны имеется около 300 горячих очагов, температура которых на десятки градусов выше, чем температура окружающей местности. Это лишний раз свидетельствует о том, что в недрах Луны происходят глубинные процессы, связанные с выделением тепла.

Поскольку можно считать доказанным, что в недрах Луны действуют внутренние силы, на нашем естественном

спутнике должны, очевидно, иметь место сейсмические явления. Они могут вызываться также вулканической деятельностью и падениями крупных метеоритов, которые, согласно расчетам, происходят до шести раз в месяц. Следовательно, сквозь недра Луны распространяются сейсмические волны, а сейсмические волны — это тот прожектор, с помощью которого можно было бы получить важные сведения о внутреннем строении лунного шара. Однако для этого необходимо доставить на лунную поверхность специальные приборы для регистрации колебаний почвы — сейсмографы. После успешной посадки на Луну станции «Луна 9» подобная задача представляется вполне разрешимой.

Еще одну интереснейшую загадку Луны представляют собой светлые полосы — лучи, исходящие в различных направлениях от некоторых кольцевых гор. Во время полнолуния такие полосы выступают с особой отчетливостью, и в этот период их можно наблюдать даже невооруженным глазом.

Интересна и еще одна проблема, связанная с лунными горами. Недавно на восточном крае диска Луны астрономы обнаружили разность высот в уровнях местности около 9,7 км. Столь высоких гор не существует даже на Земле. И не случайно. Ведь масса горы должна чем-то уравновешиваться. Дело даже не в том, что находится под самой горой, а в том, какие породы расположены на соседних участках. Эта система немного напоминает чашечные весы: если гора начнет опускаться, то на соседних участках породы будут подниматься вверх. Чем же может достигаться на Луне равновесие для горы почти 10-километровой высоты? Возможно, что внешние слои Луны обладают способностью выдерживать колоссальные физические напряжения.

А может быть, вокруг высоких гор на Луне, над поверхностью менее высокого уровня располагаются огромные массы металлов?

Внимание! Радирует Луна!

Поэты с давних пор называют Луну серебристой. И действительно, когда на небе полная Луна, небо светлеет, меркнут звезды, а земную поверхность заливают розовый серебристый свет. Земные предметы отбрасы-

вают в лучах ночного светила довольно четкие тени и сам диск Луны ярким кружком выделяется на фоне ночного неба. Когда-то в древности некоторые ученые всерьез считали, что лунная поверхность представляет собой огромное зеркало.

Однако серебристый вид Луны обманчив. Как известно, наш естественный спутник светит отраженным светом Солнца. И вот оказывается, что лунная поверхность отражает меньше одной десятой части падающего на нее солнечного света! Как говорят астрономы, альbedo Луны составляет в среднем около 7%. В обычных земных условиях тело, которое отражает столь небольшую долю солнечного света, мы назвали бы черным или, во всяком случае, темно-серым.

И только благодаря контрасту с окружающим черным фоном неба диск Луны кажется нам серебристым. Когда же первые космонавты опустятся на своем корабле на Луну и выйдут наружу, их глазам представится довольно темная поверхность.

Почему же лунный грунт имеет столь темный цвет? Чтобы ответить на этот вопрос, надо выяснить ее физическое строение и химический состав. Легко понять, что решение этих проблем важно не только для удовлетворения нашей любознательности, но главным образом для более глубокого изучения природы Луны и ее истории.

Некоторые ученые считают (и это хорошо подтверждается экспериментами), что темный цвет лунной поверхности — это результат ее обработки частицами высоких энергий, имеющимися в составе солнечного ветра и космических лучей, и частицами света — фотонами. Не исключена также возможность, что темная окраска Луны связана с наличием на ее поверхности углерода (вспомните темный цвет угля и графита).

Между прочим, специальные исследования показали, что лунная поверхность отражает красные лучи несколько лучше, чем синие. Поэтому можно предположить, что цвет Луны не чисто темно-серый, а несколько буроватый. Вероятно, по своему цвету кусок лунной породы, доставленный на Землю, напоминал бы шоколад или корку черного хлеба.

У известного английского писателя-фантаста Артура Кларка есть повесть «Лунная пыль». В ней рассказы-

вается об аварии лунного корабля, специально предназначенного для передвижения по океану пыли, и о том, как эта коварная пыль едва не засосала злополучный корабль вместе с экипажем и пассажирами.

Действительно, еще сравнительно недавно среди астрономов было довольно широко распространено мнение о том, что лунная поверхность сложена из весьма твердых скальных пород, покрытых сверху толстым слоем пыли.

Подобное представление возникло в результате изучения температурных колебаний, происходящих на лунной поверхности. Как показали измерения, в лунный полдень температура поверхностного слоя достигает 120° тепла, а в полночь она понижается до 150° мороза. Во время же затмений, когда Луна погружается в земную тень и солнечные лучи перестают ее обогревать, температура поверхности падает на 200° за час. Но подобные колебания возможны лишь в том случае, если породы, из которых сложен верхний слой Луны, обладают чрезвычайно низкой теплопроводностью. Поиск земных пород с аналогичными свойствами ничего не дали — их теплопроводность была примерно в 2 тысячи раз выше. Но в конце концов удалось отыскать вещество с похожими свойствами. Им оказалась пыль, помещенная в вакуум. В связи с этим представлялось логичным, что лунную поверхность должен покрывать более или менее толстый слой пыли.

Однако несколько лет назад советский ученый, профессор Н. Н. Сытинская высказала предположение о том, что лунная поверхность состоит из пористых материалов губчатого строения. По мнению ученого, это является следствием обработки лунной поверхности метеоритами. Так как атмосферная оболочка на Луне отсутствует, метеориты беспрепятственно проникают к ее поверхности. Их удары приводят к взрывам, при которых и сам метеорит, и часть вещества лунного грунта обращаются в пыль, а затем на поверхности спекаются в губчатую массу, напоминающую вулканический шлак. К аналогичным выводам пришел также известный советский исследователь Луны профессор А. В. Марков.

Однако достаточно полное разрешение этой проблемы с помощью обычных оптических наблюдений Луны представляет собой чрезвычайно трудную, а возможно,

и неразрешимую задачу. Дело в том, что световые лучи несут с собой информацию лишь о самом верхнем слое лунной поверхности.

Нельзя ли заставить заговорить лунные радиоволны? Ведь Луна, как и всякое нагретое тело, является источником радиоизлучения. Расшифровкой радиопередач этой космической радиостанции занялись сотрудники Горьковского радиофизического института под руководством доктора физико-математических наук В. С. Троицкого.

Свойства радиоволн зависят от физического состояния их источника. Поэтому, улавливая радиоизлучение Луны и подвергая его соответствующему анализу, можно получить важные данные о строении лунного грунта и его температуре.

Ученый решил использовать то обстоятельство, что радиоволны излучаются не только поверхностью нашего естественного спутника, но и значительным по толщине слоем лунного грунта. Чем больше длина волны, тем глубже располагается соответствующий слой.

Регистрируя лунные радиоволны различной длины, Троицкий просмотрел слой лунного грунта толщиной от 5 см до нескольких метров. Анализ полученных результатов подтвердил предположение о том, что верхний слой Луны представляет собой твердое сплошное пористое вещество. Однако плотность этого вещества оказалась примерно в четыре раза меньше приписывавшегося ранее значения. Она приблизительно равна половине плотности воды и постепенно увеличивается с глубиной, пока не достигнет плотности скальных пород.

Удалось также установить, что лунная поверхность проводит тепло в 50 раз лучше, чем астрономы считали ранее. Но все же теплопроводность лунных пород примерно в 30—40 раз ниже теплопроводности земных. Это привело Троицкого к выводу, что материал лунной поверхности обладает пористой структурой.

Но каков химический состав этого материала? Представьте себе геологов, перед которыми поставили бы задачу выяснить химический состав горных пород где-нибудь на Дальнем Востоке, не выезжая за пределы Москвы. Проблема трудноразрешимая! Но перед Троицким стояла, пожалуй, не менее сложная задача. Ведь материал, химический состав которого он должен был

определить, находился от него на расстоянии около 400 тыс. км!

Ученый решил прибегнуть к методу сравнения. Были поставлены своеобразные эксперименты. Исследовались различные земные породы. С помощью специальных наблюдений определялись их радиосвойства, а затем сравнивались с радиосвойствами лунного грунта.

На основании подобных опытов Троицкий пришел к выводу, что вещество верхнего покрова Луны примерно на 60—65% состоит из окиси кремния (минерал кварц), на 15—20% из окиси алюминия (минерал корунд) и на 20% из окиси калия, натрия, железа и магния. Этот новый материал, свойства которого во многом отличаются от свойств земных покровов, ученый назвал «лунитом».

Дальнейшие наблюдения показали, что лунит состоит из мелких частиц размером не более 0,2 мм. Частицы эти сцеплены между собой довольно слабо. Площадь их соприкосновения друг с другом в десятки, а то и в сотни тысяч раз меньше площади поперечного сечения самих частиц.

Свободные пространства — поры между частицами — также имеют около 0,2—0,3 мм в поперечнике. Они составляют от 50 до 60% общего объема лунита.

Радионаблюдения Луны позволяли Троицкому обнаружить еще один очень важный факт. Оказалось, что с увеличением глубины температура лунного грунта довольно быстро возрастает от поверхности до четырехметровой глубины, где она на 20—25° выше. С дальнейшим увеличением глубины этот рост резко уменьшается, а затем почти вовсе прекращается. Сопоставляя полученные данные, ученый сделал вывод, что пористый слой, покрывающий Луну, имеет толщину около 4 м и покоится на твердом скальном основании.

Поток тепла из лунных глубин сравним с тепловым потоком из недр Земли. Но ведь Луна значительно меньше Земли по своему объему. Очевидно, это означает, что концентрация радиоактивных веществ в недрах Луны в настоящее время примерно в 5—6 раз больше, чем на Земле.

О высокой температуре лунных недр говорит и то обстоятельство, что внешняя оболочка Луны состоит из пород, отличающихся низкой теплопроводностью. Следовательно, радиоактивное тепло, накопившееся в глу-

бинах Луны, не могло еще полностью улечься в космос.

Пока еще трудно составить окончательное представление о распределении температур в подкорковом веществе Луны. Достигает ли она на глубине 50 км везде около 1000°, как предполагает Тронцкий, или здесь залегают отдельные горячие очаги? Чтобы получить ответ на этот вопрос, необходимы многочисленные наблюдения с помощью приборов, установленных в различных точках лунной поверхности.

Астрономы близки к истине

Мы уже говорили о том, что все сведения о небесных телах, имеющиеся в распоряжении астрономов, получены на расстоянии, косвенными методами. Достоверность этих сведений подтверждается надежностью методов, их многократными испытаниями в земных условиях. Все же непосредственная проверка астрономических данных имела бы огромное принципиальное значение.

И вот день такой проверки наступил.

Тридцать первого января 1966 г. в Советском Союзе была выведена на орбиту к Луне автоматическая станция «Луна 9», а 3 февраля в 21 час 45 минут 30 секунд по московскому времени она плавно опустилась на лунную поверхность в районе, который астрономы называют Океаном Бурь.

Уже через несколько минут после прилунения начал работать передатчик станции, посылая на Землю сигналы о готовности аппаратуры и приборов. Первая радиопередача Земля — Луна! Еще через несколько часов, в 4 часа 50 минут 4 февраля, по команде с Земли состоялся первый в истории науки телевизионный сеанс с Луны. Автоматическая станция начала обзор лунного ландшафта и передачу изображений на Землю.

Свершилось то, о чем давно мечтали астрономы. В распоряжение ученых поступили фотоснимки лунного пейзажа, сделанные с помощью аппаратуры, которая находилась непосредственно на лунной поверхности. О чем же рассказали эти фотографии?

Замечательно, что лунный пейзаж на телевизионных изображениях, переданных станцией «Луна 9», а несколько позже и другой советской станцией «Луна 13»,

предстал перед нами именно таким, каким мы его и ожидали увидеть на основании оптических и радиоастрономических наблюдений последнего времени. Неровная поверхность, изрытая углублениями и воронками попеременно от одного до нескольких метров, резкие очертания далеких скал и над всем этим совершенно черное из-за отсутствия атмосферы небо.

Особенно важно то, что полученные фотографии полностью подтвердили результаты радионаблюдений, проведенных в последние годы, и в первую очередь выводы относительно строения и структуры лунного грунта.

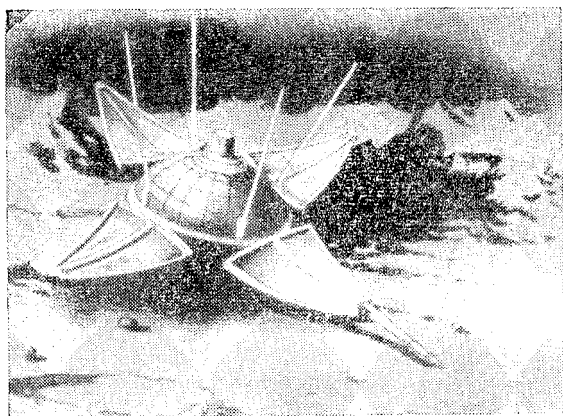


Рис. 25. Станция «Луна 9» на Луне.

Из анализа фотографий прежде всего видно, что при прилунении какого-либо погружения станции в грунт не произошло. Уже это говорит о том, что поверхностный слой на Луне достаточно твердый. Никаких следов пыли на грунте в местах посадки этих станций не наблюдается. Кроме того, если бы вблизи станции имелись пылинки, они, притянутые электростатическим зарядом, приобретенным станцией во время полета, должны были бы покрыть ее узлы. Пыль осела бы и на объективе фототелевизионной установки, что неизбежно сказалось бы на качестве изображения. Однако четкость изображения очень высокая.

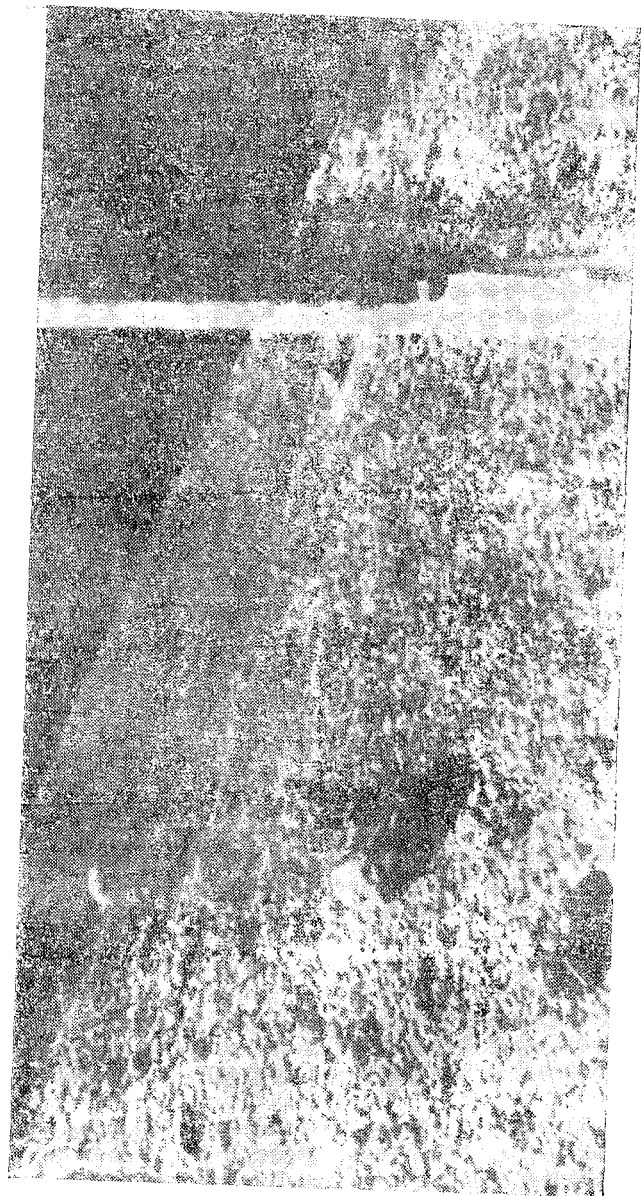


Рис. 26. Изображение лунного ландшафта, переданное станцией «Луна 9».

Разрешающая способность аппаратуры советской станции «Луна 9», с помощью которой производился обзор и фотографирование, такова, что на первом плане можно различить детали, отстоящие друг от друга всего на 1—2 мм. Примерно такие же детали видит у себя под ногами человек с хорошим зрением. Это дало возможность обнаружить, что поверхностный слой на Луне действительно мелкопористый, губчатого строения. В частности, подтвердились результаты радиолокационных наблюдений Луны, согласно которым неровности микрорельефа лунной поверхности должны быть меньше 10 см.

Обращает на себя внимание единообразие микроструктуры лунного грунта. Этот факт свидетельствует о том, что поверхность нашего естественного спутника подвергалась влиянию каких-то факторов, действовавших повсеместно, и что эти факторы отличались постоянством и регулярностью. Вероятнее всего, факторы, о которых идет речь, имели космический характер.

Видимо, процесс образования современного поверхностного слоя Луны происходил примерно следующим образом. Сначала на лунную поверхность изливалась лава, а уже затем, в результате внешних воздействий, она превращалась в то пористое вещество, которое покрывает наш естественный спутник сегодня.

Вероятно, права проф. Н. Н. Сытинская, связывая пористость с микрометеоритами. Однако не исключена также возможность, что известную роль в образовании пористости, по крайней мере на отдельных участках лунной поверхности, могли сыграть явления вулканического характера. Так, например, известно, что при вулканических извержениях на Земле расплавленные породы, застывая в условиях быстрого выделения газов, образуют нечто вроде затвердевшей пены.

Разумеется, нельзя не учитывать, что на Луне вулканические процессы происходят при несколько иных, чем на Земле, физических условиях: в вакууме и при значительно более слабой силе тяжести. Детальный анализ всех этих явлений еще впереди.

По мнению известного советского ученого проф. А. И. Лебединского, материал лунной поверхности в районе посадки советской станции «Луна 9» подвергался многократной переработке. Он дробился под ударами

метеоритов, затем образовавшиеся частицы слипались в вакууме, превращаясь в твердую породу, которая в свою очередь растрескивалась от резких колебаний температуры, вновь подвергался метеоритным ударам, слипался, растрескивался, и так много, много раз.

Наблюдения, проведенные с помощью станции «Луна 13», кроме того, показали, что механические свойства поверхностного слоя лунной почвы близки к свойствам земного грунта средней плотности. С помощью аппаратуры, установленной на станции «Луна 13», впервые были проведены непосредственные измерения плотности лунных пород. Оказалось, что эта плотность не превосходит одного грамма на кубический сантиметр. Это значительно ниже, чем плотность обычных земных грунтов, но зато близко к плотности пористых и зернистых пород.

На снимках, переданных «Луной 13», можно заметить, что плотномер при повороте вытужил в грунте ровную площадку. Отсюда следует вывод о том, что самый верхний слой лунного грунта обладает очень малой прочностью.

Интересные данные о механических свойствах лунного грунта были получены также американскими космическими аппаратами «Сервейор 1» и «Сервейор 3».

Результаты изучения структуры лунной поверхности с помощью фотографий, переданных советскими автоматическими станциями, хорошо согласуются с последними данными радионаблюдений В. С. Троицкого. Они говорят о том, что лунный грунт не твердая губка типа пемзы, как предполагалось раньше, а скорее слабо скрепленная гранулярная структура, похожая на мокрый песок.

Интересно также, что станция «Луна 9» зарегистрировала излучение, исходящее от лунной поверхности и, видимо, связанное с ядерными реакциями, которые происходят в ней под действием космических лучей. Это подтверждает предположения о том, что лунный грунт подвергается заметному воздействию со стороны космических лучей.

Оправдалось и еще одно предположение астрономов.

Любой предмет мы видим только потому, что он отражает световые лучи. Почему же в таком случае мы видим человека, стоящего в тени? Да потому, что на Земле свет попадает даже в тень; это солнечный свет, рассеянный атмосферой. На Луне атмосферы нет, и потому тени там должны быть значительно темнее.

Действительно, на одном из снимков, полученных станцией «Луна 9», виден небольшой камень, расположенный как раз на переднем плане. Сфотографированный ландшафт освещен лучами Солнца, которое при первом сеансе находилось на высоте около 7° над горизонтом. Такое низкое положение Солнца на период фотографирования было предусмотрено заранее, ибо при боковом освещении все неровности поверхности становятся наиболее рельефными. Камень, о котором идет речь, отбрасывает длинную тень, в области которой детали поверхности почти совершенно не различимы.

Ввиду того, что радиус Луны почти в четыре раза меньше земного, лунная поверхность имеет гораздо большую кривизну, чем поверхность нашей собственной планеты. Благодаря этому дальность горизонта на Луне должна быть значительно меньше, чем на Земле, и действительно, дальность горизонта на фотографии составляет около 1,5—2 км.

Согласно астрономическим данным место посадки станции «Луна 9» — это сравнительно ровный район Луны. На фотографиях двух смежных участков лунной поверхности видно, что почти до самого горизонта местность довольно гладкая и только вдали возвышаются холмы.

Фотографии принесли и кое-что неожиданное. Это отдельные мелкие и более крупные камни, разбросанные по лунной поверхности. Скорее всего, это вулканические камни, когда-то извергнутые из лунных недр, или осколки, выброшенные при образовании метеоритных кратеров. Возможно также, что это первоначальные вкрапления в поверхностный слой, «всплывающие» на поверхность при разрушении породы.

Маловероятно, чтобы это были метеориты. Дело в том, что на грунте под камнями нет никаких следов удара. Значит, они должны были мягко прилуниться. Подобный случай в принципе возможен, если метеорит летит по касательной к лунной поверхности и догоняет Луну в ее движении по орбите. Тогда его скорость может быть близка к скоростям точек лунной поверхности и посадка может произойти без сильного удара. Но такое прилунение — довольно редкий случай, и поэтому трудно предположить, что все камни, видимые на фотографии, имеют столь оригинальное происхождение.

Очень важные данные о химическом составе лунного грунта были получены с помощью так называемых гамма-спектрометров, установленных на борту советских искусственных спутников Луны. Эти приборы регистрируют естественное радиоактивное излучение лунных пород. Анализ полученных данных показал, что на лунной поверхности залегают породы, близкие по своему составу к земным базальтам. Этот вывод впоследствии был подтвержден американским космическим аппаратом «Сервейор 5», который произвел химический анализ лунного грунта в одной из точек Моря Спокойствия. Оказалось, что в этом районе поверхность Луны покрыта минералом вулканического происхождения, близким по составу к базальтам. Это вещество содержит 53—63% кислорода, 15—21% кремния, 4—8% алюминия, около 3% кобальта и никеля с примесью серы, а также магний, углерод, натрий и некоторые другие элементы. Кроме того, специальный магнит притянул частицы железа.

Рождение спутника

...Не так уж часто «астрономическая столица» мира — Пулковская обсерватория — бывала свидетельницей столь бурных и оживленных заседаний. Один за другим поднимались на кафедру советские и иностранные ученые и высказывали прямо противоположные мнения. Выступления то и дело прерывались острыми репликами с мест, вспыхивали споры, тут же на доске выписывались сложные математические формулы... Ученые разошлись только поздней ночью. Известный американский геохимик Г. Юри, улыбаясь, заметил, что очень любит участвовать в таких «острых потасовках» между учеными.

А речь в тот день шла о происхождении Луны. Когда и каким образом появился у нашей планеты ее гигантский спутник?

Мнения ученых разошлись. Но одна гипотеза была отвергнута всеми вполне единодушно, а ведь еще сравнительно недавно она считалась почти непогрешимой.

Действительно, все представлялось довольно логичным, тем более, что было подтверждено математическими расчетами. Когда-то Луна и Земля представляли собой

единый сгусток раскаленной материи. Постепенно охлаждаясь, этот сгусток принял грушевидную форму: два шаровидных тела различных размеров, соединенные перемычкой. Затем перемычка разорвалась, а шары, остыв, превратились меньший в Луну, а больший — в нашу Землю.

Еще великий русский математик А. М. Ляпунов теоретически показал нереальность подобного механизма образования Луны, предложенного известным английским ученым Дж. Дарвином. Но если у кого-либо и после этого оставались какие-нибудь сомнения, в наше время они должны были окончательно рассеяться. Ведь гипотеза Дарвина исходила из представлений о горячем прошлом Земли и других планет солнечной системы. Но теперь подобные представления уступили место теории образования нашей планетной системы из холодной космической пыли и газа. А вместе с ними безвозвратно ушла в прошлое и гипотеза Дарвина.

Какие же точки зрения на проблему происхождения Луны существуют сегодня? В основном их две: совместное образование Земли и Луны в общем процессе формирования солнечной системы и так называемый захват.

Юри, например, считает, что в отдаленном прошлом Луна представляла собой одну из планет солнечной системы, которая в конце концов была захвачена силой земного тяготения и перешла с околосолнечной орбиты на околоземную.

Аналогичная гипотеза была выдвинута не так давно и австрийским инженером и математиком Гансом Гербигером. Гербигер предполагает, что Луна когда-то была соседней с Землей планетой. Двигаясь вокруг Солнца, они по временам сближались друг с другом и всякий раз более массивная Земля «подтягивала» свою космическую соседку все ближе и ближе. Наконец, наступил момент, когда при очередном сближении скорости движения Земли и Луны почти уравнились. По мысли Гербигера, этого оказалось достаточно, чтобы Луна превратилась в спутник Земли.

Не ограничиваясь этим, Гербигер попытался выяснить, какое влияние могло оказать подобное событие на нашу планету. Оказывается, «приобретение» спутника должно было обойтись Земле весьма дорого.

Появление на околоземной орбите массивного тела должно было вызвать чудовищную катастрофу. Притяжение нового спутника, который, по мысли автора гипотезы, в первое время после «пленения» находился на более близком расстоянии от Земли, чем в наши дни, привело к образованию мощных приливных волн. Потребленная атмосфера пронеслась всепокрывающим ураганом, чудовищные волны промчались по планете, затопляя на своем пути острова и целые материки, дышали огнем вулканы, росли новые горы и рушились старые...

Свою гипотезу Гербигер связывает с имеющимися в распоряжении современной науки данными, согласно которым примерно 12—13 тысяч лет назад на Земле произошли значительные геологические изменения. Именно в этот период имели место прекращение великого оледенения, усиление притока теплых вод Гольфстрима в северное полушарие, предполагаемая гибель гипотетической Атлантиды и т. п.

Весьма вероятно, что захват Луны и в самом деле мог бы вызвать подобную геологическую катастрофу. Но само это событие весьма маловероятно. Ведь для того, чтобы тело, пролетающее вблизи Земли, стало ее спутником, необходимо в строго определенный момент изменить, и притом вполне определенным образом, направление и величину его скорости. Для этого нужна какая-то сила, внешняя или внутренняя. Иначе захват принципиально невозможен. В гипотезе же Гербигера о таких силах ничего не говорится.

Весьма оригинальным образом попытался обосновать возможность захвата болгарский астроном академик Н. Бопев. Как известно, на Луне имеется множество кольцевых гор — кратеров и многие ученые предполагают, что эти образования имеют вулканическую природу. Согласно идее Бопева, Луна также была когда-то планетой солнечной системы. Но однажды в момент близкого прохождения около Земли на Луне произошло сильнейшее вулканическое извержение, в результате которого она выбросила в космическое пространство значительную часть своей первоначальной массы. Сработав, словно гигантский реактивный двигатель, извержение изменило скорость движения Луны и притом как раз таким образом, что она превратилась в спутника Земли, обращающегося по почти круговой орбите.

Однако эта внешне довольно эффектная гипотеза требует поистине невероятного стечения обстоятельств. Уже не говоря о том, что вулканический реактивный двигатель должен был «включиться» в строго определенный момент и «работать» строго определенное время, он должен был действовать не по всей Луне, а лишь на небольшом участке лунной поверхности и выбрасывать вещество в строго определенном направлении. Ясно, что подобное совпадение практически не могло иметь места. К тому же, помимо всего прочего, для создания надлежащего реактивного эффекта лунные вулканы должны были бы выбрасывать вещество с огромной скоростью около 3—5 км в секунду, что само по себе представляется достаточно невероятным.

Помимо этого, все гипотезы «захвата», предполагающие, что Луна когда-то являлась самостоятельной планетой солнечной системы, вступают в явное противоречие с фактами. Дело в том, что в солнечной системе имеет место известная закономерность в распределении планет по их размерам и массам. Ближайшая к Солнцу планета Меркурий невелика по размерам, следующая, Венера, почти равна Земле, поперечник четвертой планеты — Марса в два раза меньше поперечника Земли. Дальше идут планеты-гиганты. Подобное распределение отнюдь не случайно — оно является прямым следствием особенностей процесса формирования планет из холодной газо-пылевой материи. Ввиду этого предположение о том, что между орбитами Земли и Марса могла образоваться планета с поперечником в четыре раза меньшим поперечника Земли, само по себе является мало обоснованным.

Гораздо более убедительна гипотеза происхождения Луны, разрабатываемая в Институте физики Земли АН СССР под руководством доктора физико-математических наук Б. Ю. Левина. Согласно этой гипотезе наш спутник образовался путем объединения холодных пылевых частиц. Как показывают расчеты, это должно было произойти на определенном этапе формирования самой Земли, когда масса нашей будущей планеты достигла 0,3—0,5 современной. В этот период ее окружал рой, состоящий из множества частиц, которые, непрерывно двигаясь, сталкивались и объединялись друг с другом. Благодаря действию сил тяготения рой имел

наибольшую плотность в околоземной зоне, и поэтому Луна, видимо, сформировалась на более близком расстоянии от Земли, чем ее современное расстояние. Таким образом, Земля и Луна почти ровесницы; если Луна и несколько моложе, то всего на какие-нибудь 100—200 млн. лет. Что же касается самого процесса формирования Луны, то он, по подсчетам Е. Л. Рускол, продолжался около 200 млн. лет.

Сформировавшись, Луна должна была постепенно разогреваться изнутри, благодаря распаду радиоактивных элементов. Вследствие такого разогрева легкоплавкие вещества лунных глубин переходили в жидкое состояние и «всплывали». Вместе с ними «выносились» в верхние слои Луны и сами радиоактивные вещества. В результате подобного перераспределения разогрев центральной части Луны несколько уменьшился, зато началось подплавление ее внешних слоев. Это вызвало извержения и излияния на поверхность раскаленной лавы. Отдельные участки лунной коры расплавлились и погружались внутрь.

Но так как благодаря распаду с течением времени общее количество радиоактивных элементов постепенно уменьшалось, период разогрева в конце концов сменился периодом остывания. Расчеты показывают, что произошло это около 3,5 млрд. лет назад, и в результате к настоящему времени наружные слои Луны остыли в глубину на 500—700 км.

Согласно гипотезе Левина одновременно со стадией разогрева и остывания образовавшаяся путем объединения космических частиц Луна постепенно удалялась от Земли, до ее современного положения. Продолжалась бомбардировка лунной поверхности телами околоземного роя. Этот период истории Луны занял от одного до двух миллиардов лет. После этого наступил современный период «жизни» Луны, во время которого продолжается ее бомбардировка случайными метеоритами.

Если бы Луны не было

Еще Шекспир говорил, что истинную ценность чего-либо мы познаем только тогда, когда теряем. А что, если применить подобный способ оценки к Луне? Что было бы, если бы Луны не существовало? Прежде всего,

прекратились бы лунные приливы в водной и воздушной оболочках, а также в твердом теле Земли. Однако никаких неприятных последствий это за собой не повлекло бы.

Пожалуй, штурманы морской навигации встретили бы известие об исчезновении нашего естественного спутника даже с некоторой радостью: ведь тогда они могли бы не учитывать постоянных изменений уровня мирового океана, вызванных лунными приливами. Но, с другой стороны, многие морские порты оказались бы закрытыми для судоходства. Прекращение дыхания Земли, вероятно, повлекло бы за собой известное ослабление тектонической деятельности. Ведь упругие колебания земной коры, происходящие под действием лунного притяжения, могут служить своеобразными толчками, ведущими к развитию землетрясений и других изменений в земной коре. Хотя не исключена возможность, что прекращение периодических упругих колебаний, вызываемых притяжением Луны, могло бы повлечь за собой какие-либо неожиданные последствия. Но атмосферные процессы в отсутствие Луны, вероятно, стали бы значительно более устойчивыми.

Явно нежелательным следствием прекращения лунных приливов явилась бы невозможность строительства приливных электростанций, использующих потенциальную энергию поднятой приливной волной морской воды. Но приливная энергетика пока еще и не получила достаточно широкого практического применения.

Зато отсутствие Луны нанесло бы весьма чувствительный удар по астрономии. Тогда прекратились бы солнечные затмения, а ведь именно в моменты полных затмений Солнца, когда Луна перекрывает ослепительный солнечный диск, ученые получают наилучшую возможность наблюдать и изучать верхние слои солнечной атмосферы, так называемую корону.

Не удалось бы использовать Луну и в качестве космического ретранслятора радиоволн. Отсутствие естественного спутника Земли, видимо, оказало бы известное влияние и на развитие науки. Весьма вероятно, что оно могло бы задержать открытие закона тяготения. Ведь хорошо известно, что этот закон был открыт Ньютоном на основе изучения движения Луны вокруг Земли.

С другой стороны, вовсе не исключено, что Луна оказывает какое-то влияние и на многие геофизические процессы. Такие связи могут быть открыты в будущем. История науки знает немало подобных примеров. А это означает, что исчезновение нашего естественного спутника могло бы оказаться для Земли гораздо большей потерей, чем это представляется на первый взгляд.

Любопытно взглянуть на Луну и, так сказать, с геологической или, точнее, с селенологической точки зрения. Ведь очень может быть, что Луна представляет собой настоящую сокровищницу полезных ископаемых.

Так, например, мы уже говорили о том, что весьма вероятно содержание в лунных породах углерода. Но в таком случае можно предположить, что при ударах крупных метеоритных тел о лунную поверхность могут возникать колоссальные температуры и давления, необходимые для получения алмазов. Так что, в принципе, на Луне со временем могут быть обнаружены даже алмазы ударно-метеоритного происхождения. Красновато-бурый цвет лунной поверхности наводит на мысль о том, что в ее состав должны входить соединения железа. Можно также ожидать, что в районах вулканической деятельности на Луне имеются месторождения серы, ртути, свинца, брома и многих других элементов, необходимых современной промышленности. Очевидно, все эти ископаемые можно будет использовать при строительстве лунной станции.

Чтобы не заблудиться на Луне

Представьте себе на минуту, что мы с вами высадились на поверхности Луны. Как отыскать здесь нужное направление? Найти путь среди незнакомых, похожих одна на другую лунных гор?

Чтобы передвигаться по поверхности Луны, прежде всего понадобится карта. Такая карта, составленная на основе многочисленных фотографий, выполненных как земными обсерваториями, так и межпланетными автоматическими станциями, будет предоставлена в распоряжение лунных путешественников. Эта карта будет достаточно подробной, содержащей даже довольно мелкие детали луного рельефа, обозначения высоты гор, наклона валов кратеров, глубины трещин.

Но для того чтобы воспользоваться картой, ее прежде всего необходимо правильно ориентировать, определить собственное положение на местности. На Земле основными опорными точками для определения местоположения наблюдателя служат земные полюсы, северный и южный — точки земной поверхности, через которые проходит воображаемая ось вращения нашей планеты. Существуют ли подобные точки на Луне? Ведь ночное светило одной своей стороной всегда обращено к Земле. Тем не менее полюсы на Луне есть. За те же двадцать семь с небольшим суток, в течение которых Луна проходит свой путь вокруг Земли, она совершает и полный оборот вокруг собственной оси. Только по этой причине мы и видим с Земли всегда одну и ту же половину лунного шара, а это в свою очередь означает, что у Луны тоже должны существовать свои полюсы. По аналогии с земными их можно назвать северным и южным. На Земле главной путеводной звездой служит Полярная звезда: она находится вблизи северного полюса мира небесной сферы — точки, лежащей на продолжении оси вращения нашей планеты. Куда же направлена ось вращения Луны? Оказывается, эта ось «смотрит» в область неба, расположенную в районе созвездия Дракона, вблизи так называемого полюса эклиптики.

Участникам будущих лунных экспедиций придется научиться так же легко и безошибочно находить на небе это созвездие, как отыскивают земные путешественники Полярную звезду. Это тем более необходимо, что на Луне нельзя воспользоваться магнитным компасом. Мы уже говорили о том, что на Луне отсутствует магнитное поле, а значит, и магнитные полюса. Зато астрономическую ориентировку на Луне можно осуществлять в любое время: благодаря отсутствию атмосферы звезды на лунном небе видны днем при ярком Солнце так же хорошо, как и ночью.

Картина звездного неба на Луне изменяется с течением времени гораздо медленнее, чем на Земле: ведь лунные сутки в двадцать семь раз длиннее земных. При этом наблюдатель, находящийся на стороне Луны, обращенной к Земле, будет иметь возможность пользоваться небесным ориентиром, который послужит великолепным маяком для определения направления. Этот

ориентир — наша Земля, которая выглядит на лунном небосводе большим голубым диском. Благодаря особенностям обращения Луны вокруг Земли и своей оси, о которых упоминалось выше, Земля располагается над одним и тем же районом лунной поверхности. Правда, в связи с тем, что Луна движется вокруг Земли по орбите, имеющей форму эллипса, т. е. несколько вытянутой, а также по некоторым другим причинам происходят периодические покачивания Луны — так называемые «либрации», и земной диск в соответствии с этим также смещается то в одну, то в другую сторону на небе Луны. Однако при условии учета этого явления наблюдения Земли на лунном небе могут сослужить важную службу при определении направлений на местности.

При различных перемещениях по поверхности Луны можно будет определять направление движения также и по Солнцу, причем на Луне ориентироваться таким способом даже удобнее, чем на Земле. Идя по лесу, мы, чтобы не заблудиться, замечаем в начале движения, в какой стороне находится Солнце, и затем периодически сверяем свое направление с положением дневного светила. Однако на земном небе Солнце довольно быстро смещается к западу. Это требует введения постоянных поправок. На небе нашего естественного спутника Солнце движется чрезвычайно медленно, что значительно облегчит ориентировку.

Астрономические наблюдения на Луне, вероятно, будут основным методом ориентировки, тем более, что непосредственные условия видимости местности на поверхности нашего ночного светила существенно отличаются от земных. Дело в том, что поперечник Луны, как известно, почти в четыре раза меньше земного. Благодаря этому кривизна лунной поверхности значительно больше, чем земной. Другими словами, поверхность нашего спутника более выпукла. Дальность горизонта на Луне составляет всего два с половиной километра. Следовательно, обзор на Луне весьма ограничен. Непосредственное наблюдение местности может дать здесь совершенно превратное представление о ее действительном характере. Так, например, дно глубокой впадины может выглядеть на Луне как бескрайняя равнина, так как окружающие ущелье горы, даже очень высокие и расположенные довольно близко от наблюдателя,

могут оказаться полностью скрытыми от него выпуклостью лунной поверхности.

Возможно, что для решения проблемы ориентировки потребуется система радиомаяков. Однако организации подобной системы невозможна без ряда специальных научных исследований, в частности, выяснения закономерностей распространения радиоволн вдоль лунной поверхности. Ведь вокруг Луны отсутствует атмосфера, а следовательно, и те электропроводящие слои воздуха, которые у нас на Земле отражают короткие радиоволны. В то же время, как показали исследования, Луна окружена заряженными частицами, и хотя эта среда весьма разрежена, она может оказывать влияние на распространение длинных радиоволн, которые на Земле хорошо огибают окружность планеты. Кроме того, нам пока не известна электрическая проводимость лунного грунта, что также имеет важное значение для распространения длинных волн вдоль поверхности Луны. Использование же ультракоротких радиоволн, распространяющихся по лучу зрения, будет ограничено на Луне незначительной дальностью горизонта. В связи с этим для УКВ-радиомаяков здесь пришлось бы строить весьма большое количество антенн и притом большой высоты.

Не исключена возможность, что в окололунном пространстве будет создана специальная система радионавигационных спутников. Принимая их сигналы, наблюдатель, находящийся в любой точке лунной поверхности, сможет автоматически определять свое положение на местности.

За облачной пеленой

Последние числа февраля 1966 г. ознаменовались выдающейся победой советской науки и техники.

После трех месяцев космического полета советская автоматическая станция «Венера 3» впервые в мире достигла планеты Венера и доставила на ее поверхность вымпел с гербом Советского Союза. Столь точное попадание достигнуто благодаря коррекции движения станции, которая была успешно осуществлена 26 декабря 1965 г.

27 февраля 1966 г. советская автоматическая станция «Венера 2» прошла на расстоянии 24 тыс. км от

поверхности Венеры. Эта станция совершала свое движение без корректировки, так как была выведена на орбиту с очень высокой точностью.

Венера — второе небесное тело после Луны и первая среди планет солнечной системы, на поверхность которой опустился космический аппарат, созданный руками человека. В обоих случаях это были советские космические аппараты.

Венеру часто называют космической сестрой Земли. Действительно, по своим внешним данным эта планета напоминает Землю. Ее поперечник всего на 600 км меньше земного, а сила тяжести на поверхности Венеры почти такая же, как и на Земле. Гиря в 1 кг, будучи перенесена на Венеру, весила бы там 850 г. Год на Венере несколько короче земного: он длится около 225 земных суток.

Если Луна удалена от Земли на несколько сотен тысяч километров, то расстояние до Венеры составляет, даже в моменты наибольшего сближения, около 40 млн. км. Поэтому изучение астрономическими методами нашей ближайшей космической соседки из семьи планет связано с весьма большими трудностями.

Эти трудности усугубляются еще и тем обстоятельством, что Венера упорно «скрывает» от нас свое «лицо». Дело в том, что Венера окружена атмосферной оболочкой, которая была открыта еще М. В. Ломоносовым. В этой оболочке плавает густая пелена облачности, состав которой до сих пор точно неизвестен. Облачная пелена Венеры совершенно непрозрачная, и если бы мы очутились на поверхности этой планеты, то были бы навеки лишены вида Солнца и звездного неба. На Венере всегда пасмурная погода, и небо там затянуто сплошной пеленой. Поэтому, рассматривая Венеру в телескопы, мы не видим поверхности планеты, а наблюдаем лишь верхнюю кромку облачности.

Что касается химического состава венерианской атмосферы, то единственным надежно определяемым ее компонентом является углекислый газ, относительное содержание которого по астрономическим данным должно составлять около 5%. Есть и надежные свидетельства о наличии в газовой оболочке Венеры водяного пара.

Несколько лет назад советский астроном В. К. Прокофьев, проводивший наблюдения на Крымской

обсерватории, обнаружил в атмосфере Венеры присутствие молекул кислорода. Однако количество этого газа оказалось весьма невелико. Во всяком случае, измерения, проведенные впоследствии в Крыму, показали, что в верхних слоях атмосферы Венеры содержание кислорода не превосходит 0,1% его содержания в таких же слоях атмосферы Земли.

Основные компоненты венерианской атмосферы астрономам установить не удалось. Высказывалось предположение, что это азот или аргон. Наблюдения советского ученого проф. Н. А. Козырева свидетельствовали о наличии азота. Однако эта проблема нуждалась в дальнейшем исследовании.

Важные данные о физических условиях на поверхности Венеры были получены за последние годы благодаря радиометодам. Советские исследователи под руководством академика В. А. Котельникова осуществили радиолокацию Венеры. Было отмечено, что условия отражения радиоволн поверхностью планеты исключают наличие больших водных пространств, хотя в целом поверхность планеты, видимо, более гладкая, чем, например, поверхность Луны.

Радиолокация позволила измерить, наконец, и скорость суточного вращения Венеры, относительно которой существовали самые различные предположения. Оказалось, что планета делает один оборот вокруг своей оси за 243 земных суток, причем ее суточное вращение происходит в обратном направлении по сравнению с земным.

Одной из самых интересных проблем, связанных с изучением Венеры, явился вопрос о температуре ее поверхности. Ведь именно температура во многом определяет условия на поверхности небесного тела, и, в частности, от нее в значительной степени зависит возможность существования живых организмов.

К сожалению, обычные астрономические методы измерения температуры небесных тел для Венеры непригодны, так как облачный слой задерживает не только световые лучи, но и тепловое, инфракрасное излучение.

Но поверхность Венеры, как и поверхность любого нагретого тела, должна излучать электромагнитные волны в радиодиапазоне. Поскольку земная атмосфера и облака пропускают радиоволны определенной длины,

можно было ожидать, что аналогичные «окна прозрачности» должны существовать и в газовой оболочке и облачном слое Венеры. Регистрируя венерианские радиоволны, можно было бы определить температуру поверхности планеты, так как интенсивность теплового радиационного излучения пропорциональна температуре источника.

Когда астрономы приступали к такого рода экспериментам, они на основе ряда теоретических соображений предполагали, что температура на Венере должна составлять около 50° , самое большее 80° тепла. Однако результаты первых же радионаблюдений оказались совершенно неожиданными. Они дали значительно более высокие температуры — порядка $350\text{—}400^{\circ}$ Цельсия. А ведь это температура плавления свинца.

Когда американская космическая станция «Маринер 2» пролетала вблизи Венеры, она также произвела измерения температуры поверхности планеты радиометодом. Результат оказался еще более высоким — около 430° Цельсия.

Однако на основе этих данных еще нельзя было сделать окончательный вывод о реальной температуре поверхности планеты. Оставалось неясным, идет ли принимаемое радиоизлучение от самой поверхности Венеры или оно рождается в каком-либо слое атмосферы. С другой стороны, чтобы уверенно судить о температуре источника, необходимо знать механизм излучения. Ведь аналогичные радиоволны могут возникать и вследствие процессов нетеплового, электромагнитного характера. Так, например, суммарная «радиояркость» Земли при наблюдении из мирового пространства соответствует температуре источника порядка одного миллиона градусов, хотя реальная температура земной поверхности не превосходит нескольких десятков градусов тепла. Подобное несоответствие объясняется тем, что столь высокая радиояркость Земли создается работой многочисленных радио- и телевизионных станций, созданных человеком.

Возможное объяснение наблюдаемой высокой радиояркости Венеры было предложено советскими учеными проф. А. И. Лебединским и В. М. Вахминым. Хорошо известно, что при так называемом тлеющем электрическом разряде в газе возникает интенсивное радиоизлучение, хотя окружающая среда при этом не нагревается.

Достаточно привести в качестве примера обычные газосветные трубки. Каждый, кто касался рукой такой трубки, знает, что их температура не превосходит температуры человеческого тела. В то же время радиояркость этих трубок соответствует огромной температуре от 10 до 40 тыс. градусов Цельсия. Внешне же такое радиоизлучение практически неотличимо от радиоизлучения нагретого тела.

Но это значит, что источником радиоизлучения Венеры вполне могут быть тлеющие разряды, происходящие в атмосфере Венеры. Дело в том, что Венера, как мы уже знаем, вращается во много раз медленнее Земли. Поэтому в ее атмосфере почти не действуют так называемые кориолисовы силы, возникающие при быстром вращении и вызывающие на Земле образование мощных атмосферных вихрей, а также грозовых процессов. Можно предполагать, что атмосферная циркуляция на Венере гораздо более спокойна и устойчива, чем на Земле. Здесь, видимо, могут существовать постоянные глобальные атмосферные течения со сравнительно плавным перемещением воздушных масс. При такой системе циркуляции в атмосфере Венеры может происходить своеобразное разделение электрических зарядов, в результате которого заряды одного знака концентрируются на дневной стороне планеты, а противоположного на ночной стороне. Вследствие этого в верхних электропроводящих слоях атмосферы должен возникнуть постоянный тлеющий разряд, сопровождающийся интенсивным радиоизлучением, но в то же время не дающий видимого свечения. Но это означает, что в принципе имеется еще один вариант интерпретации результатов измерений радиоизлучения Венеры. Он состоит в следующем: поверхность планеты имеет сравнительно невысокую температуру — порядка 50—60° Цельсия тепла, а за остальную часть радиояркости ответствен тлеющий разряд, происходящий в атмосфере Венеры.

Однако это была всего лишь гипотеза. Разрешить вопрос о природе радиоизлучения Венеры можно было только путем наблюдений.

Если бы радиоизлучение Венеры действительно имело тепловую природу, то радиояркость планеты не должна была бы зависеть от длины волны. Во всем диапазоне она оставалась бы одинаковой. Однако измерения

показали, что такого постоянства не наблюдается. Оказалось, что на миллиметровых волнах радиояркость значительно снижается. В то же время внутри миллиметрового и сантиметрового диапазонов она остается приблизительно постоянной. Но это говорило лишь о том, что миллиметровые и сантиметровые волны имеют различное происхождение. Какие же из них идут от поверхности планеты? Если сантиметровые, то ее температура превосходит 300° Цельсия, если же миллиметровые, то она может быть значительно ниже — меньше 100° тепла.

Представлялись возможными два случая, которые условно можно назвать моделями с «холодной» и с «горячей» атмосферой. В первом случае радиоизлучение идет от поверхности планеты. Сантиметровые волны свободно проходят сквозь атмосферу, а миллиметровые поглощаются и переизлучаются газовой оболочкой планеты. Однако яркостная температура этого вторичного излучения уже несколько ниже, так как атмосфера более холодна, чем поверхность планеты. Во втором же случае атмосфера прозрачна для миллиметровых волн, а сантиметровое излучение порождается какими-то явлениями в атмосфере, быть может, электрического характера.

Так обстоит дело с теоретической точки зрения. Но как определить, какая из двух моделей соответствует действительности? Для этой цели было предложено исследовать распределение радиояркости по диску планеты. Как легко сообразить, толщина атмосферы при наблюдении Венеры с Земли постепенно увеличивается от центра диска к его краям. Поэтому если радиоизлучение идет от поверхности планеты, то должно наблюдаться падение радиояркости от центра к краю, потемнение. В случае же модели с «горячей» атмосферой картина распределения радиояркости по диску планеты будет обратной. Но, к сожалению, практическое применение подобного метода столкнулось с весьма значительными трудностями. Дело в том, что видимый угловой размер диска Венеры настолько мал, что необходимые измерения лежат на пределе точности современных радиотелескопов. И поэтому нет ничего удивительного в том, что у различных наблюдателей получились противоположные результаты.

Требовалась дополнительная проверка. Она была произведена советским астрономом А. Д. Кузьминым и американским ученым Б. Кларком. Весьма тонкими наблюдениями на уникальном приборе — радиоинтерфотометре им удалось доказать, что радиоволны длиной около 10 см действительно излучаются главным образом поверхностью Венеры. «Вклад» ионосферы во всяком случае не превосходит 10%. Это означает, что поверхность Венеры действительно нагрета до 300—400 градусов Цельсия.

Но столь высокая температура требует объяснения. Как показывают расчеты, она не может быть следствием одной только близости Венеры к Солнцу. Должны действовать какие-то дополнительные факторы, способствующие разогреванию. Скорее всего, таким фактором является чрезвычайно сильный «парниковый эффект» венерианской атмосферы. Вероятно, газовая оболочка планеты, хорошо пропуская видимый солнечный свет, почти полностью поглощает инфракрасное излучение, возникающее в результате нагревания поверхности планеты. Это приводит к постепенному накоплению тепла. Парниковый эффект действует и на Земле. Но на Венере он должен быть во много раз более мощным.

На Земле парниковый эффект связан с наличием в атмосфере углекислого газа и водяного пара. На Венере углекислый газ тоже есть и в большом количестве. Но углекислый газ в инфракрасной области спектра поглощает далеко не все длины волн. Водяной пар мог бы «заполнить» эти «окна прозрачности». Но вода в атмосфере Венеры обнаружена лишь в очень небольших количествах. Конечно, не исключена возможность, что тепловое излучение планеты поглощает еще какой-либо газ, но какой именно, совершенно не ясно. Кроме того, обращает на себя внимание, что дневная и ночная стороны планеты одинаково горячи.

В связи с этим возникает естественное предположение о высокой внутренней температуре облачной планеты. Вполне возможно, что на Венере в настоящее время происходит бурная вулканическая деятельность. В таком случае высокие температуры, обнаруженные на поверхности Венеры, объясняются мощным притоком энергии из ее недр.

В последнее время на Харьковской астрономической обсерватории, где работает известный советский исследователь планет академик АН УССР Н. П. Барабашов, получены новые интересные данные о нашей космической соседке, причем некоторые из этих данных не так легко согласовать с существующими представлениями. Ученым удалось, в частности, установить, что поверхность Венеры обладает зеркальными свойствами. Она отражает падающий на нее солнечный свет таким образом, что угол падения равен углу отражения. Но, как известно, подобными свойствами может обладать лишь гладкая поверхность, например, ровное водное зеркало. Поверхность Луны, покрытая горными хребтами и кратерами, сильно рассеивает солнечный свет. Между тем радиолокационные наблюдения Венеры, как мы уже знаем, отрицают возможность существования на ней больших водных поверхностей.

В таком случае казалось бы логичным предположить, что поверхность Венеры представляет собой сплошную равнину без сколько-нибудь заметных впадин и возвышений. Однако наблюдения харьковских астрономов показали, что время от времени угол отражения световых лучей поверхностью Венеры несколько изменяется. Для постоянной твердой поверхности подобный эффект трудно объяснить. Не исключена возможность, что он связан с изменением оптических свойств атмосферы планеты. Во всяком случае, обнаружена еще одна загадка Венеры, которая тоже ожидает своего решения.

Уже давно было замечено, что иногда в атмосфере Венеры появляются большие темные пятна. Одно из таких пятен наблюдалось в течение нескольких недель харьковскими астрономами, причем впервые в мире ученым удалось исследовать различные фотометрические характеристики пятна, т. е. изучить особенности отражения пятном солнечных световых лучей. В результате астрономы пришли к выводу, что таинственное пятно либо представляет собой огромный разрыв в верхнем слое венерианской облачности, сквозь который виден нижний слой красноватого цвета, либо это гигантское облако каких-то сравнительно крупных частиц, выброшенных с поверхности планеты.

Вывод, к которому пришли харьковские ученые, также свидетельствует о том, что на Венере происходят какие-то мощные процессы, охватывающие значительные области планеты. Что именно представляют собой эти процессы — гигантские вулканические извержения или пылевые бури, сейчас сказать трудно. Чтобы получить ответ на этот вопрос, необходимы дальнейшие исследования.

«Венера 4» на Венере

1967 год ознаменовался большим достижением современной космонавтики: советская автоматическая межпланетная станция «Венера 4» достигла планеты Венера.

Станция «Венера 4» была выведена 12 июня 1967 г. сначала на орбиту искусственного спутника Земли. После этого последней ступенью ракеты-носителя ей была сообщена вторая космическая скорость в направлении планеты Венера.

Проведенные траекторные измерения показали, что ее орбита проходит на расстоянии 160 тысяч километров от центра Венеры. В связи с этим через полтора месяца после запуска с помощью специального корректирующего двигателя по радиокомандам с Земли движение станции в космическом пространстве было скорректировано с таким расчетом, чтобы она достигла поверхности планеты.

При подходе к Венере от станции отделился спускаемый аппарат шарообразной формы (диаметром около 1 метра). Аппарат вошел в плотные слои атмосферы планеты со второй космической скоростью (11 тысяч метров в секунду). Такая операция в истории космонавтики производилась впервые. Началось аэродинамическое торможение, сопровождавшееся колоссальными перегрузками примерно до 300 земных ускорений. В результате торможения скорость движения спускаемого аппарата снизилась до 300 метров в секунду, после чего была автоматически приведена в действие парашютная система.

Продолжая двигаться на парашюте над поверхностью планеты, в течение приблизительно полутора часов, спускаемый аппарат проводил автоматические измерения

различных физических и химических характеристик атмосферы Венеры и передавал эту информацию на Землю.

В 9 часов 14 минут 18 октября сеанс связи со спускаемым аппаратом автоматической станции «Венера 4» был закончен после полного завершения программы исследования загадочной планеты. Станция провела разнообразные измерения и передавала соответствующие данные сквозь толщу атмосферы планеты на расстояние свыше 75 млн. километров. Это позволило получить уникальные сведения о химическом составе, температуре и давлении атмосферы Венеры по всей ее толще от верхних слоев до самой поверхности. Для науки эти данные имеют громадное значение.

В частности, выяснилось, что значительную часть атмосферы Венеры — около 90% — составляет углекислый газ. Азота в газовой оболочке планеты содержится меньше 7%, воды 0,1—0,7%, а кислорода 0,4—0,8%.

Несколько странно малое содержание азота. В земной атмосфере присутствует значительное количество этого газа, который поступал в нее в результате разнообразных процессов. Казалось бы, аналогичные процессы должны протекать и на Венере. В чем тут дело — должны показать дальнейшие исследования этой планеты.

Любопытно, что наличие большого количества углекислого газа придает нижним слоям атмосферы планеты весьма своеобразные оптические свойства. Углекислый газ, сжатый до 20 атмосфер, обладает высокой преломляющей способностью. Это должно приводить к так называемой «сверхрефракции». Другими словами, кривизна хода световых лучей здесь превышает кривизну поверхности планеты. Космонавт, очутившийся на Венере, не увидит горизонта в обычном смысле этого слова. Ему будет казаться, что он находится на дне гигантской чаши, на которую проектируются в сильно искаженном виде удаленные участки планеты. Таким образом, Венеру можно назвать «планетой миражей».

Интересно отметить, что данные, полученные с помощью автоматической станции «Венера 4», во многом совпадают с теми сведениями, которыми располагала о Венере современная астрономия.

Таким образом, полет автоматической станции «Венера 4», как и полеты лунных станций, еще раз подтвердил, что современная астрономия является точной наукой, результаты которой заслуживают полного доверия.

Успешный полет автоматической станции «Венера 4» открывает увлекательные перспективы изучения планет солнечной системы с помощью разнообразных автоматических космических аппаратов.

Одним из самых важных результатов, полученных с помощью автоматической станции «Венера 4», является измерение температуры атмосферы планеты. У поверхности Венеры она оказалась близка к 300 градусам Цельсия. Тем самым блестяще подтвердились выводы радиоастрономов.

Следует учитывать, что станция «Венера 4» опустилась на ночную сторону планеты Венера. Поэтому данные о температуре, которые были получены с ее помощью относятся к не освещенному Солнцем полушарию Венеры. Что же касается дневных температур, то о них мы можем в настоящее время судить лишь на основании радиоастрономических данных. Видимо, существенной разницы между «дневной» и «ночной» температурами не существует. Судя по всему, она может составлять несколько десятков градусов.

Что касается воды, то анализ полученных данных показывает, что в нижних слоях атмосферы планеты содержание водяных паров невелико. Видимо, вода конденсируется в облачном слое Венеры, хотя вопрос о составе этих облаков, а также их вертикальной мощности все еще остается открытым. Между прочим, ученые пришли к любопытному заключению: хотя погода на Венере всегда облачная, пасмурная, осадков там, по-видимому, никогда не бывает.

Очень интересен вопрос о возможности существования жизни на Венере с точки зрения новых данных об этой планете. Казалось бы, высокая температура полностью исключает подобную возможность. Однако известный советский астроном проф. Д. Я. Мартынов высказал на этот счет более оптимистическую точку зрения. Если даже поверхность планеты раскалена, то в высоких слоях атмосферы могут существовать гораздо более благоприятные для жизни температурные условия. Поэтому в принципе не исключена возможность, что на Венере име-

ется своеобразный «атмосферный планктон» — летающие и парящие организмы.

Вероятно, решение этого вопроса, как и других проблем, связанных с Векерой, теперь уже дело сравнительно недалекого будущего.

Наше дневное светило

Наше дневное светило, Солнце, могучий источник энергии. Ежесекундно с его поверхности излучается такое количество тепла, которого было бы вполне достаточно, чтобы растопить слой льда толщиной в тысячу километров, окружающий шар, равный по размерам Земле.

Уже около 100 лет назад ученые задумывались над тем, каким образом восполняются запасы энергии, столь щедро излучаемой Солнцем в мировое пространство. На первых порах наиболее естественным казалось, что энергия нашего дневного светила не пополняется и оно расходует лишь некоторый ее первоначальный запас. Но в таком случае Солнце должно было бы заметно остывать и его возраст не мог бы превышать нескольких тысяч лет. Расчеты показывают, что температура Солнца ежегодно падала бы на 2%, а следовательно, непрерывно уменьшалось бы количество тепла и света, поступающее на Землю. Между тем тщательные ежедневные измерения, проводившиеся в течение ряда лет на специальных горных станциях, говорят о том, что поток светового и теплового излучения Солнца практически не меняется.

А это в свою очередь означает, что энергия Солнца постоянно восполняется каким-то могучим источником. В свое время высказывалось предположение, что таким источником является непрерывное сжатие Солнца, происходящее под действием сил тяготения. Сжатие действительно должно приводить к разогреванию. Но и этого источника хватило бы всего лишь на 20 млн. лет. Между тем геологические данные убедительно свидетельствуют о том, что наша планета существует уже не менее 5 млрд. лет. По меньшей мере таким же должен быть и возраст Солнца.

Только современная физика, проникнув в тайны строения атомного ядра и научившись разбираться в сложнейших ядерных превращениях, пролила новый свет на загадку солнечной энергии. Правда, мы не имеем возмож-

ности непосредственно наблюдать, что происходит в недрах Солнца. Но об этих внутренних превращениях мы можем судить по тем процессам, которые протекают на солнечной поверхности, по тем периодическим изменениям, которые там происходят.

В настоящее время можно считать установленным, что в недрах Солнца при колоссальных температурах в десятки миллионов градусов и чудовищных давлениях протекают так называемые термоядерные реакции, сопровождающиеся выделением огромного количества энергии. Одной из таких реакций является, например, объединение, или синтез, ядер водорода в ядра гелия.

При этом четыре ядра атома водорода в результате длинной цепи ядерных превращений образуют одно ядро атома гелия. Но почему подобный процесс связан с выделением энергии? За счет чего она вырабатывается?

Каждое ядро атома водорода, вступающее в реакцию, обладает массой, равной единице. Но если бы мы определили массу образовавшегося из них ядра атома гелия, то обнаружили бы странную недостачу. Вновь рожденное ядро обладало бы массой всего лишь в 3,97 единицы. Куда же исчезли 0,03 единицы массы? Оказывается, реакция ядерного синтеза связана с переходом части вещества в различного рода излучения, которые также являются одной из форм существования материи. Подобные превращения связаны с выделением значительного количества энергии. Каждую секунду в недрах нашего дневного светила 564 млн. т водорода превращаются в 560 млн. т гелия. Остальные 4 млн. т водорода переходят в излучение.

Таким образом, деятельность Солнца связана с непрерывной потерей нашим дневным светилом некоторой части своей массы. Величина этой потери, как мы видели, выражается астрономическими цифрами. Но вспомним, что из каждых четырех единиц массы ядер атомов водорода в итоге реакции терялось всего лишь 0,03 единицы, т. е. около 3%, а это означает, что относительная потеря массы нашим дневным светилом ничтожна. Масса Солнца никогда не исчерпается. Термоядерная реакция в его недрах будет происходить до тех пор, пока имеются запасы водорода. В настоящее время они составляют около 50% массы Солнца. Этого должно хватить по меньшей мере на несколько десятков мил-

лиардов лет. Таким образом, человечество на долгие времена обеспечено солнечными светом и теплом.

Интересно, между прочим, заметить, что относительное выделение энергии нашим дневным светилом, т. е. выделение энергии на единицу массы, не так уж велико. Если подсчитать суточный выход энергии на 1 кг солнечного вещества, то окажется, что он составляет всего около 5 калорий. Любопытно, что человеческое тело в результате тех жизненных процессов обмена веществ, которые протекают в человеческом организме, ежедневно выделяет 25 калорий на один килограмм, т. е. в пять раз больше, чем Солнце.

Солнечный ветер

В конце 40-х годов американский астроном С. Форбуш обнаружил непонятное явление. Измеряя интенсивность космических лучей, Форбуш заметил, что она значительно снижается при возрастании солнечной активности и совсем резко падает во время магнитных бурь.

Это представлялось довольно странным. Скорее, можно было ожидать обратного. Ведь Солнце само является поставщиком космических лучей. Поэтому, казалось бы, чем выше активность нашего дневного светила, тем больше частиц оно должно выбрасывать в окружающее пространство.

Оставалось предположить, что возрастание солнечной активности влияет на земное магнитное поле таким образом, что оно начинает отклонять частицы космических лучей — отбрасывать их. Путь к Земле как бы запирается.

Объяснение казалось логичным. Но, увы, как выяснилось вскоре, оно было явно недостаточным. Подсчеты, сделанные физиками, неопровержимо свидетельствовали о том, что изменение физических условий только в непосредственной близости от Земли не может вызвать эффекта такого масштаба, какой наблюдается в действительности. Очевидно, должны существовать и какие-то другие силы, препятствующие проникновению космических лучей в солнечную систему, и притом такие, которые возрастают с увеличением солнечной активности.

Тогда-то и возникло предположение, что виновниками загадочного эффекта являются потоки заряженных частиц, вырывающиеся с поверхности Солнца и пронизывающие пространство солнечной системы. Этот своеобразный «солнечный ветер» и очищает межпланетную среду, «выметая» из нее частицы космических лучей.

В пользу подобной гипотезы говорили также явления, наблюдающиеся в кометах. Как известно, кометные хвосты всегда направлены от Солнца. Вначале это обстоятельство связывали со световым давлением солнечных лучей. Однако в середине текущего столетия было установлено, что лишь световое давление не может вызывать всех явлений, происходящих в кометах. Расчеты показали, что для образования и наблюдаемого отклонения кометных хвостов необходимо воздействие не только фотонов, но и частиц вещества. Кстати, такие частицы могли бы возбуждать происходящее в кометных хвостах свечение ионов.

Собственно говоря, о том, что Солнце выбрасывает потоки заряженных частиц — корпускул, было известно и до этого. Однако предполагалось, что такие потоки носят эпизодический характер. Их возникновение астрономы связывали с появлением вспышек и пятен. Но кометные хвосты направлены в противоположную от Солнца сторону всегда, а не только в периоды усиления солнечной активности. Значит, и корпускулярная радиация, заполняющая пространство солнечной системы, должна существовать постоянно. Она усиливается с возрастанием солнечной активности, но существует всегда.

Таким образом, околосолнечное пространство непрерывно обдувается солнечным ветром. Из чего же состоит этот ветер и при каких условиях он возникает?

Познакомимся с самым внешним слоем солнечной атмосферы — «короной». Эта часть атмосферы нашего дневного светила необычайно разрежена. Даже в непосредственной близости от Солнца ее плотность составляет всего около одной стомиллионной доли плотности земной атмосферы. Это значит, что в каждом кубическом сантиметре околосолнечного пространства содержится всего несколько сотен миллионов частиц короны. Но так называемая «кинетическая температура» короны, определяемая по скорости движения частиц, весьма велика. Она достигает миллиона градусов. Поэтому корональ-

ный газ полностью ионизован и представляет собой смесь протонов, ионов различных элементов и свободных электронов.

Недавно появилось сообщение о том, что в составе солнечного ветра обнаружено присутствие ионов гелия. Это обстоятельство проливает свет на тот механизм, с помощью которого происходит выброс заряженных

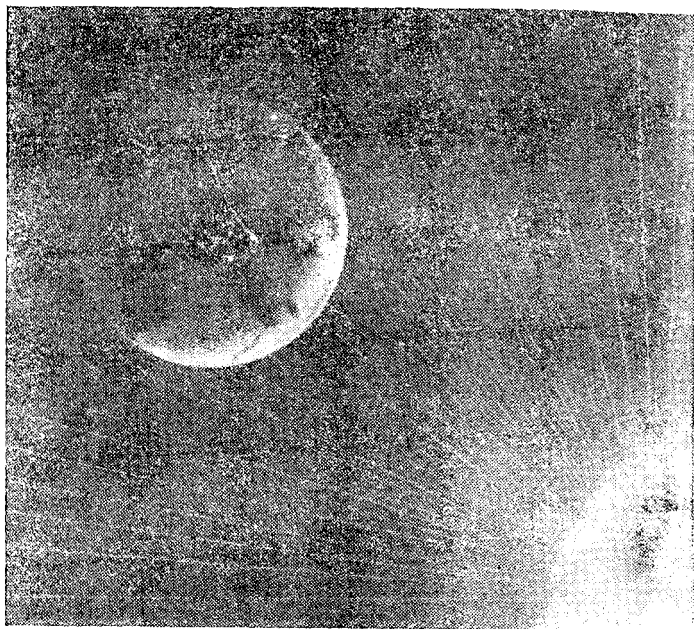


Рис. 27. Солнечный ветер.

частиц с поверхности Солнца. Если бы солнечный ветер состоял только из электронов и протонов, то еще можно было бы предполагать, что он образуется за счет чисто тепловых процессов и представляет собой нечто вроде пара, образующегося над поверхностью кипящей воды. Однако ядра атомов гелия в четыре раза тяжелее протонов и поэтому маловероятно, чтобы они могли выбрасываться вследствие испарения. Скорее всего образование солнечного ветра связано с действием магнитных

сил. Улетая от Солнца, облака плазмы как бы уносят с собой и магнитные поля. Именно эти поля и служат тем своеобразным «цементом», который «скрепляет» воедино частицы с различными массами и зарядами.

Наблюдения и вычисления, проведенные астрономами, показали, что по мере удаления от Солнца плотность короны постепенно уменьшается. Но, оказывается, в районе орбиты Земли она еще заметно отличается от нуля. В этой области солнечной системы на каждый кубический сантиметр пространства приходится от ста до тысячи корональных частиц. Другими словами, наша планета находится внутри солнечной атмосферы и, если хотите, мы вправе называть себя не только жителями Земли, но и жителями атмосферы Солнца.

Если вблизи Солнца корона более или менее стабильна, то по мере увеличения расстояния она стремится расширяться в пространство. И чем дальше от Солнца, тем выше скорость этого расширения. Согласно расчетам американского астронома Э. Паркера, уже на расстоянии 10 млн. км корональные частицы движутся со скоростями, превосходящими скорость звука. А по мере дальнейшего удаления от Солнца и ослабления силы солнечного притяжения эти скорости возрастают еще в несколько раз.

Таким образом, напрашивается вывод о том, что солнечная корона — это и есть солнечный ветер, обдувающий пространство нашей планетной системы.

Эти теоретические выводы были полностью подтверждены измерениями на космических ракетах и искусственных спутниках Земли. Оказалось, что солнечный ветер существует всегда и вблизи Земли «дует» со скоростью около 400 км/сек. С увеличением солнечной активности скорость эта возрастает.

Как далеко дует солнечный ветер? Вопрос этот представляет значительный интерес, однако для получения соответствующих экспериментальных данных необходимо осуществить зондирование космическими аппаратами внешней части солнечной системы. Пока же это не сделано, приходится довольствоваться теоретическими соображениями.

Однако однозначного ответа получить не удается. В зависимости от исходных предпосылок расчеты приводят к различным результатам. В одном случае полу-

чается, что солнечный ветер затихает уже в районе орбиты Сатурна, в другом, — что он существует еще на очень большом расстоянии за орбитой последней планеты Плутона. Но это лишь теоретически крайние пределы возможного распространения солнечного ветра. Указать точную границу могут лишь наблюдения.

Наиболее достоверными были бы, как мы уже отмечали, данные космических зондов. Но в принципе возможны и некоторые косвенные наблюдения. В частности, было замечено, что после каждого очередного спада солнечной активности соответствующее возрастание интенсивности космических лучей высоких энергий, т. е. лучей, приходящих в солнечную систему извне, происходит с запозданием примерно на шесть месяцев. Видимо, это и есть как раз тот срок, который необходим, чтобы очередное изменение мощности солнечного ветра дошло до границы его распространения. Так как средняя скорость распространения солнечного ветра составляет около 2,5 астрономической единицы (1 астрономическая единица = 150 млн. км — среднему расстоянию Земли от Солнца) в сутки, то это дает расстояние около 40—45 астрономических единиц. Другими словами, солнечный ветер дует где-то в районе орбиты Плутона.

Ореол Земли

Солнечная система — это не только планеты, астероиды, кометы, это еще и межпланетное пространство, в котором движутся все эти небесные тела. Далеко в прошлое ушло время, когда пространство считалось простымместищем, пустотой. Наука давно пришла к выводу, что в космосе разворачиваются сложные процессы. Их исследование имеет чрезвычайно важное значение для глубокого понимания явлений окружающего нас мира. Вот почему разнообразные процессы, протекающие на больших высотах, привлекают к себе внимание физиков и геофизиков.

Как мы уже знаем, из глубин Вселенной к Земле приходят космические лучи — ядра атомов водорода, гелия и других химических элементов. Однако первичные космические лучи, взаимодействуя с ядрами атомов воздуха, растрачивают свою энергию и до поверхности Земли практически не доходят. Это взаимодействие осущест-

вляется главным образом в тропосфере, приземном слое воздуха толщиной около 15—20 км, в котором сосредоточено примерно четыре пятых всей массы земной атмосферы. Таким образом, на высотах свыше 20 км мы, по существу, уже имеем дело с частицами первичного излучения.

Естественно было ожидать, что с дальнейшим увеличением высоты интенсивность космического излучения будет оставаться постоянной. Однако уже первые измерения, проведенные американскими учеными с помощью высотных ракет, показали, что в действительности с увеличением высоты эта интенсивность возрастает.

Окончательную ясность в изучение проблемы внесли искусственные спутники Земли, оборудованные специальной аппаратурой для регистрации космического излучения. Результаты наблюдений, проведенных с помощью второго и третьего советских спутников, а также американских спутников, подтвердили рост интенсивности космического излучения с высотой. Кроме того, была обнаружена зависимость интенсивности от географической широты.

Дальнейшие исследования показали, что наша планета окружена своеобразным ореолом заряженных частиц, состоящих из двух радиационных зон — внутренней и внешней, границы которых могут изменяться в зависимости от физических условий.

На первых порах казалось, что внутренний и внешний радиационные пояса существуют обособленно друг от друга и их границы нигде не перекрываются. Однако уже к середине 1965 г. в результате многочисленных наблюдений, проведенных с помощью спутников серии «Космос», космических станций «Марс 1», «Луна 4» и «Зонд 1», космических кораблей «Восход» и «Восход 2», а также наблюдений американских ученых, стало ясно, что все околоземное космическое пространство сплошь заполнено частицами разных «сортов», обладающих различными зарядами и энергиями. При этом частицы каждого сорта имеют свое характерное распределение в пространстве, которое может, однако, изменяться в зависимости от целого ряда причин.

Вначале считалось, что основную долю частиц внутреннего пояса составляют протоны (ядра атомов водорода) высоких энергий. Однако дополнительные

наблюдения показали, что в действительности здесь количественно преобладают электроны небольших энергий.

Число частиц, которые движутся на расстоянии от 3 до 7 земных радиусов от центра планеты, т. е. на высоте от 12 до 36 тыс. км от поверхности Земли, постоянно. Оно меняется в зависимости от уровня солнечной активности и состояния земного магнитного поля.

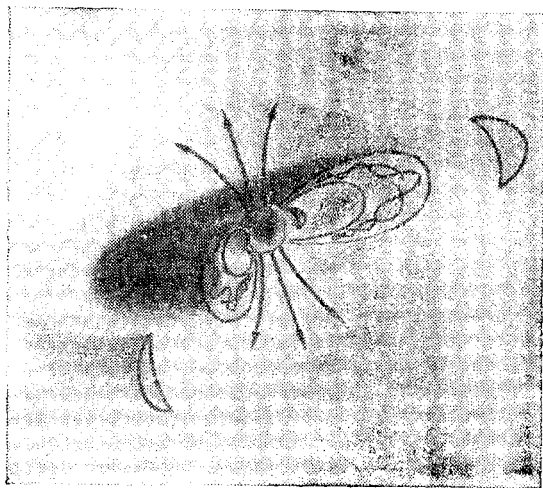


Рис. 28. Радиационные зоны.

Наличие радиационного ореола нашей планеты тесно связано с земным магнетизмом. Расчеты показывают, что заряженные частицы зон движутся вдоль магнитных силовых линий земного магнитного поля от одного магнитного полюса к другому. По мере приближения к полюсу магнитные силовые линии, которые все сходятся в этой точке, сближаются друг с другом и «сгущаются», движение частиц замедляется и в конце концов они начинают перемещаться в обратном направлении. У противоположного полюса повторяется то же самое и частицы вновь поворачивают обратно. Таким образом, в околоземном пространстве существует своеобразная «магнитная ловушка» для заряженных частиц.

Как известно, межпланетное пространство не является совершенно свободным от вещества. Поэтому заряженные частицы, движущиеся в магнитной ловушке, могут испытывать соударения с частицами окружающей среды. В результате подобных столкновений частицы постепенно теряют свою энергию и «выбывают из игры».

В радиационных зонах происходит постепенное накопление частиц до тех пор, пока не устанавливается своеобразное равновесие, когда число прибывающих за единицу времени частиц оказывается равным числу частиц, теряющих свою энергию.

Таким образом, главная причина образования радиационного ореола Земли — магнитное поле нашей планеты. Это означает, что и любая другая планета, обладающая достаточно сильными магнитными свойствами, видимо, должна быть окружена радиационными поясами.

Для того чтобы заряженная частица могла пропикнуть на достаточно близкое расстояние к поверхности Земли и попасть в область внутренней радиационной зоны, она должна преодолеть своеобразный барьер — магнитное поле нашей планеты. Совершить этот «подвиг» способны лишь частицы, обладающие большой энергией. Но такие частицы свободно пронизывают насквозь радиационные пояса и не могут быть захвачены магнитной ловушкой. Получается парадокс: чтобы попасть в состав радиационной зоны, электрон или протон должны двигаться с малой скоростью, обеспечивающей возможность захвата. Но такие частицы будут отброшены назад земным магнитным полем.

Каким же образом возникают радиационные зоны?

На первых порах предполагалось, что поставщиками частиц для радиационного ореола Земли являются так называемые нейтроны, нейтральные частицы, которые образуются в земной атмосфере в результате ее бомбардировки космическими лучами. Эти ядерные частицы неустойчивы. Средняя продолжительность «жизни» нейтрона составляет всего около 12 минут. По истечении этого срока нейтрон распадается на протон и электрон с выделением нейтральной частицы — нейтрино. Нейтрино, не имеющее электрического заряда, беспрепятственно улетает со скоростью света, а протон и электрон захватываются земным магнитным полем.

Однако многолетние наблюдения и исследования привели ученых к мысли, что мощность космических лучей слишком невелика, чтобы считать их главной причиной возникновения радиационных зон. Вероятно, распад нейтронов действительно имеет место, но не он является главным поставщиком частиц для радиационного ореола Земли.

В настоящее время можно считать установленным, что преобладающая масса частиц радиационных зон попадает в магнитную ловушку Земли из потоков заряженных частиц, извергающихся с поверхности Солнца с огромными скоростями от сотни до тысячи километров в секунду, — солнечного ветра.

В околоземном космическом пространстве, на расстоянии около 36 тыс. км от поверхности Земли существует, как показали измерения, не только магнитное, но и электрическое поле. Оно возникает благодаря движению частиц ионосферы по отношению к магнитным силовым линиям земного магнитного поля. Между прочим, в связи с этим правильнее называть околоземное пространство не «магнитосферой», как раньше, а «электромагнитосферой».

При взаимодействии солнечного ветра, т. е. потоков солнечной плазмы, с электромагнитосферой могут происходить нарушения земного магнитного поля. Создается нечто вроде своеобразных каналов для поступления заряженных частиц внутрь магнитной ловушки. Происходящее при этом «высыпание» заряженных частиц в атмосферу вызывает одно из красивейших явлений природы — полярные сияния.

Однако механизм этого явления еще не ясен. Здесь есть еще немало загадок, которые предстоит разрешить. Так, например, измерения, проведенные с помощью ракет и спутников, показывают, что энергия солнечного ветра почти не меняется. Между тем энергия полярных сияний изменяется в десятки тысяч раз. Видимо, причины этого явления связаны с изменениями физического состояния «электромагнитосферы», которые в свою очередь могут быть вызваны процессами ионизации, а также ветрами, дующими на высоте в сотни километров.

Изучение всех этих явлений с помощью ракет и спутников представляет большой научный интерес, поскольку,

сложные физические процессы, протекающие в околоземном космическом пространстве, невозможно детально воспроизвести искусственным путем в земных физических лабораториях.

Интерес к этим явлениям объясняется еще одним обстоятельством. Не исключена возможность, что изменения физического состояния радиационных зон могут оказывать существенное влияние на многие процессы, происходящие в земной атмосфере и на поверхности нашей планеты. Весьма вероятно, что радиационные зоны представляют собой важное передаточное звено в механизме воздействия солнечной активности на геофизические явления.

Загадки Земли

Загадка великих оледенений

В предыдущей главе мы довольно подробно познакомились с нашей солнечной системой и с некоторыми проблемами, которые стоят перед учеными в области планетной астрономии. Однако и та планета, на которой мы живем сами, до сих пор хранит еще немало загадок и тайн, все еще ожидающих своих колумбов. Этих загадок так много, что им вполне можно было бы посвятить отдельную книгу. Мы остановимся лишь на некоторых из них — на тех, которые в той или иной степени связаны с космическими явлениями.

Одна из величайших загадок Земли — великие оледенения, которые имели место в истории нашей планеты.

В древние времена по каким-то причинам в полярных районах и на вершинах высоких гор начали накапливаться огромные массы льда. Под действием собственной тяжести они медленно перемещались, сокрушая на своем пути скалы и горы, дробя и круша самые твердые породы.

По современным научным данным сплошными массами льда было покрыто около одной пятой части земной поверхности. Под толстым слоем льда оказалась вся Северная Европа вплоть до Северной Франции и средней Германии. Льды покрыли и Северную Америку примерно до 38° северной широты. На территории нашей страны ледник спускался двумя громадными языками по Днепру и Дону.

Великое оледенение Земли началось примерно около 500 тыс. лет назад и продолжалось на протяжении многих тысячелетий. Под действием каких-то причин льды

то отступали, то вновь надвигались. Так, на территории Европы было, по-видимому, четыре ледниковые эпохи, между которыми имели место сравнительно теплые периоды. Полное отступление льдов произошло всего лишь около 20—25 тыс. лет назад. Но в некоторых районах льды задержались еще дольше. Из района современного Ленинграда ледник отступил только 16 тыс. лет назад. Кое-где на Севере небольшие остатки древнего оледенения сохранились и до сих пор.

Современные ледники не могут идти ни в какое сравнение с древним оледенением нашей планеты. Они занимают лишь около 15 млн. кв. км, т. е. менее $\frac{1}{30}$ части земной поверхности. Таким образом, великое оледенение представляло собой поистине планетарное явление. Следовательно, и причины у него должны быть соответствующего масштаба. В связи с этим некоторые исследователи пытались связать эту древнюю катастрофу с космическими процессами. Например, выдвигалось предположение о том, что в нашей звездной системе, Галактике, в районе солнечной орбиты существует малопрозрачная туманность, в которую Солнце могло погружаться при своем движении вокруг галактического центра. По мнению сторонников этой гипотезы, такое погружение должно приводить к уменьшению количества солнечного тепла, поступающего на Землю, и вызывать тем самым понижение температуры. Однако подобная точка зрения не находит себе подтверждения в современных астрономических данных.

Другие ученые высказывали предположение, что понижение температуры на Земле могло быть вызвано колебаниями теплового солнечного излучения. Однако многолетние наблюдения за деятельностью нашего дневного светила показывают, что величина его теплового излучения остается практически постоянной. Установлено также, что количество солнечного тепла, приходящее к границам земной атмосферы, с течением времени почти не меняется. Об этом же свидетельствуют и многочисленные геологические данные.

Столь же неубедительными являются и другие попытки связать наступление ледниковых эпох с действием таких космических факторов, как изменение наклона земной оси, расстояния Земли от Солнца и т. п.

Наиболее обоснованной можно считать гипотезу, которая объясняет оледенения геологическими изменениями, происходившими на нашей планете. Хорошо известно, например, какими резкими климатическими границами являются горные хребты, как отличается, например, климат Черноморского побережья Кавказа от климата Северного Кавказа, или климат северной части Крыма от климата южного побережья. Задерживая теплые или холодные ветры и осадки, горы определяют климат многих районов Земли.

Изменения земного рельефа, образование и исчезновение высоких гор, изменение направлений морских течений, а также сильные извержения вулканов, сопровождающиеся выбросом в атмосферу огромного количества вулканической пыли, поглощающей часть солнечного тепла, могли оказывать существенное влияние на климат различных районов нашей планеты и вызывать значительные колебания средних температур.

Существенное влияние на климат Европы и Северной Америки могли оказать колебания интенсивности Гольфстрима. Это течение приносит в умеренные широты к берегам Европы теплые тропические воды и определяет климат, растительный и животный мир, а тем самым и образ жизни людей на значительной части европейского материка.

Мощность Гольфстрима необычайно велика. Достаточно сказать, что ежесекундно он переносит 26 млн. куб. м воды, что примерно в 20 раз превышает расход воды всех рек земного шара.

Подсчитано, что приносимое этим течением тепло составляет около 45% общего теплового баланса Ледовитого океана. Если бы Гольфстрим прекратил свое существование, то средняя температура Европы заметно понизилась бы и значительная ее часть оказалась бы скованной льдами. В связи с этим возникает естественный вопрос—не могло ли служить причиной оледенений Европы временное исчезновение Гольфстрима?

Но почему Гольфстрим мог исчезнуть?

Хорошо известно, что в истории нашей планеты не раз имели место опускания и поднятия различных участков земной коры. Подобные изменения, происходящие под действием внутренних сил, в некоторых районах Земли продолжают и до настоящего времени.

Например, берега Голландии медленно опускаются, и чтобы преградить дорогу морю, жители этой маленькой страны вынуждены были соорудить специальную «линнию обороны», состоящую из многочисленных плотин и дамб. Высокая плотина сооружается вдоль западного берега Данин. Ежегодно море отвоевывает здесь у суши несколько метров. В середине прошлого столетия морская пучина поглотила в городе Агерре остатки церкви, которая за полтора века до этого находилась в 650 м от берега. Даже в Московской области почва опускается ежегодно на 4 мм.

Однако далеко не всегда подобные изменения происходят столь медленно и постепенно. Дно океана сотрясается от многочисленных землетрясений, подводные вулканы выбрасывают пепел и лаву, со дна неожиданно появляются и так же неожиданно исчезают целые острова.

Несколько лет назад, например, советские ученые наблюдали с борта океанографического суды «Михаил Ломоносов» извержение нового вулкана Каплиньши в группе Азорских островов, в результате которого образовался новый островок, соединенный перешейком с соседним островом.

Изучение океанских глубин показало, что на дне их существует много погруженных горных хребтов. К их числу относятся недавно открытый хребет Ломоносова в Ледовитом океане, Североатлантический хребет в Атлантическом океане и Срединный Индийский хребет в Индийском океане. Имеются данные, указывающие на то, что в настоящее время все эти хребты продолжают погружаться. Вполне возможно, что в древние времена на их месте существовали материк, ныне опустившиеся на дно океана.

В частности, найдены весьма интересные сведения, указывающие на то, что Североатлантический хребет действительно возвышался когда-то над поверхностью океана. При изучении морского дна в районе Североатлантического подводного хребта был найден крупный обломок известняка, содержащий включения марганца. Однако хорошо известно, что такой известняк не может образоваться на дне океана, так как морская вода вообще не содержит марганца. Значит, марганец был перенесен сюда пресной, речной водой. А это в свою оче-

редь говорит о том, что Североатлантический хребет когда-то возвышался над поверхностью воды. Кроме того, близ вершины слой морских осадков значительно тоньше, чем у основания хребта, что может быть объяснено только более поздним опусканием.

В 1957 г. в районе Североатлантического хребта, в соответствии с программой Международного геофизического года, работала советская океанологическая экспедиция. Ученые обнаружили на дне моря осколки черного базальта и туфа. Это служит прямым свидетельством того, что когда-то в этом районе протекали бурные вулканические процессы.

Но если исчезновение Североатлантического хребта в глубинах океана действительно имело место, то когда это было?

В настоящее время в распоряжении ученых имеются данные, позволяющие определить эту дату с большей степенью точности. Эти данные были получены советскими гидрогеологами на основе измерения радиоактивности осадков Карского моря. Им удалось установить, что около 3—5 тыс. лет назад имело место заметное усиление Гольфстрима. Кроме того, было обнаружено, что еще один прорыв теплых вод Гольфстрима в Карское море произошел около 10—12 тыс. лет назад. Этот срок совпадает с ориентировочной датой погружения Североатлантического хребта.

С этими событиями многие ученые и связывают великие оледенения Земли. Участки суши, появлявшиеся со дна моря в Атлантическом океане, преграждали путь на север теплым морским течениям. Вследствие этого в полярных областях начиналось сильное похолодание и мощный ледяной покров надвигался на территорию Европы и Северной Америки. Когда же суша погружалась на дно океана, Гольфстрим вновь получал свободный доступ в северные районы. Освободившееся течение несло тепло к скованным льдами берегам и льды отступали. Интересно, что указанная выше дата погружения Североатлантического хребта довольно хорошо согласуется с датой окончания ледникового периода.

Таким образом, на первый взгляд может показаться, что ледниковые периоды представляют собой чисто земные явления. Однако в одной из предыдущих глав мы уже упоминали о той вероятной связи, которая существует

между геологическими процессами и некоторыми космическими факторами. Поэтому не исключена возможность, что и великие оледенения Земли в конечном итоге могли быть вызваны космическими причинами.

Почему вымерли гигантские ящеры?

Всякое явление природы имеет свою естественную причину. Таков незыблемый закон материалистической науки. Если мы сталкиваемся с каким-либо явлением, причина которого остается нам неизвестной, это означает только, что мы недостаточно глубоко изучили сущность данного явления, его многообразные связи с другими природными процессами, и не исключена возможность, что подлинные причины лежат за границей той области, в которой мы пытаемся их обнаружить.

Явления, причины которых до сих пор не удалось установить, имеются и в истории нашей планеты. Не связано ли это с тем, что подобные явления пытались объяснить чисто земными причинами, в то время как за этими объяснениями надо было «отправиться» в космос?

Одна из таких загадок относится к далекому прошлому Земли.

В свое время великий английский ученый Чарльз Дарвин показал, что изменения, происходящие в растительном и животном мире, появление одних видов и исчезновение других могут быть вызваны изменениями внешней среды, а также изменчивостью самих животных и растений. В результате действия этих факторов выживают главным образом те организмы, которые приобретают признаки, наилучшим образом отвечающие внешним условиям. Всякие другие отклонения от нормы обречены на вымирание в процессе борьбы за существование и естественного отбора организмов, наиболее приспособленных к внешним условиям.

Однако в истории развития нашей планеты имели место и такие периоды, когда одна группа животных и растений сменила другую без заметной борьбы за существование...

В конце древнейшей (палеозойской) эры на Земле появились первые пресмыкающиеся. Быстро развиваясь, они уже в следующую — древнюю (мезозойскую) эру достигли величайшего расцвета. Поверхность материков

сотрясала тяжелая поступь гигантских динозавров, водную гладь морей и океанов бороздили бесчисленные ихтиозавры, то и дело проносились по воздуху крылатые птеродактили. Гегемония ящеров была безраздельной и нерушимой. Они полностью завоевали сушу, воду и воздух и господство их продолжалось на протяжении более 150 млн. лет. Казалось, ему не будет конца...

И вдруг произошло нечто неожиданное. Именно тогда, когда ящеры, казалось, навсегда подчинили себе нашу планету, их постигла странная участь. На протяжении чрезвычайно короткого исторического срока чудовищные рептилии полностью исчезли, уступив свое место млекопитающим... Это случилось на грани последнего, мелового периода мезозойской эры и начала современной, кайнозойской эры.

Какая же сила уничтожила ящеров? Млекопитающие, которые в это время только-только появлялись, не могли представлять для ящеров сколько-нибудь серьезной опасности. Исчезновение рептилий не было также результатом борьбы за существование между различными группами самих ящеров.

Что же произошло? Этот вопрос приобретает особый интерес, если принять во внимание, что примерно в тот же период не менее резкие изменения произошли и в растительном мире Земли. В середине мезозоя и начале мелового периода наивысшего расцвета достигли так называемые голосемянные, важнейшими представителями которых являются хвойные растения. Однако в конце мелового периода необычайно широкое распространение получают покрытосемянные, и Земля быстро одевается лиственными лесами.

Многие исследователи пытались связать все эти перемены с различными геологическими процессами, а также изменениями климата Земли, происходившими в те времена. Однако подобные предположения, к сожалению, не могут объяснить всех известных нам фактов.

В то же время другие исследователи, в том числе биологи и геологи, высказывали мысль о том, что загадочная быстрота, с которой произошла «смена декораций» на Земле, связана с действием какой-то космической причины.

В опубликованной несколько лет назад монографии А. Л. Тахтаджяна, посвященной эволюции покрыто-

семянных растений, отмечается, что их молниеносное распространение представляет для нас величайшую загадку, а по словам Дарвина, оно является даже «ужасной тайной».

Известный ученый Голенкин еще в 1927 г. писал в своей книге «Победители в борьбе за существование»:

«Я склоняюсь к признанию главной роли в деле расцвета и победоносного наступления покрытосемянных за какой-то внезапной, следовательно, космогонической причиной. Что это за причина, конечно, я сказать не могу».

Было время, когда попытки объяснения земных явлений действием космических факторов встречали резкие возражения со стороны многих ученых. С точки зрения современной науки подобные предположения, бесспорно, заслуживают самого серьезного внимания. Но если гибель гигантских ящеров связана с влиянием какого-то космического фактора, то, очевидно, этот фактор должен был действовать не периодически, не циклично, как солнечная активность, а наоборот, в течение длительного времени оставаться постоянным и затем испытать столь резкое изменение, чтобы это могло существенно отразиться на развитии жизни на Земле.

Внимательное рассмотрение всех возможных причин космического порядка, с которыми можно было бы связать изменения растительного и животного мира нашей планеты, заставляет обратить особое внимание на космические лучи.

Во время своих межзвездных скитаний многие из частиц, входящих в состав космического излучения, приобретают огромные скорости и энергии. Однако сталкиваясь с ядрами атомов воздуха, они постепенно растрачивают свою энергию и до поверхности Земли почти не доходят. Сюда проникает лишь вторичное излучение, порожденное первичными лучами в самой атмосфере.

В воздухе Земли всегда имеется некоторое количество радиоактивных «аэрозолей». Образование их происходит под действием различных причин, в том числе под влиянием космического излучения. Эти газы есть и в приземных слоях воздуха. Но их настолько мало, что они не могут принести нам никакого вреда.

Всегда ли за время существования Земли интенсивность космического излучения оставалась неизменной?

Чтобы ответить на этот вопрос, надо знать, откуда приходят к нам космические лучи, где и при каких условиях они рождаются.

Главная трудность при исследовании космических лучей заключается в том, что нам приходится изучать их лишь в «конце пути». Поэтому разгадать тайну их происхождения не менее трудно, чем, например, восстановить биографию человека по его почерку. Для этого нам неизбежно понадобились бы дополнительные сведения.

Но оказалось, что подобные сведения о космических лучах получить можно. В космических лучах наряду с ядрами атомов имеются также электроны, движущиеся с большими скоростями. Такие электроны, перемещаясь в межзвездных магнитных полях, должны излучать радиоволны. Эти своеобразные радиопередачи могут быть приняты с помощью радиотелескопов. Таким путем можно получить информацию о местах скопления космических частиц.

В 1054 г. в созвездии Тельца неожиданно вспыхнула необычная звезда. Она сияла так ярко, что ее можно было наблюдать даже днем. Странная звезда светила около полугода, а затем медленно погасла.

Это удивительное событие описали в своих книгах китайские, японские и арабские летописцы. Впоследствии подобные же мощные вспышки наблюдались еще дважды в других созвездиях.

Явления эти и получили название вспышек «сверхновых» звезд. В момент такой вспышки, происходящей под действием каких-то пока еще не известных нам физических процессов, звезда неожиданно увеличивается, сбрасывая с себя газовую оболочку. Взрыв звезды сопровождается выделением чудовищной энергии. Достаточно сказать, что иногда в течение нескольких дней сверхновая звезда излучает такое же количество света, как несколько миллиардов солнц. После вспышки на месте взорвавшейся звезды образуется газовая туманность, состоящая из распыленных остатков.

Одна из таких туманностей и находится в созвездии Тельца на месте вспышки сверхновой 1054 г. За свою своеобразную форму она получила название Крабовидной.

Наблюдения показали, что Крабовидная туманность, а также подобные ей туманности, образующиеся в

результате вспышек сверхновых звезд, являются мощными источниками радиоизлучения. Это обстоятельство давало возможность предположить, что в Крабовидной туманности имеется множество быстрых электронов. Однако эта гипотеза нуждалась в проверке.

На помощь астрономам пришла оптика.

В 1954 г. советский ученый В. Л. Гинзбург высказал мысль о том, что если в Крабовидной туманности имеются быстрые электроны, ее излучение должно быть поляризовано.

Как известно, свет представляет собою электромагнитные волны. Волны эти поперечные, т. е. направление колебаний в них перпендикулярно к направлению распространения волны. В обычном свете лучи с различными направлениями колебаний хаотически перемешаны.

Однако при известных условиях в световом луче могут происходить колебания лишь одного определенного направления. Такой свет называется поляризованным, а плоскость, в которой происходят колебания — плоскостью поляризации.

Но как выяснить, поляризован луч света или нет? На помощь приходят особые фильтры — поляроиды. Они пропускают световые лучи с одним определенным направлением колебаний, задерживая все остальные. Попробуем рассматривать источник излучения сквозь поляроид, при этом медленно его поворачивая. В тех случаях, когда свет поляризован, вращение поляроида будет сопровождаться периодическими усилениями и гашениями света.

Не прошло и года, как поляризация Крабовидной туманности, предсказанная В. Л. Гинзбургом, была обнаружена.

Так было доказано, что Крабовидная туманность содержит огромное количество электронов и других заряженных частиц, движущихся в различных направлениях с высокими скоростями, т. е. космических лучей.

Следовательно, при вспышках сверхновых звезд рождаются космические лучи. К такому выводу пришли в результате анализа многочисленных фактов советские ученые В. Л. Гинзбург, И. С. Шкловский, Г. Г. Гетманцев и С. Б. Пикельнер, создавшие новую теорию происхождения космических лучей.

Но если Крабовидная туманность действительно образовалась в результате мощного взрыва, то естественно ожидать, что она должна быстро расширяться. В самом деле, сравнение фотографий, сделанных с промежутком в десятки лет, показало, что за это время отдельные узелки туманности заметно переместились вдоль радиусов в стороны от центра.

По мере расширения туманности концентрация космических лучей в ней будет постепенно уменьшаться. Правда, происходит это довольно медленно. Так, например, даже тогда, когда радиус Крабовидной туманности достигнет 15—18 световых лет, плотность космических лучей внутри нее все еще будет примерно в 30 раз превышать их плотность в окрестностях Солнца.

При очень далеких вспышках космические частицы вследствие расширения газовой туманности постепенно рассеиваются в пространстве. Поэтому такие вспышки практически не могут оказать никакого влияния на изменение интенсивности космического излучения, приходящего на Землю.

Но если вспышка сверхновой звезды произойдет достаточно близко, примерно на расстоянии не более 25 световых лет, то после того как расширяющаяся газовая туманность достигнет солнечной системы интенсивность космических лучей на Земле может существенно увеличиться на достаточно длительный срок.

Учитывая, что сверхновые звезды распределены в Галактике неравномерно, И. С. Шкловский и В. И. Красовский подсчитали, что за время существования нашей планеты могло произойти около 10 вспышек близких сверхновых звезд. Следовательно, две из них могли произойти в тот период, когда на поверхности Земли уже существовала жизнь.

Итак, можно предполагать, что в истории нашей планеты были такие периоды, когда в течение некоторого времени плотность космического излучения значительно превышала нормальную.

К каким же последствиям могло это привести?

Как известно, все ткани и органы живых организмов построены из клеток. Одной из главных частей клетки является ее ядро, внутри которого находятся мельчайшие продолговатые образования — хромосомы,

являющиеся носителями наследственности. Каждая из них имеет сложную молекулярную структуру.

Приступая к сооружению здания, инженер-строитель имеет в своем распоряжении точный проект будущего

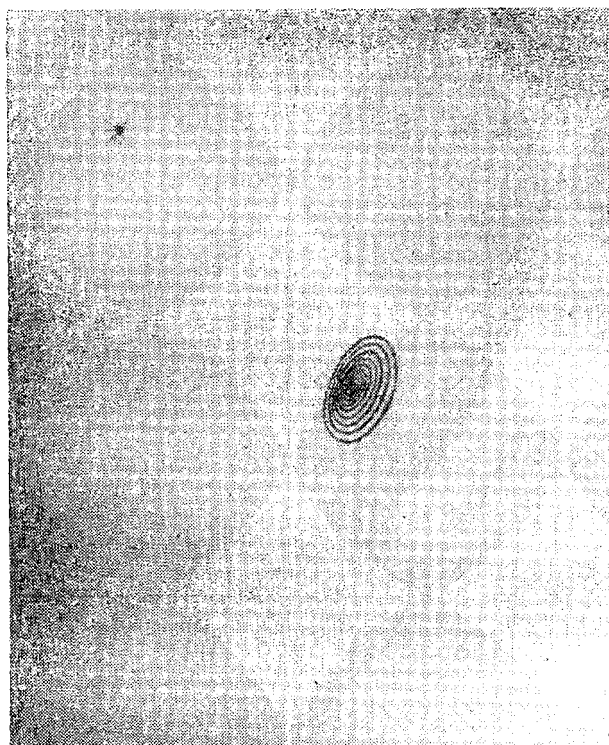


Рис. 29. Расширяющаяся оболочка сверхновой звезды.

дворца, театра, жилого дома, разработанный архитекторами. Заложен лишь первый камень, а сооружение, которое только еще предстоит возвести, уже определено во всех своих деталях, вплоть до самых мелких. Подобным проектом будущего организма является молекулярная структура хромосом, которая представляет собой своеобразную кодированную запись всех его многочисленных и разнообразнейших качеств. Благодаря инфор-

мации, содержащейся в хромосомах половых клеток, эти качества могут передаваться по наследству.

Чтобы строящееся здание соответствовало чертежам, их содержание доводится до всех строителей, инженеров, прорабов, рабочих. Нечто подобное происходит и в процессе развития организма. При размножении клеток, которое происходит путем их деления, удваиваются также и хромосомы. Благодаря этому, в каждую из вновь образовавшихся дочерних клеток попадает по одному экземпляру каждой из хромосом. Таким путем наследственная информация «доводится» до каждой клетки.

Почему строители не ошибаются и вместо школы не построят театр, а вместо клуба стадион? Опять-таки потому, что в их руках имеются чертежи будущего сооружения.

Почему из зародышевой клетки тигра вырастает тигр, а из, казалось бы, точно такой же зародышевой клетки обезьяны — обезьяна?

И здесь все объясняется тем, что уже в первый момент своего возникновения каждый живой организм имеет особый аппарат, в дальнейшем управляющий процессом его развития в соответствии с «чертежами», содержащимися в хромосомах. С помощью этого удивительного аппарата формируются все части тела организма, все его органы и обеспечивается правильное их функционирование.

Однако под действием радиоактивных излучений могут происходить так называемые мутации, связанные с перестройкой молекулярной структуры хромосом. В результате такой перестройки у потомков могут появиться новые качества, которых не было у родителей. В настоящее время подобный метод, получивший название радиационной селекции, широко используется для искусственного воздействия на наследственность и выведение новых пород животных и сортов растений. В частности, именно таким способом были получены новые формы пенициллиновых грибов, вырабатывающие в десятки раз больше этого чудодейственного лекарства, чем исходные. Подобным же образом выведены ценные сорта культурных злаков, обладающие определенными качествами, в том числе сорта, устойчивые против различных заболеваний.

Мутации могут происходить не только в результате искусственного облучения, но также и под действием различных природных факторов. Такие мутации получили название спонтанных, или случайных. Спонтанные мутации могут быть вызваны разными причинами, но значительная их доля возникает под действием радиоактивных излучений.

Частота мутаций, возникающих под влиянием радиации, для различных организмов неодинакова. Более сложные организмы чувствительнее к действию радиации, чем менее сложные, а долгоживущие формы чувствительнее тех, жизнь которых непродолжительна. С другой стороны, устоявшиеся виды животных и растений, по-видимому, поражаются случайными мутациями в значительно большей степени, чем вновь появившиеся.

Так, например, для насекомого — плодовой мушки дрозофилы доля случайных мутаций, возникающих вследствие радиоактивности воздуха, составляет примерно одну тысячную всех спонтанных мутаций, а для представителя млекопитающих — мыши — чувствительность к облучению увеличивается уже примерно в 20 раз.

Для удвоения частоты мутаций у организмов с коротким циклом размножения потребовалось бы увеличение интенсивности излучения в сотни и тысячи раз. Такой же эффект для долгоживущих форм мог бы быть получен увеличением интенсивности всего в 3—10 раз.

В одном из произведений современного английского писателя-фантаста Джона Уиндема рассказывается об экспериментах по воздействию радиации на живые организмы. Цель этих экспериментов состояла в изучении мутаций. Проводились они на окраине бесплодных земель, где все живое было уничтожено в результате длительной ядерной войны. Среди работавших здесь людей действовал строгий приказ: «Бойтесь мутантов».

Такой приказ был вполне обоснован: дело в том, что мутации, как правило, приводят к образованию дефективных форм. В условиях естественного отбора такие формы обречены на неизбежное вымирание. Это и дает основание предполагать, что быстрое исчезновение гигантских ящеров, а также глубокие изменения в растительном мире нашей планеты, о которых говорилось выше, могли быть вызваны достаточно длительным увеличением интенсивности космического излучения, кото-

рос произошло в результате вспышки близкой сверхновой звезды.

В этой связи интересны результаты наблюдений, проведенных в Палеонтологическом музее Академии наук СССР. Здесь была исследована остаточная радиоактивность окаменелых остатков ряда животных, живших на Земле на протяжении 400 млн. лет. При этом было обнаружено, что особенно высокая радиоактивность имеет место у костей различных видов динозавров, относящихся к эпохе их вымирания.

Кроме того, известно, что на Земле есть такие места, где до сих пор сохранились архаические формы растений и животных. Что самое любопытное — сохранились они в глубинах морей и океанов, а также в недрах Земли, в пещерах, т. е. именно там, куда сквозь толщу воды или слои горных пород не проникают космические лучи.

Все это вместе взятое говорит в пользу предположения о влиянии космических лучей на эволюцию жизни на Земле.

Но если подобное предположение справедливо, не угрожает ли человечеству ужасная опасность? Ведь в любой момент может произойти вспышка близкой сверхновой звезды, а может быть, такая вспышка уже произошла и фронт расширяющейся туманности, содержащей губительные космические лучи, угрожающе приближается к Земле?

Однако на этот счет мы можем быть совершенно спокойны. Если бы даже вспышка близкой сверхновой звезды действительно произошла, то между моментом, когда это будет наблюдаться с Земли, и моментом, когда нашей планеты достигнут космические лучи, пройдут многие тысячелетия, в течении которых человечество вполне успеет разработать и принять соответствующие защитные меры. Можно также с уверенностью утверждать, что близкие вспышки не имели места и в недалеком прошлом. Остатки сверхновой звезды представляют собой мощный источник радиоизлучения, но в ближайших окрестностях Солнца таких источников не существует.

Гипотеза о влиянии вспышек сверхновых звезд на развитие жизни на Земле пока все еще остается только гипотезой. Верна она или нет — покажет время. Но незави-

симо от будущей оценки эта гипотеза поучительна в двух отношениях. Во-первых, она показывает, что успешное решение многих геофизических и геологических проблем возможно лишь при обязательном учете того обстоятельства, что наша Земля представляет собой часть космоса. Во-вторых, такое решение может быть достигнуто только комплексным путем, в результате использования достижений самого широкого круга конкретных наук.

Великая сибирская загадка

Иногда решение научной проблемы напоминает увлекательный приключенческий роман. Здесь и невероятные происшествия, и необъяснимые тайны, и упорное, шаг за шагом, распутывание едва заметных следов, и разнообразные версии, и неожиданные повороты, и, наконец, раскрытие истины.

Не менее интересен и случай, когда этот последний и бесспорно самый важный шаг еще не сделан, когда загадка продолжает оставаться загадкой.

Проблема, о которой пойдет речь, находится именно в таком состоянии. Вот уже на протяжении 60 лет она приковывает к себе всеобщее внимание, но увы, до сих пор не решена.

Речь идет о загадке, которую природа поставила перед наукой 30 июня 1908 г., знаменитой загадке тунгусского метеорита...

Обратимся к истории.

Около семи часов утра 30 июня 1908 г. сейсмографы Иркутской обсерватории зарегистрировали очередное землетрясение. Однако в этом не было еще ничего необычного: Иркутская обсерватория расположена вблизи горных массивов, и землетрясения повторяются здесь довольно часто. Необычное заключалось в другом. Землетрясение 30 июня 1908 г. совершенно явно принадлежало к числу местных. Однако при местных толчках колебания очень быстро затухают. Между тем запись сейсмографа имела на этот раз весьма странный вид. Правда, характерные зигзаги, появившиеся на ленте в 7 часов 16 минут, постепенно уменьшались, но на сейсмограмме присутствовали три непонятных дополнительных зигзага, а общая продолжительность записи была

слишком велика. Чтобы выяснить причины этого необычного явления, сотрудники обсерватории немедленно разослали своим местным корреспондентам специальные опросные бланки с просьбой сообщить все, что им известно о землетрясении 30 июня. Однако пришедшие вскоре ответы оказались совершенно неожиданными. Большинство корреспондентов утверждало, что 30 июня никакого землетрясения вообще не было. Однако около 8 часов утра они ясно слышали звуки, напоминающие

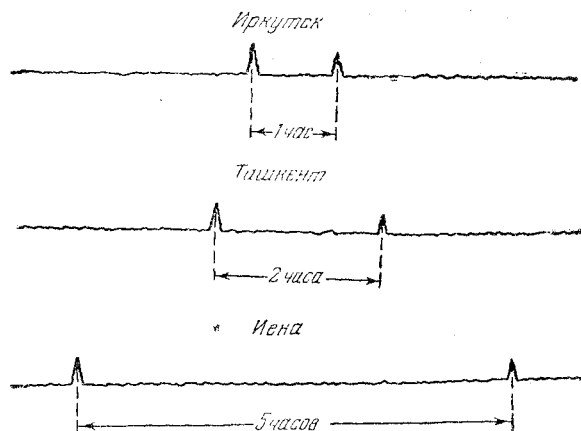


Рис. 30. Сейсмограмма Тунгусской катастрофы.

орудийную стрельбу или очень сильный гром, хотя небо при этом оставалось совершенно безоблачным.

Так, например, один из корреспондентов писал, что около восьми часов утра он услышал гром, который становился все сильнее и сильнее и напоминал сильные пороховые взрывы и пушечные выстрелы. Потом гром перешел в страшный треск; закачались даже лампадки перед иконами... После треска в воздухе пронесся шум, а затем гул и гром стали удаляться. Гром этот продолжался около 20 минут, но молний не было. Автор сообщил также, что в это утро один из его соседей в четырех верстах от Илимска вверх по реке Илим увидел

летающую звезду с огненным хвостом, которая будто бы упала в воду, а хвост у нее исчез в воздухе.

Заслуживает интереса и сообщение наблюдателя метеорологической станции в Киренске.

«К сожалению, сам я ничего не видел, — рассказывает он, — так как после записей метеорологических приборов сел за работу. Слышал глухие звуки, но принял их за залпы ружейных выстрелов на военном поле за рекой Киренгой. Окончив работу, я взглянул на ленту барографа и к удивлению своему заметил рядом с чертой, сделанной в 7 часов утра, еще одну черту. Это меня удивило, так как в продолжение работы я не вставал с места, вся семья спала и никто не заходил в комнату. Потом я расспросил местных жителей. Они говорили, что в начале восьмого на северо-западе будто бы появился огненный столб в виде копыя. Когда столб исчез, послышались пять сильных ударов, как из пушки, потом в этом месте показалось густое облако. Минут через 15 слышны были опять такие же удары, еще через 15 минут повторилось то же».

Если объединить все эти и другие разрозненные сообщения и составить общую картину случившегося, то она будет выглядеть следующим образом.

На рассвете тридцатого июня 1908 г. в небе над тунгусской тайгой неожиданно появилось ослепительно яркое тело. Затмив солнечный свет, оно пронеслось над землей и исчезло за горизонтом. Вслед за этим вблизи фактории Вановара, в бассейне реки Подкаменная Тунгуска произошел гигантский взрыв. Взметнулся огромный столб пламени, образовалось большое дымовое облако. Катастрофа сопровождалась оглушительными взрывами, которые были слышны за 100 км. Затем раздался мощный грохот, треск и гул, как при сильном землетрясении. Содрогалась почва, дрожали здания, лопались оконные стекла, падали на пол и разбивались посуда и утварь, качались всякие предметы. Взрывная волна сбивала с ног людей. Сотрясение почвы было зарегистрировано сейсмическими станциями в различных районах земного шара, не только Иркутской обсерваторией, но и многими другими, а воздушная волна несколько раз обожала вокруг планеты.

К сожалению, обстоятельства сложились так, что прежде чем к месту падения прибыла первая научная экс-

педиция, прошло почти двадцать лет. А за это время природа немало потрудились, чтобы изменить картину катастрофы.

Первая экспедиция во главе с Леонидом Алексеевичем Куликом была организована в 1927 г. Затем в 1928 и 1929—1930 гг. были осуществлены две дополнительные экспедиции. В 1938 г. была произведена аэрофотосъемка

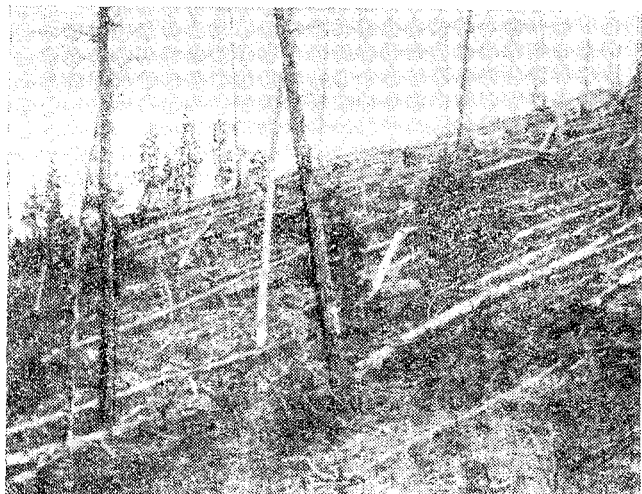


Рис. 31. Поваленный лес.

района катастрофы, к сожалению, очень неполная. Потом исследования прервала Великая Отечественная война. Очередные тунгусские экспедиции состоялись только в 1958 и 1961—1962 гг. Кроме того, за последние годы на месте тунгусской катастрофы побывал целый ряд самодельных экспедиций.

Приступая к изучению тунгусской катастрофы, ученые полагали, что поскольку в тайгу упал метеорит, то на месте взрыва должны остаться характерные следы: метеоритные кратеры, или воронки и, конечно, осколки самого метеорита.

Однако в результате изучения района взрыва был обнаружен целый ряд загадочных фактов. Катастрофа

действительно оказалась грандиозной. В радиусе десятков километров лес был повален, причем положение лежащих на земле стволов деревьев совершенно отчетливо указывало направление к центру взрыва. Как раз в этом месте расположена огромная впадина поперечником около 10 км, окруженная сопками и представляющая собой бугристое торфяное болото. Судя по положению поваленных древесных стволов — это и есть место падения.

В болоте Л. А. Кулик обнаружил какие-то ямы поперечником до нескольких десятков метров, заполненные водой. Он принял их за метеоритные кратеры и начал раскопки. Но, к сожалению, ни раскопки воронок, ни бурение почвы не дали никаких результатов. Тунгусский метеорит исчез бесследно.

Между тем расчеты показывают, что энергии, выделившейся при взрыве Тунгусского метеорита, было достаточно, чтобы при ударе о землю вызвать образование воронок глубиной в 200 м и поперечником в 1000 м. Подобную воронку было бы легко обнаружить и через 50 лет. Более того, в эпицентре взрыва, там, где следовало ожидать наибольших разрушений, деревья, наоборот, устояли на корню. И только сучья у них были обломаны таким образом, словно взрывная волна ударила по ним сверху.

Так возникла загадка Тунгусского метеорита.

Обычно в подавляющем большинстве научных исследований ученые вольно или невольно придерживаются своеобразного принципа, известного под названием «лезвия Оккама». Этот принцип заключается в следующем: чем проще объяснение той или иной научной проблемы, тем вероятнее, что оно истинное. Под простотой имеется в виду минимум дополнительных предположений. Подобные предположения должны вводиться лишь тогда, когда все возможности объяснений с помощью уже известного в науке полностью исчерпаны.

Поэтому в первую очередь заслуживают внимания именно те гипотезы, которые пытаются объяснить Тунгусскую катастрофу явлениями обычного порядка.

В настоящее время специалисты по изучению метеоритов, в том числе такой известный астроном, как академик В. Г. Фесенков, пришли к выводу, что в 1908 г. наша Земля столкнулась с небольшой кометой. Ядро

кометы, представляющее собой массу космического льда, влетело в земную атмосферу. Двигаясь со скоростью, во много раз превосходящей скорость звука, оно образовало ударную, или баллистическую, волну.

Должно быть, вам не раз приходилось замечать, как при полете реактивных самолетов иногда слышны



Рис. 32. Деревья в эпицентре взрыва.

удары, напоминающие раскаты грома. Дело в том, что образование ударных волн не обязательно связано со взрывом. Они могут возникать при полете каких-либо тел в воздухе со скоростью, превышающей скорость звука. В этих случаях воздух, находящийся перед летящим телом, не успевает расступаться и оно в каждой точке своего пути производит удар по воздуху, точно так же, как если бы он был твердом телом. Возникающие при

этом так называемые баллистические волны обладают значительным разрушительным действием.

Если тупгусское тело мчалось со сверхзвуковой скоростью, то при его полете неизбежно должны были возникать баллистические волны, которые валили деревья направо и налево.

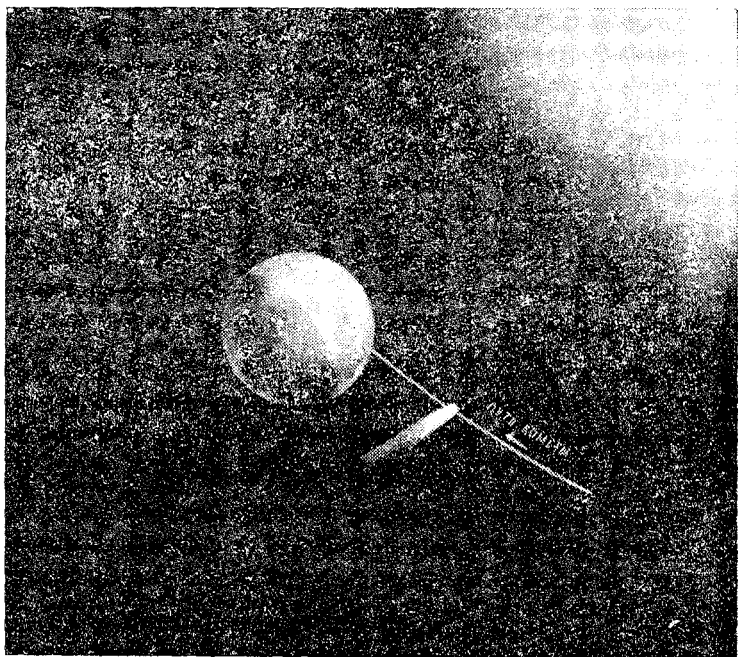


Рис. 33. Кометная гипотеза.

Благодаря быстрому движению в атмосфере ледяное ядро разогрелось и на некоторой высоте мгновенно испарилось (лед «вскипел»). Выделилось гигантское количество энергии, сравнимое с энергией ядерного взрыва.

Образовавшаяся круговая взрывная волна, вместе с отразившейся во все стороны от земли головной баллистической волной, и вызвала тот самый радиальный вывал леса, который в свое время был обнаружен Куликом. Воздействие баллистических волн на земную по-

верхиость продолжалось почти все время, пока метеорит летел над тайгой. Этим, быть может, объясняется необычно длинная запись сейсмографов Иркутской обсерватории, а также свидетельства очевидцев о многократно повторявшихся ударах.

Подобная гипотеза хорошо объясняет отсутствие ворошки и осколков: ведь метеорит был ледяным... В ее пользу говорит простота и, если так можно выразиться, естественность исходных предположений.

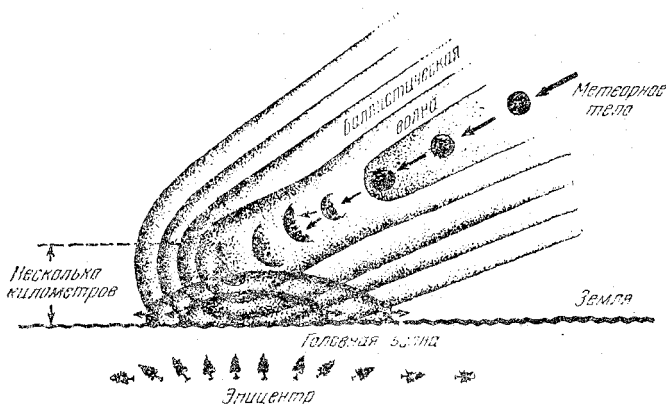


Рис. 34. Баллистическая волна.

Но, к сожалению, приходится признать, что «кометная» гипотеза все же не располагает настолько убедительными доказательствами, чтобы проблема могла считаться решенной.

В связи с этим получают право на существование и другие, менее вероятные, предположения.

Так, например, поднимается вопрос о возможном атомном характере тунгусского взрыва. История науки показывает, что после того как совершено какое-либо важное открытие, люди склонны «примеривать» его к объяснению всех непонятных явлений. Подобное стремление вполне естественно и не может вызывать каких-либо принципиальных возражений. Поэтому постановка вопроса об атомном взрыве в связи с тунгусской катастрофой вполне законна. Но если бы шестьдесят лет назад в сибирской тайге действительно произошел

атомный взрыв, он должен был бы оставить характерные следы. Пока что таких следов найти не удалось. Правда, в некоторых работах была обнаружена повышенная радиоактивность в годовых кольцах деревьев, относящихся к 1908 г. Однако нельзя с уверенностью утверждать, что эта радиоактивность имеет непосредственное отношение к Тунгусской катастрофе. Для такого вывода необходим гораздо более тщательный и в первую очередь радиохимический анализ различных образцов, доставленных из района взрыва.

Отсутствие удовлетворительных строго научных объяснений породило еще одно, «крайнее» предположение, которое связывает загадочный взрыв в сибирской тайге с аварией внепланетного космического корабля, приблизившегося к Земле.

В принципе подобное предположение, вообще говоря, не содержит в себе ничего антинаучного. Но, с другой стороны, его пока нельзя считать и полноправной научной гипотезой, поскольку до сегодняшнего дня не известно ни одного факта, который мог бы служить подтверждением подобной гипотезы. В настоящее время ее скорее можно отнести к области научной фантастики. Это, разумеется, не означает, что предположение, о котором идет речь, следует отбросить, так сказать, «с порога».

В то же время нельзя закрывать глаза и на то, что в данном случае делается попытка привлечь для объяснения Тунгусской катастрофы совершенно исключительное явление, которое еще никто и никогда за время истории человечества не наблюдал. Это обстоятельство требует особенно тщательного анализа всех известных фактов, скрупулезного «взвешивания» каждого из них, строгой объективности выводов. Смелость, оригинальность и увлекательность идеи вовсе не противопоказаны научному исследованию, но одних этих качеств еще недостаточно для обоснования научной гипотезы. И уж вовсе недопустимо, когда они заменяют собой действительно научные обоснования.

Вообще, надо сказать, что судьба тунгусской проблемы оказалась непохожей на судьбу большинства научных задач, которые время от времени возникают, обсуждаются, вызывая к себе больший или меньший интерес, и рано или поздно находят свое решение.

На этот раз интерес был всеобщим и жгучим, а споры, разгоревшиеся вокруг нее, приобрели чересчур острый характер и далеко вышли за пределы обычных споров о справедливости той или иной научной гипотезы.

Чем же объясняется столь обостренное внимание к Тунгусской катастрофе?

Вероятно, прежде всего масштабами явления, которые в 30-е годы, когда человечество еще не знало ни ядерных взрывов, ни сверхзвуковых скоростей, действительно выглядели необъяснимо грандиозными.

Но главную роль, бесспорно, сыграла абсолютная загадочность случившегося. Эта загадочность давала широкий простор полету фантазии, побуждала к самым невероятным предположениям.

Немалое значение имело и еще одно обстоятельство. Вряд ли возможна всеобщая дискуссия по какому-нибудь вопросу, скажем, ядерной физики. Даже в том случае, если этот вопрос имеет более важное значение, чем тунгусская загадка. Дискуссия в области ядерных проблем требует специальных знаний и это неизбежно автоматически ограничивает число ее участников. Проблема же тунгусского метеорита внешне выглядела довольно просто. Она представлялась большинству не сложной научной задачей, требующей тщательного и скрупулезного анализа мельчайших деталей, а скорее, чем-то вроде детективного происшествия, к которому можно отыскать ключ с помощью счастливой догадки. Именно эта иллюзия и подогревала страсти.

А тут еще масла в огонь подлили и писатели-фантасты. История Тунгусского метеорита стала непременным участником многих научно-фантастических романов, в том числе произведений таких известных представителей этого популярного жанра, как польский писатель С. Лем и советский писатель А. Казанцев.

На протяжении этой книги мы уже не раз обращались (и еще не раз обратимся) к примерам из области научной фантастики. Сопоставление фантастических идей с научными, бесспорно, интересно. Оно интересно хотя бы уже потому, что фантаст в своих предположениях гораздо свободнее, чем ученый. Его не связывают ни привычные взгляды, ни мнения авторитетов, ни даже открытые наукой закономерности природных явлений,

а ведь хорошо известно, что революции в науке обычно совершают именно «безумные» идеи. Если же добавить к этому, что многие современные писатели-фантасты являются одновременно и учеными или пришли в литературу из науки (И. Ефремов, А. Кларк, Ф. Хойл, А. Азимов и др.), то станет понятно, что к их голосу в чем-то не вредно и прислушаться.

Кларк как-то заметил, что становится опасно публиковать фантастические проекты в литературных произведениях и научно-популярных журналах. Через год-два их могут запатентовать и воплотить в жизнь другие. Это, разумеется, шутка, но в ней есть доля правды. И немалая.

Между прочим, справедливость требует отметить, что в истории с Тунгусским метеоритом идея воздушного взрыва впервые была высказана именно писателем-фантастом А. Казанцевым.

Характер повреждений в эпицентре недвусмысленно указывал на то, что взрыв произошел на некоторой высоте над поверхностью Земли. Но как мог метеорит взорваться в воздухе? В то время наука еще не знала ответа на этот вопрос, и потому ученые, естественно, воздерживались от высказываний вслух подобной гипотезы. Писатель мог вести себя смелее, ибо он вовсе не был обязан подводить под свою идею неопровержимый научный фундамент.

Слово было сказано, идея выдвинута, и это, бесспорно, сыграло известную психологическую роль, в какой-то степени, быть может, ускорив дальнейшие события.

Это лишний раз доказывает, что фантастика в определенных случаях может содействовать развитию науки. Но только при одном обязательном условии: «богу — богово, а кесарю — кесарево». Другими словами, необходимо всегда очень строго отграничивать фантастический вымысел от научных фактов. К сожалению, в истории с тунгусской катастрофой это не всегда делалось с должной последовательностью и принципиальностью...

Тунгусская катастрофа и сегодня продолжает волновать ученых. Ведь не исключена возможность, что здесь мы столкнулись с каким-то еще не известным человеку уникальным явлением природы. И пройти мимо него мы просто не имеем права. Поэтому изучение великой сибирской загадки будет продолжено, и очень может быть,

что в скором времени полувековая тайна, наконец, будет разгадана.

Любопытно, что, прочитав эти слова в первом варианте рукописи настоящей книги, один астроном заметил: «Интересно знать, что будут писать по этому поводу лет так через сорок-пятьдесят. Вероятно, то же самое, только без приставки полу-...».

Однако будем оптимистичнее. Тот высокий уровень, которого достигла современная наука в области изучения космических явлений и строения материи, позволяет рассчитывать на более быстрое решение загадочных проблем, возникающих перед человечеством, подобных загадке Тунгусского метеорита.

Тайна далекого прошлого

Много различных загадок есть у нашей планеты. Одни относятся к отдаленным эпохам, другие — к настоящему времени, часть из них связана с неорганической природой, часть с миром живых организмов. Но среди всех этих загадок есть одна общая. Это — тайна геологического прошлого Земли.

Как и все небесные тела, наша планета имеет свою историю. Под действием внутренних и внешних сил она постепенно меняла свой лик: росли и разрушались горы, появлялись со дна океана и погружались в водную пучину огромные острова, наступало и отступало море... Одним словом, Земля не всегда была такой, как в современную эпоху, у нее есть «прошлое», и знать это прошлое нам необходимо. Чтобы разобраться в закономерностях геофизических процессов и решить целый ряд важнейших практических задач, необходимо изучить не только современное состояние нашей планеты, но и те исторические процессы, которые к нему привели. Когда историки исследуют прошлое человеческого общества, они судят о событиях давным-давно минувших дней прежде всего на основании летописей, исторических документов, сохранившихся свидетельств очевидцев. Историк Земли гораздо труднее: у событий, которые его интересуют, не было очевидцев. Но ведь и о прошлом человечества не всегда рассказывают люди — свидетели исторических событий. Немалую помощь ученым оказы-

вают материалы археологических находок, неодушевленные следы минувшего. Они мертвы, но не безмолвны — надо только уметь заставить их говорить. Геологическое прошлое Земли тоже оставило свои следы, нужно только их найти и расшифровать. И один из путей проникновения в давным-давно минувшие времена — изучение истории земного магнетизма.

Современная наука установила, что географические полюсы Земли — Северный и Южный — не закреплены на месте, а путешествуют по поверхности нашей планеты. Например, Северный полюс медленно описывает сложную спиральную линию вокруг некоторого среднего положения, отклоняясь то в одну, то в другую сторону от него на несколько метров. Есть также данные, свидетельствующие о том, что Северный полюс имеет и еще одно — поступательное — движение. Где и когда располагались полюсы в прошлом, как они двигались? Все важные сведения на этот счет может принести изучение перемещений магнитных полюсов нашей планеты. Ведь согласно современным научным представлениям магнетизм Земли тесно связан с ее вращением вокруг собственной оси. Как показал советский геофизик Б. П. Тверской, в жидком ядре нашей планеты, вращающемся вместе с Землей, при условии наличия достаточной разности в температуре экваториальных и полярных областей возникает магнитное поле, ориентированное вдоль оси вращения. Таким образом, близкое расположение географических и магнитных полюсов не является случайным. Следовательно, и их перемещения в прошлом также носили совместный характер.

Изучение истории полюсов может пролить яркий свет не только на магнитное прошлое Земли, но и на происходившие геологические изменения. Этими проблемами и занимается молодой раздел современной геофизики, изучающий так называемый палеомагнетизм.

Несколько лет назад было обнаружено, что многие горные породы, из которых состоит земная кора, обладают остаточным магнетизмом. Его возникновение относится к тем временам, когда эти породы, изверженные из земных недр, находились в разогретом состоянии. Под действием земного магнитного поля происходило их намагничивание. При остывании направление этого поля как бы закрепляется в веществе и впоследствии может

быть обнаружено. Следы магнитного поля Земли хранятся и в осадочных породах.

Когда мелкие зерна магнитных пород оседают на дно водоемов, они ведут себя словно маленькие магнитные стрелки и ориентируются в соответствии с направлением земного магнитного поля в данном месте.

Наряду с палеомагнитными, возможны и так называемые археомагнитные исследования, т. е. изучение остаточного магнетизма в различных изделиях человеческих рук, относящихся к разным эпохам: в глинобитных печах и очагах, в кирпиче и черепице, из которых сложены древние постройки, в керамической посуде. Во время изготовления подобных изделий магнитные минералы, входящие в состав любой глины, при охлаждении изделия после обжига намагничивались и как бы «замораживались» в определенном состоянии, отвечающем направлению земного магнитного поля.

С другой стороны, в распоряжении ученых имеется целый ряд методов, позволяющих достаточно надежно определять возраст тех или иных земных пород или старинных изделий. Сопоставляя эти данные между собой, можно установить, какое направление в том или ином районе нашей планеты имело земное магнитное поле в определенные исторические эпохи.

В частности, сопоставление палеомагнитных данных для Сибирской платформы с данными палеоклиматологии показало также, что и в древние времена направление земного магнитного поля совпадало с направлением оси вращения Земли. Тем самым связь магнитных свойств нашей планеты с ее суточным вращением получает независимое подтверждение.

В то же время общий анализ имеющихся в распоряжении ученых данных свидетельствует о том, что в разные геологические эпохи земные магнитные полюса располагались в различных точках земной поверхности. Таким образом, подтверждается предположение ряда ученых о том, что в истории нашей планеты имело место смещение тепловых поясов и климатических зон.

Наряду с этим анализ полученных результатов привел ученых к некоторым выводам, которые пока еще носят дискуссионный характер.

Методика определения расположения магнитных полюсов по палеомагнитным исследованиям несколько

напоминает принцип радиопеленгации. Анализ магнитных свойств горных пород позволяет установить направление магнитного поля Земли для соответствующей исторической эпохи, т. е. направление на магнитный полюс. Точка пересечения таких направлений, найденных для двух различных пунктов земной поверхности, и укажет местонахождение магнитного полюса.

Однако сопоставление палеомагнитных данных, относящихся к Сибирской и Европейской платформам, обнаружило значительные расхождения. Соответствующие точки магнитных полюсов оказались расположенными в совершенно различных районах земного шара. Подобные же расхождения обнаруживаются и для палеомагнитных данных, относящихся к другим районам Земли.

Как можно объяснить такие несовпадения?

Известно, что в некоторых областях имеются так называемые магнитные аномалии. Всем знакома, например, Курская магнитная аномалия. В районах аномалий стрелка компаса отклоняется от обычного направления. Это означает, что ориентировка местного магнитного поля здесь отличается от ориентировки общего земного поля.

Быть может, расхождение палеомагнитных данных по Сибирской и Европейской платформам, о котором шла речь выше, и объясняется как раз тем, что в прошлом в одном из этих районов существовала крупная магнитная аномалия? Однако расчеты показывают, что такая аномалия должна была бы иметь огромную протяженность, по крайней мере в полторы тысячи километров, что весьма маловероятно.

Но существует и другое объяснение. В свое время немецкий ученый Вегенер выдвинул гипотезу о том, что материи не «стоят на месте», а медленно перемещаются, вследствие чего их взаимное расположение и ориентировка с течением времени постепенно меняется. Движение это настолько медленное, что обнаружить его современными средствами наблюдений не представляется возможным. Но палеомагнитные данные, относящиеся к отдаленным эпохам, должны были бы отразить подобные перемещения. В частности, расхождения данных по Европейской и Сибирской платформам могли бы получить естественное объяснение, если бы в прошлом, в период, к которому относятся палеомагнитные измерения,

произошло постепенное сближение этих платформ примерно на 4 тыс. км. Любопытно, что в свое время академик Обручев отмечал, что район Урала, расположенный между обоими платформами, представляет собой своеобразную гармошку, образовавшуюся в результате поперечного сжатия. Если бы эта гармошка расправилась, Европейская и Сибирская платформы отошли бы друг от друга как раз на 4 тыс. км.

Однако подобная гипотеза встречает целый ряд возражений, и в этой области палеомагнитологам предстоит еще немало поработать.

Расшифровка палеомагнитных данных приводит еще к одному любопытному предположению, согласно которому в древности наша Земля имела несколько иные размеры, чем в современную эпоху. Предварительные расчеты показывают, что со времени палеозойской эры радиус Земли увеличился на 15%. Однако этот результат также является дискуссионным.

Палеомагнетизм — новое направление научных исследований, позволяющее заглянуть в далекое прошлое нашей планеты. Поэтому работы, которые ведутся в этой области, имеют чрезвычайно важное значение.

Итак, наш космический дом — Земля — хранит еще немало тайн. Их познание сулит человеку немалые перспективы, заманчивые возможности. Но, по существу, развернутое наступление на Землю только начинается. Проведен Международный геофизический год, осуществлены согласованные международные исследования по программе года спокойного Солнца. Ведется подготовка к глубокому бурению земных недр. И можно надеяться, что уже в недалеком будущем наша планета начнет раскрывать перед человеком свои самые сокровенные тайны, как их уже начал раскрывать космос.

Космос на Земле

В мире космических энергий

Осуществление космических полетов открыло современной науке непосредственный доступ в лабораторию Вселенной. Появилась возможность доставлять разнообразную измерительную аппаратуру и приборы в различные точки космического пространства и вести прямое наблюдение за многими процессами, протекающими во Вселенной.

В то же время продолжают совершенствоваться и достигли весьма значительного прогресса способы исследования космических объектов с Земли, т. е. астрономические методы.

Но наряду с этим все большее развитие получает еще один оригинальный способ изучения явлений, происходящих в космосе — так называемый метод моделирования, т. е. искусственного воспроизведения космических процессов в условиях земных лабораторий.

Одними из первых подобным моделированием занялись физики — исследователи строения вещества. Для того чтобы исследовать атомные ядра и элементарные частицы, их необходимо подвергать бомбардировке частицами высоких энергий. На первых порах такими снарядами «ядерной артиллерии» физикам служили космические лучи. Однако при ядерных исследованиях с помощью космических лучей приходится в значительной степени рассчитывать на счастливые случайности. Дело в том, что частицы достаточно высоких энергий, способные вызвать необходимые эффекты, встречаются в космическом излучении не так уж часто и тем более не часто им удается пробиваться сквозь толщу земной атмосферы.

Чтобы преодолеть это затруднение, физики стали создавать искусственные ускорители частиц, в которых в миниатюре воспроизводились процессы, «разгоняющие» частицы в просторах Вселенной. С тех пор, как был построен первый ускоритель — циклотрон, в котором ядра атомов водорода — протоны разгонялись по спирали в поле мощного электромагнита до энергии, равной 1,2 млн. электрон-вольт (1,2 Мэв), прошло более 30 лет. За это время мощь ускорителей во много раз возросла.

Разработанная советским ученым академиком В. И. Векслером идея, согласно которой частицы должны сами управлять разгоняющим их электрическим полем, так называемый «принцип автофазировки», позволила сконструировать и построить протонный ускоритель — синхрофазотрон в г. Дубне, способный разгонять частицы до энергии, равной 10 000 Мэв (10 Бэв).

Вскоре был сделан еще один важный шаг. Физики пришли к выводу, что, изменяя особым образом конструкцию магнитов синхрофазотрона, можно не только значительно уменьшить их вес, но и достичь еще более высоких энергий. На этом принципе — принципе «жесткой фокусировки» — будет основан новый советский ускоритель, который сооружается вблизи г. Серпухова. Серпуховский ускоритель даст частицы рекордных энергий, достигающих 70 000 Мэв (70 Бэв).

В Радиотехническом институте под руководством академика А. Минца разработан проект «кибернетического» ускорителя с автоматическим регулированием всех систем. Этот ускоритель должен разгонять частицы до еще невиданных энергий, достигающих 1000 тысяч Мэв (1000 Бэв).

За последние годы выдвинут и ряд принципиально новых идей по технике ускорения частиц. Одна из них — это ускоритель «на встречных пучках», когда «ядро» и «мишень» выстреливаются навстречу друг другу и сталкиваются с колоссальной силой. Советский ученый, академик Будкер выдвинул очень интересное и заманчивое предложение заменить в ускорителях громоздкие магниты шнуром раскаленной плазмы. Таким путем ученый предлагает как бы повторить в уменьшенных масштабах процессы, протекающие в космических туманностях.

Появились и первые проекты создания ускорителей на искусственных спутниках Земли. Одно из главных

достоинств таких ускорителей состоит в том, что отпадает необходимость создавать и поддерживать для их работы вакуум — его в космосе предоставляет сама природа.

Увеличение энергии ускорителей позволяет зондировать все меньшие и меньшие области пространства, а следовательно, раскрывать все более глубокие тайны строения материи. Современная экспериментальная физика уже вплотную приблизилась к изучению явлений, происходящих в пространственно-временных областях порядка 10^{-15} см и 10^{-25} сек. В частности, дубнейский ускоритель позволяет исследовать пространственно-временные интервалы до 10^{-14} см и $3 \cdot 10^{-25}$ сек. Серпуховский ускоритель расширит эти возможности до $3,5 \cdot 10^{-15}$ см и 10^{-25} сек. Однако создание единой стройной теории элементарных частиц, объясняющей их происхождение и их свойства, видимо, потребует проникновения в области порядка 10^{-15} см — 10^{-17} см. А для этого необходимы ускорители, способные разгонять частицы до энергий в несколько сотен тысяч мегаэлектрон-вольт.

Возможны, правда, некоторые косвенные методы, которые уже при современном уровне экспериментальной техники позволяют «заглядывать» в ультрамалые области. Основная идея подобных методов заключается в том, чтобы о явлениях, происходящих в субатомных областях, судить по их влиянию на процессы такого масштаба, которые уже поддаются непосредственным наблюдениям.

Но, разумеется, прямое исследование все же предпочтительнее: оно дает более надежные результаты и позволяет получать большее количество информации.

Небесные тела на Земле

Если искусственное воспроизведение ускорительных процессов имеет своей целью облегчить проникновение в тайны строения материи, то в ряде случаев моделирование астрономических явлений должно способствовать более глубокому изучению самих этих явлений.

... Специальное сложное устройство один за другим разгоняло небольшие стальные шарики и метало их в массивную металлическую мишень. С огромной, почти космической скоростью, достигающей семи с половиной километров в секунду, шарики врезались в металл. В это время за ними внимательно следил глаз кинокамеры,

производящей сверхскоростную съемку. На множестве маленьких кинокадров можно было проследить, что происходит с веществом мишени в месте удара.

Эти необычные опыты проводились в лаборатории американского ученого Чартерса. Может быть, это были испытания новейшего сверхтвердого металла или специальной брони, предназначенной для создания неуязвимого танка?

Нет, опыты, о которых идет речь, носили совершенно мирный характер. И если ученых интересовали удары быстро мчащихся тел о преграду, то это были удары метеоритов о поверхность Луны. Около двух третей обращенной к Земле стороны Луны покрыто горами и горными хребтами. Среди них особенно выделяются своим необычным видом кольцеобразные горы — кратеры, или цирки, отдаленно напоминающие кратеры земных вулканов, но обладающие гораздо большими размерами. Некоторые из них достигают сотен километров в поперечнике.

Многие ученые связывают образование кольцевых гор с былой вулканической деятельностью на Луне, которая в отдаленном прошлом могла достигать весьма значительных масштабов. Другие придерживаются метеоритной гипотезы. Кто из них прав?

Для ответа на этот вопрос и понадобились опыты с «бомбардировкой» мишени стальными шариками. Было обнаружено, что в момент удара вещество мишени как бы «растекается» во все стороны, образуя круглую воронку. Таким образом, удар гигантского метеорита, с огромной скоростью врезающегося в незащищенную атмосферой поверхность Луны, может привести к заметному сдвигу почвы в радиальных направлениях, а это в свою очередь способно вызвать образование вала.

Действительно, по своему внешнему виду многие лунные кратеры напоминают взрывные воронки. Однако есть одно «но». Дело в том, что внутри многих кольцевых кратеров имеются центральные горки, напоминающие по своему виду маленькие сопки.

Существенную роль играет моделирование также и при изучении состава и строения пород, из которых сложена лунная поверхность. На протяжении ряда лет такие исследования проводились в лаборатории

планетной астрономии при обсерватории Ленинградского университета под руководством В. В. Шаронова.

Основная идея этих исследований состояла в том, чтобы найти такие земные породы, у которых оптические свойства были бы наиболее близки к оптическим свойствам лунного грунта.

В ходе этих экспериментов изучались сотни различных образцов, в том числе и образцы вулканической лавы, пепла и шлаков, специально собранные астрономами на Камчатке и Курильских островах.

В результате многочисленных опытов в лаборатории Шаронова было искусственным путем создано «лунное вещество», т. е. такой образец, который отражал солнечный свет точно так же, как его отражает поверхность нашего естественного спутника. Это был темный пористый материал, способный выдержать значительное давление. Наблюдения, проведенные с помощью советских космических станций «Луна 9» и «Луна 13», показали, что выводы ленинградских астрономов хорошо согласуются с действительностью.

Исходя из того, что горообразовательные процессы на Луне протекали в условиях безвоздушного космического пространства, американские ученые поставили интересные эксперименты в вакуумных камерах.

Моделировался процесс выливания лавы в вакуум. Для этого в камеру выплескивались расплавленные образцы горных пород, содержащих кремний. При этом образовывалась пышная губчатая структура. Она отражала свет так же, как и вещество лунной поверхности, но, в отличие от него, имела белый цвет.

Интересные лабораторные опыты проводились и для уточнения теоретических предположений о химическом составе лунной почвы. Ученые считают, что на формировании лунного грунта должна, вероятно, сказываться бомбардировка лунной поверхности различными атомными частицами, в том числе протонами. Расчеты показывают, что на каждый квадратный сантиметр поверхности Луны каждую секунду попадает несколько десятков миллиардов подобных частиц. В результате такой бомбардировки многие атомы веществ, составляющих лунную почву, могут оказаться выбитыми из нее и получить при этом настолько большие скорости, что не смогут вернуться обратно. Чаще всего это, очевидно,

должно происходить с более легкими атомами. Поэтому в результате атомной бомбардировки, вероятно, имеет место обогащение поверхности Луны тяжелыми элементами.

Чтобы проверить это предположение, американскими исследователями был проведен специальный лабораторный эксперимент с помощью ускорителя атомных частиц. Поток частиц направили на материал, сходный по химическому составу с веществом лунной почвы. Интенсивность потока была так велика, что в течение одного часа лабораторной обработки на вещество попадало столько же частиц, сколько на лунное вещество за 6 тыс. лет. Результат опыта подтвердил, что поверхностный слой Луны должен постепенно терять легкие химические элементы.

Еще одна модель Луны, но на этот раз с несколько иной целью, была создана советскими учеными при исследовании лунного радиоизлучения.

В одном из районов Крымского побережья на высокой скале устанавливался черный диск около пяти метров в поперечнике. Этот диск «искусственная Луна» служил своеобразным эталоном радиоизлучения. Сравнивая с ним радиоизлучение настоящей Луны, советским ученым удалось добиться точности измерений в десять раз более высокой, чем обычно.

Одной из самых увлекательных проблем науки, которая вот уже на протяжении многих десятилетий волнует ученых, является проблема жизни на Марсе. Но поскольку даже в моменты наибольшего сближения расстояние между Землей и Марсом составляет около 60 млн. км, то окончательных доказательств наличия на Марсе хотя бы растительного покрова до сих пор обнаружить не удалось.

Однако помимо непосредственного изучения Марса существует еще один путь. Он состоит в том, чтобы создать в лаборатории физические условия, близкие к марсианским, и выяснить, способны ли в этих условиях существовать и развиваться земные живые организмы.

В частности, в лабораторных условиях искусственным путем удастся создавать вакуум, равный 10^{-10} — 10^{-11} мм ртутного столба. Хотя это еще довольно далеко от космического вакуума, который достигает 10^{-16} мм ртутного столба, изучение воздействия подобных

условий на различные микроорганизмы представляет большой интерес. Многочисленные опыты показали, что споры многих бактерий даже в такой неблагоприятной обстановке остаются живыми. В свое время был также поставлен ряд опытов, в которых микроорганизмы подвергались воздействию высоких и низких температур, ультрафиолетовой радиации и т. п., и многие бактерии стойко переносили подобные воздействия.

Однако в опытах такого рода испытывалось влияние на микроорганизмы лишь какого-то одного фактора. Между тем наибольший интерес представляет их совокупное воздействие.

Специальная установка, с помощью которой можно решить эту задачу, «искусственный Марс», создана в Институте микробиологии АН СССР.

В специальной камере за прозрачным стеклом имитируются условия Марса. Здесь, в соответствии с астрономическими данными, воссоздается марсианский климат, а также те изменения, которые происходят в течение суток на поверхности планеты. Учтены температура, давление, влажность, газовый состав атмосферы, характер ультрафиолетовой радиации и другие условия Марса.

Если на тинистенной красноватой планете действительно существует жизнь, то там непременно происходит круговорот органического вещества. А этот круговорот невозможен без участия микроорганизмов — различных микробов и бактерий. Поэтому первоочередная задача, которую поставили перед собой ученые, — выяснить, могут ли земные микроорганизмы, и если могут, то при каких обстоятельствах, приспособиться к марсианским условиям.

Уже первые наблюдения принесли интересные результаты. В частности, оказалось, что окрашенные микроорганизмы лучше переносят марсианский климат. Имеющийся у них пигмент защищает от губительного воздействия ультрафиолетовых лучей. В связи с этим не исключена возможность, что наблюдаемые на Марсе изменения окраски каким-то образом связаны с жизнедеятельностью микроорганизмов.

В ряде зарубежных лабораторий имитировался не только марсианский климат, но и физические условия на других планетах, в частности на Юпитере. Например, американские ученые ставили такой опыт. Герме-

тическая камера заполнялась смесью метана, водорода и аммиака. В камере поддерживалось атмосферное давление и температура в пределах 22—24°С. Внутренность камеры освещалась тусклым светом, едва пробивавшимся сквозь толстые стеклянные стенки. По мнению исследователей, в газовой оболочке Юпитера имеются слои со сходными условиями. Затем в камеру помещались так называемые ксерофиты: лишайники, кактусы и другие растения, способные существовать на весьма жестком водном «пайке». После длительного пребывания в необычных условиях, иногда продолжавшегося до двух месяцев, растения извлекались из камеры и подвергались тщательному микроскопическому исследованию. Оказалось, что многие виды бактерий, обитающих на поверхности растений, не только выживали в суровых условиях, но даже продолжали размножаться.

Это свидетельствует о том, что микроскопическая и растительная жизнь может оказаться значительно более распространенной в космосе, чем мы этого ожидаем.

Дальнейшие наблюдения на всевозможных установках, моделирующих космические условия, возможно, помогут пролить свет на многие вопросы, связанные с проблемой существования жизни на таинственной планете.

В последние годы моделирование космических условий в лабораториях все чаще применяется и при подготовке к новым полетам.

В частности, именно таким способом испытывалась советская космическая станция «Венера 4», а во время полета станции к Венере точная копия «Венеры 4» находилась в специальной барокамере, где поддерживался высокий вакуум. С одной стороны двойник разогревался специальными лампами, имитирующими солнечное излучение, а с другой стороны охлаждался особым экраном.

Когда по ходу полета основной станции возникали какие-либо неясности, сложившаяся ситуация моделировалась на двойнике в барокамере.

На службе — взрыв

Весной 1952 г. на один из советских полигонов было доставлено необычное взрывное устройство. Ученые, производившие эксперимент, расположились у измерительных приборов в специальном защитном блиндаже.

И вот — взрыв. Сверкнуло ослепительное пламя, и опытная установка разлетелась на части...

На протяжении длительного времени взрыв был только орудием разрушения. Но со временем ему стали поручать и созидательную работу: например, направленный выброс грунта при строительных работах, штамповку деталей и даже изготовление химических полимеров. В том случае, о котором идет речь, взрыв также выполнял мирное задание. Физики решили использовать его для получения сверхсильных магнитных полей.

Сильные магнитные поля нужны во многих областях современной физики. Они необходимы для создания мощных ускорителей заряженных частиц, для исследований в физике высоких энергий и физике твердого тела. Необходимы они и для моделирования многих космических процессов.

Подобно тому как применение мощных телескопов позволяет различать все более и более мелкие детали на поверхности небесных тел, так использование сильных магнитных полей даст возможность вскрывать все более глубокие особенности строения материи, природе разнообразных явлений, происходящих во Вселенной.

Как известно, наиболее распространенным способом получения магнитных полей является пропускание электрического тока через катушку с железным сердечником. Таким методом удается получать магнитные поля в несколько десятков тысяч гауссов ($гс$). Для сравнения можно сказать, что величина магнитного поля нашей планеты составляет около половины гаусса, а магнитные поля, существующие в окрестностях атомных ядер, превосходят миллион гауссов.

Применение так называемых сверхпроводящих материалов при низких температурах, близких к абсолютному нулю, позволяет создавать магнитные поля порядка 100 тыс. $гс$. Наконец, использование импульсной техники, когда ток пропускается через катушку лишь на протяжении коротких промежутков времени, приводит к еще более сильным полям. Уже в первом опыте такого рода, осуществленном в 1924 г. советским физиком П. Л. Капицей, удалось получить магнитное поле в 500 тыс. $гс$, а в настоящее время подобным методом

в лабораторных условиях создаются поля порядка 750 тыс. гс.

В 1952 г. коллективом советских ученых под руководством академика А. Сахарова и независимо советским физиком-теоретиком профессором Я. П. Терлецким был предложен принципиально новый метод получения сверхсильных магнитных полей с помощью взрыва.

Для этой цели группой академика Сахарова было сконструировано специальное устройство для сжатия, или кумуляции, магнитного потока с помощью взрыва. Это устройство получило название «магнитокумулятивного генератора», или «МК-генератора».

Принцип его действия состоит в следующем. Внутри обмотки, по которой протекает электрический ток, помещен полый металлический цилиндр. При включении тока в цилиндре создается «начальное» магнитное поле. Вдоль всей внешней поверхности цилиндра размещается заряд взрывчатого вещества, который с помощью специального электрического устройства подрывается с таким расчетом, чтобы возникала сходящаяся цилиндрическая ударная волна, сжимающая металлический цилиндр. Подрыв производится как раз в тот момент, когда электрический ток в обмотке достигает максимального значения.

В результате взрыва происходит мгновенное сжатие цилиндра со скоростью, превосходящей 1 км/сек. При этом сжимаются и пронизывающие его магнитные силовые линии. В результате такой операции сжатия в принципе можно достичь очень больших значений магнитной напряженности, и уже в первых опытах начальное поле в 30 тыс. гс было увеличено до 1 млн. гс, т. е. в несколько десятков раз.

В настоящее время советскими учеными сконструированы МК-генераторы самых разнообразных размеров и мощностей, позволяющие решать разнообразные научные задачи.

Были также испытаны своеобразные «батареи» МК-генераторов. Это позволило получить рекордное значение магнитного поля, равное 25 млн. гс. Столь мощных магнитных полей физика еще не знала.

Как уже было отмечено выше, магнитное поле способно оказывать давление на преграду, сквозь которую оно не может проникнуть. Если поместить в сильное

магнитное поле руку, мы ничего не почувствуем, так как оно свободно проникает сквозь тело. Но магнитное поле, возникающее, например, в катушке с током, не может выйти наружу и поэтому создает давление, направленное от оси катушки и способное даже разорвать ее.

В рекордном опыте, о котором шла речь, давление полученного в МК-генераторе магнитного поля достигло поистине чудовищной величины: 25 млн. кг на один квадратный сантиметр. Это в 25 млн. раз больше нормального атмосферного давления у поверхности Земли и приблизительно в 10 раз больше, чем давление в центральной части нашей планеты. Таким образом, открываются заманчивые перспективы изучения свойств вещества при давлениях, существующих в недрах различных небесных тел.

Высокое магнитное давление, получаемое с помощью МК-генераторов, советские ученые решили также использовать для метания металлических тел с космическими скоростями. Подобные эксперименты представляют собой огромный интерес, с одной стороны, для моделирования микрометеоритов, а с другой, — для изучения физических процессов при сверхвысоких давлениях. Подобные давления как раз и могут быть получены при ударах быстро летящих тел о твердые преграды.

Была создана специальная взрывомагнитная установка для метания алюминиевого кольца, которое выбрасывалось с колоссальной скоростью, достигающей 100 км/сек. Тело, обладающее такой скоростью, могло бы не только преодолеть земное притяжение, но и покинуть пределы солнечной системы.

Однако наиболее перспективно применение взрывомагнитных генераторов для создания сверхмощных ускорителей элементарных частиц. В принципе, с помощью взрыва можно создать такие магнитные поля, которые могли бы разгонять ядра атомов водорода — протоны до энергий, в десятки раз превосходящих энергии частиц в самых мощных современных ускорителях. Разумеется, для этого понадобился бы уже не обычный взрыв, а по крайней мере взрыв термоядерного заряда средней мощности. Это в свою очередь потребовало бы создания специальной подземной установки, гарантирующей от выброса радиоактивных продуктов на поверхность.

На первый взгляд может показаться, что создание подобного устройства вряд ли оправдывает себя, поскольку оно может быть использовано всего один раз. Однако предварительные расчеты показывают, что взрывомagnetные ускорители большой мощности позволяют получить за один опыт большое количество ценнейшей научной информации. В то же время подобные эксперименты потребуют значительно меньших затрат, чем строительство сверхмощных постоянно действующих ускорителей.

Все это свидетельствует о том, что мы присутствуем при рождении новой главы современной физики и астрономии — физики взрывомagnetных процессов.

Гипотезы, родившиеся в лабораториях

До сих пор мы говорили о воспроизведении и моделировании в земных лабораториях явлений, наблюдавшихся в космосе.

Но бывает и так, что события развиваются обратным порядком. Результаты исследований, осуществляемых в земных условиях, открывают возможность более глубокого проникновения в закономерности космических процессов.

Еще в 1958 г. член-корр. АН СССР Р. Г. Сагдеев разработал теорию распространения ударных волн в разреженной плазме. Казалось бы, что в разреженной плазме, где длина свободного пробега частиц велика, а их парные столкновения друг с другом происходят очень редко и практически не играют почти никакой роли, ударная волна вообще возникнуть не может.

Однако из расчетов Сагдеева следовало, что и в разреженной плазме ударные волны все же могут распространяться. Это объясняется тем, что плазма состоит из электрически заряженных частиц, обладающих собственными электрическими и магнитными полями и чутко реагирующих даже на очень слабые электрические и магнитные воздействия. Благодаря этому разреженная плазма обладает своеобразной электромагнитной «упругостью». И ударная волна возникает в ней не за счет передачи столкновений от одних частиц к другим, а за счет распространения электромагнитных воздействий.

Сагдеев разрабатывал свою теорию в связи с практическими задачами ядерной физики. Однако предсказан-

ные ею явления были обнаружены и в космосе. Ракетные исследования показали, что в межпланетном пространстве, которое как раз и заполнено разреженной плазмой, при определенных обстоятельствах действительно возникают ударные волны, открытые Сагдеевым. Это происходит при вспышках на Солнце, сопровождающихся мощными всплесками магнитного поля. Теория подтвердилась не только качественно, но и количественно. Наблюдаемые ширина фронта космической ударной волны и скорость нарастания магнитных возмущений вблизи Земли хорошо совпали с расчетными.

Вряд ли сейчас найдется человек, который не слышал бы о лазерах и мазерах — приборах, способных «перерабатывать» высшую энергию в энергию чрезвычайно мощного электромагнитного излучения со строго определенной длиной волны. Наряду с первыми кристаллическими лазерами в настоящее время создан целый ряд типов газовых лазеров и мазеров, в которых процесс возбуждения и «разрядки» атомов совершается в газовой среде...

На первый взгляд лазеры и мазеры — искусственные устройства, созданные в земных лабораториях, не могут иметь никакого отношения к космическим процессам. Однако недавно газовые мазеры были обнаружены и в космосе. И создали их не таинственные разумные обитатели других миров (хотя, справедливости ради, следует отметить, что некоторые исследователи высказывают и такое предположение), а сама природа.

В космических туманностях и в межзвездном пространстве имеется заметное количество молекул гидроксила OH , т. е. молекул, состоящих из двух атомов: атома кислорода и атома водорода. Такие молекулы должны излучать радиоволны вполне определенной длины — около 18 см. Однако когда радиоастрономы стали исследовать это излучение с помощью радиотелескопов, то на месте радиолиний OH они обнаружили весьма странные линии с неожиданными свойствами. Свойства эти были столь необычны и непонятны, что неизвестные космические объекты, служащие источниками загадочного излучения, было предложено даже назвать «мистернумом».

Однако дальнейшие наблюдения показали, что ничего таинственного в странном излучении нет. Оно порож-

дается теми же молекулами ОН, но только эти молекулы находятся в возбужденном состоянии. Источником этого возбуждения служит свет соседних звезд. А характер происходящих при этом физических процессов такой же, как в газовых мазерах.

Дальнейшее изучение явления «мистериума» привело астрономов к выводу о том, что источниками необычного радиоизлучения линий ОН являются сравнительно небольшие компактные газовые образования, значительно превосходящие по своей плотности плотность межзвездного газа.

Однако свойства этих естественных космических мазеров до сих пор во многом остаются загадочными. Имеющиеся в распоряжении ученых данные свидетельствуют о том, что источники «мистериума» не обычные конденсации межзвездной среды, а какие-то особые образования.

В 1966 г. член-корр. АН СССР И. С. Шкловский высказал оригинальное предположение о том, что источники «мистериума» представляют собой не что иное, как молодые звезды, находящиеся в стадии своего образования за счет конденсации межзвездной среды.

С другой стороны, не исключена возможность, что системы конденсаций, о которых идет речь, образовались в результате космических взрывов и разлета вещества сгустков сверхплотной материи.

Окончательное раскрытие загадки «мистериума» дело будущего. Но огромный интерес представляет уже то обстоятельство, что лабораторные исследования физиков в области создания лазеров и мазеров позволили понять физическую природу сложного космического процесса и установить, что в космическом пространстве существуют естественные газовые мазеры.

Еще один пример использования результатов лабораторных исследований для объяснения космических процессов относится к области физической химии. Около десяти лет назад советские химики, изучая закономерности выпадения твердой фазы из растворов, обратили внимание на одно любопытное обстоятельство. Оказалось, что процесс образования в растворе твердых частиц обязательно проходит через стадию возникновения аморфных шариков, которые уже затем постепенно кристаллизуются. Дальнейшие исследования показали, что промежуточная стадия аморфных шариков характерна

для весьма широкого класса растворов. Более того, подобные шарики возникают не только в жидких растворах, но и в ряде случаев при образовании пылевой составляющей из газовой фазы.

Советские ученые Б. Ю. Левин и Г. Л. Слонимский сопоставили это открытие с одним космическим явлением, которое до сих пор не получило удовлетворительного объяснения. Дело в том, что существует целый класс метеоритов (так называемые углистые хондриты), которые в значительной степени как раз состоят из аморфных силикатных шариков. Вопрос о происхождении углистых хондритов считается одной из ключевых проблем современной планетной космогонии.

Ряд астрономов придерживается мнения о «горячем происхождении» таких метеоритов. Однако для этого требуются высокие температуры и давления. Где в солнечной системе могли складываться подобные условия, пока не ясно. Кроме того, «горячая» гипотеза сталкивается и с некоторыми другими трудностями.

Но все эти трудности могут быть преодолены, если предположить, как это сделали Левин и Слонимский, что аморфные силикатные шарики, имеющиеся в хондритах, образовались «холодным» путем, при формировании метеоритов из того первоначального облака, из которого, согласно современным представлениям, возникла вся наша солнечная система. Затем постепенно шел процесс кристаллизации шариков, который еще не завершился.

Поскольку скорость кристаллизации шариков в зависимости от температуры известна из лабораторных наблюдений, то по процентному отношению аморфного и кристаллического вещества в составе хондритов можно оценить их возраст. Полученные оценки согласуются с существующими оценками возраста солнечной системы.

Между прочим, механизм, о котором идет речь, позволяет высказать интересное предположение относительно образования пылевой части того допланетного облака, которое дало «жизнь» планетам солнечной системы. Не исключена возможность, что первоначально облако было газоподобным (в нем могли присутствовать не только атомы, но и осколки атомов, ионы и осколки молекул — свободные радикалы, а затем из него в результате соударений и объединения газовых молекул выделилась пылевая составляющая.

В связи с «холодной» гипотезой образования хондритов возникает еще один интересный вопрос. Как известно, существуют метеориты силикатные и метеориты железные. Но никто никогда не наблюдал силикатно-железного метеорита. Следовательно, если «холодная» гипотеза верна, то возникавшие в допланетном облаке силикатные и железные аморфные шарики, сталкиваясь друг с другом, не должны были слипаться.

Очевидно, для того, чтобы проверить это предположение, необходим эксперимент. Однако до сравнительно недавнего времени подобный эксперимент нельзя было поставить в лабораторных условиях, так как мы не умели создавать космический вакуум. Теперь трудность преодолена. Физики научились получать вакуум, если и не космический, то во всяком случае близкий к нему. Этого можно достичь, например, таким путем.

Из герметического сосуда с помощью специальных вакуумных насосов откачивают воздух до высокой степени разрежения. Но это еще не космический вакуум. Чтобы достичь его, применяют так называемый криогенный способ. По специальным ребристым трубам, напоминающим радиаторы парового отопления, пропускают жидкий водород или гелий. Температура труб понижается настолько, что оставшийся в камере воздух замерзает и оседает на ребрах в виде инея.

В подобной камере и нужно было бы поставить, примерно, такой опыт. На стеклянную или какую-либо другую силикатную пластинку направить пучок атомов железа и проверить, будут ли они прилипать к поверхности пластинки. Если слипание будет происходить при любой температуре, то это обстоятельство окажется серьезным свидетельством против «холодной» гипотезы — ведь в таком случае силикатно-железные метеориты обязательно должны были бы существовать. Но если бы оказалось, что слипание не имеет места или происходит только в определенном интервале температур, то «холодная» гипотеза получила бы хорошее подтверждение. Более того, подобным способом можно было бы приблизительно оценить, какова была температура в допланетном облаке.

Вселенная

Модели Вселенной

Вселенная — это все существующее. От мельчайших пылинки и атомов до огромных скоплений вещества — звездных миров и звездных систем. Поэтому не будет ошибкой сказать, что любая наука так или иначе изучает Вселенную, точнее, те или иные ее стороны. Химия изучает мир молекул, физика — мир атомов и элементарных частиц, биология — явления живой природы. Но существует научная дисциплина, объектом исследования которой служит сама Вселенная или, как принято говорить, «Вселенная как целое». Это — особая отрасль астрономии, так называемая космология.

Космологию можно определить как физическое учение о Вселенной в целом, включающее в себя теорию всей охваченной астрономическими наблюдениями области, как части Вселенной.

Кстати сказать, не следует смешивать понятия Вселенной в целом и «наблюдаемой», или «видимой» Вселенной. Во втором случае речь идет лишь о той ограниченной области пространства, которая доступна современным методам научного исследования. И когда астрономы или физики произносят фразы вроде: «происхождение Вселенной» или «границы Вселенной», то они, как правило, имеют в виду именно наблюдаемую Вселенную, а не Вселенную в целом.

Не будет преувеличением сказать, что Вселенная в целом — один из самых сложных объектов научного исследования (если не самый сложный). Это объясняется не только неограниченными масштабами Вселенной в целом, но и тем, что она существует в единственном эк-

земляре и ее не с чем сравнивать. Познание Вселенной в целом состоит прежде всего во все более глубоком изучении ее составных частей. Это познание будет охватывать все более и более широкие области явлений, никогда не исчерпывая до конца всех форм движения и существования материи.

В обычных науках, изучающих конкретные объекты, мы, как правило, имеем дело с прямыми доказательствами тех или иных положений. Эксперимент, наблюдение, математический расчет доказывают справедливость некоторого утверждения либо убеждают нас в его несостоятельности. Мало того, обнаружив некоторую закономерность, открыв закон, мы смело можем распространить его на все сходные явления. Иное дело, когда речь идет о Вселенной в целом.

Например, мы достаточно хорошо изучили структуру нашего звездного острова, нашей Галактики, в состав которой входит Солнце. Мы знаем также, что в доступной современным телескопам области Вселенной насчитываются миллиарды подобных ей звездных систем, которые входят в единую систему еще большего масштаба — Метагалактику. У нас есть основания предполагать, что подобная, как ее называют астрономы, «структурно-масштабная лестница» идет и дальше, вообще не имея конца. Однако автоматически распространять те или иные данные, получаемые при изучении ограниченной области пространства, на всю Вселенную мы не вправе. У нас нет никакой гарантии в том, что по мере увеличения масштабов не вступают в действие новые, еще неизвестные нам закономерности. К тому же Вселенная в целом — это не мертвая, застывшая схема, а непрерывный, бесконечно сложный и бесконечно разнообразный процесс.

Тем не менее Вселенная в целом познаваема. Познаваема потому, что у нее, как и у всякого процесса, должны существовать ведущие закономерности, наиболее существенные линии развития. И к каким бы огромным масштабам ни относились эти закономерности, они должны проявлять себя и в тех явлениях природы, которые происходят вокруг нас. Это обстоятельство и открывает для науки возможность экстраполяции — познания наиболее общих законов природы на основе изучения конечных объектов и явлений.

В последнее время, в особенности с появлением и быстрым развитием кибернетики, в различных областях научного исследования приобрел большую популярность так называемый метод моделирования. Сущность этого метода состоит в том, что вместо того или иного реального объекта изучается его модель, более или менее точно повторяющая оригинал или его наиболее важные и существенные особенности. Такой способ позволяет заменять объекты больших масштабов объектами, пригодными для лабораторных исследований, вместо трудноизмеримых процессов наблюдать процессы, методика изучения которых хорошо разработана, наконец, любое число раз повторять интересующее ученых явление. И хотя модель — это, разумеется, не абсолютно точное повторение объекта, а лишь его приближенная копия, исследование модели позволяет раскрывать важные связи и отношения, выявлять основные закономерности явления.

Модель — не обязательно вещественная копия объекта. С успехом могут применяться и теоретические модели. Такая модель — это приближенная схема процесса, которая строится путем выделения главных связей и отношений.

Построение приближенных моделей различных явлений помогает нам все глубже познавать окружающий мир. Каждая из таких моделей хотя и не дает абсолютно исчерпывающей картины, но проясняет определенные закономерности, подсказывает новые направления наблюдений и экспериментальных исследований. Результаты этих исследований в свою очередь позволяют строить новые теоретические модели, еще более близкие к действительности.

Так, например, на протяжении длительного времени астрономы занимались изучением моделей однородной и изотропной Вселенной, т. е. такой воображаемой Вселенной, в которой все физические явления протекают одинаковым образом и все законы остаются неизменными для любых ее областей и в любых направлениях. Изучались также модели, в которых к этим двум условиям добавлялось третье — неизменность картины мира. Это означает, что в какую бы эпоху мы ни созерцали мир, он всегда должен выглядеть в общих чертах одинаково. Эти во многом условные и схематические модели по-

могли осветить некоторые важные стороны окружающего нас мира.

В распоряжении современной астрономии нет каких-либо указаний на то, что физические законы, справедливые для одной области Вселенной, не выполняются в других ее областях. Однако совершенно очевидно, что реальная Вселенная устроена гораздо сложнее, чем та, которую описывают изотропные и однородные модели. Такие модели — лишь одно из первых приближений к реальной картине мира. Об этом косвенным образом говорит хотя бы тот факт, что материя распределена в пространстве далеко не равномерно.

Уже сейчас можно сказать, что однородные и изотропные модели заведомо не учитывают возможного действия ряда факторов. Так, например, если в Метагалактике существует общее силовое поле, то темп течения времени в различных ее частях будет неодинаков. Темп этот может изменяться и в районе аномально больших сгущений материи. Значит, развитие одних и тех же физических процессов в различных областях космоса может протекать по-разному.

Существенную роль способно играть и вращение Метагалактики, даже в том случае, если она совершает всего один оборот за несколько сотен миллиардов лет.

И вообще Метагалактику нельзя рассматривать как единую физическую систему. Она весьма велика и для того, чтобы осуществилось взаимодействие между ее отдельными областями (т. е. чтобы то или иное физическое воздействие распространилось от одной области до другой), необходимы огромные промежутки времени, измеряемые миллиардами лет. А за такое время успевает существенно измениться общая картина Метагалактики.

Это говорит о необходимости углубленной разработки моделей неоднородной и неизотропной Вселенной.

Но как бы сложна ни была та или иная теоретическая модель, какие бы многообразные факты она ни учитывала, любая модель — это еще не само явление, а только более или менее точная его копия, так сказать, образ реального мира. Не сама природа, а лишь инструмент ее научного исследования. Поэтому все результаты, полученные с помощью моделей Вселенной, необходимо обязательно проверять путем сравнения с реальностью. Нельзя отождествлять само явление с его моделью.

Нельзя без тщательной практической проверки приписывать природе те свойства, которыми обладает модель.

Всякая попытка абсолютизировать ту или иную модель, рассматривать ее свойства как свойства реальной Вселенной, не требующие опытной проверки, неизбежно приводит к идеалистическим выводам. К сожалению, в истории космологии было немало случаев, когда некоторые буржуазные ученые, увлекаясь построением внутренне непротиворечивых теоретических моделей и не заботясь об их экспериментальном обосновании, вольно или невольно скатывались к идеализму.

Между тем ни одна из моделей не может претендовать на роль точного «слепок» Вселенной. Об этом говорит хотя бы тот факт, что с одинаковым успехом могут быть построены логически непротиворечивые модели, обладающие прямо противоположными свойствами. Так, например, в принципе можно построить непротиворечивую модель мира, который возник из ничего и в котором выполняется закон сохранения материи и движения. В то же время в другой, также непротиворечивой модели Вселенная существует вечно, но в ней постоянно происходит «творение» материи.

Вчерашний день Метагалактики

Теоретическое моделирование имеет важное значение не только для изучения геометрических свойств окружающего нас мира и природы происходящих в нем физических процессов, но и для выяснения прошлого и будущего наблюдаемой Вселенной. Это в свою очередь позволило бы лучше понять закономерности ее строения и развития.

В 1922 г. ленинградский математик А. А. Фридман занялся разработкой оригинальной теоретической модели Вселенной. Он предположил, что средняя плотность материи в пространстве не является постоянной, а меняется с течением времени.

Решая при этом условия уравнения тяготения Эйнштейна, Фридман пришел к выводу, что любая достаточно большая область Вселенной, равномерно заполненная материей, не может находиться в состоянии равновесия: она должна либо расширяться либо сжиматься.

Еще в 1917 г. американский астроном В. М. Слайфер обнаружил «красное смещение» спектральных линий в спектрах далеких галактик. Как мы уже знаем, подобное смещение наблюдается в тех случаях, когда источник света удаляется от наблюдателя.

В 1929 г. другой американский астроном Э. Хаббл выдвинул предположение о том, что красное смещение

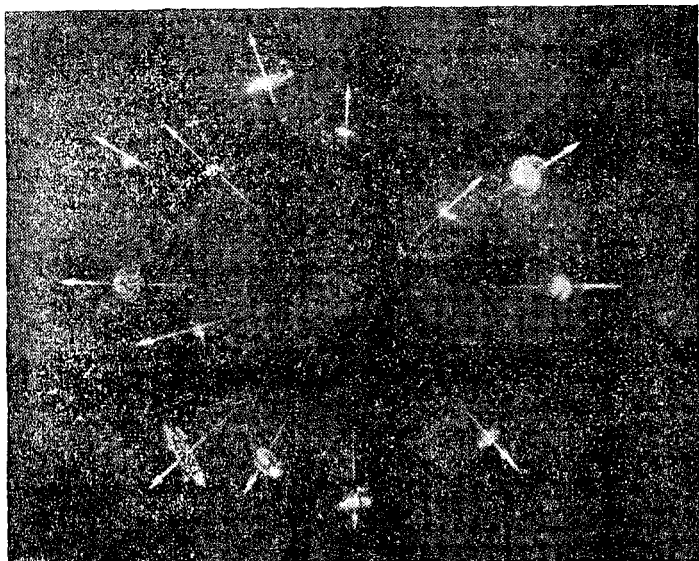


Рис. 35. Расширяющаяся Вселенная.

в галактических спектрах объясняется взаимным разбеганием этих звездных систем.

Дальнейшие исследования показали, что явление «красного смещения» наблюдается в спектрах почти всех галактик, за исключением нескольких ближайших. При этом Хаббл удалось выяснить, что чем дальше расположена от нас галактика, тем больше сдвиг линий в ее спектре. Все это давало основание считать, что почти все известные нам звездные системы удаляются от нас с огромными скоростями в сотни, тысячи и десятки тысяч километров в секунду, причем более далекие галактики

обладают и большими скоростями. Другими словами, получалась картина движения галактик, хорошо согласующаяся с теоретическими выводами Фридмана.

Правда, впоследствии был сделан целый ряд попыток объяснить явление «красного смещения» не удалением галактик, а какими-либо другими причинами. Высказывались предположения о том, что свет на пути в космическом пространстве тем или иным образом теряет часть своей энергии. Однако ни одна из подобных гипотез успеха не имела. А после того как эффект красного смещения был обнаружен и в радиодиапазоне, в его доплеровской природе не осталось больше никаких сомнений. Наблюдаемая Вселенная действительно расширяется.

В настоящее время известны галактики, которые удаляются от нас со скоростями, достигающими 0,46 скорости света. Более того, в последние годы были открыты особые космические объекты (о которых более подробно речь будет идти в одной из следующих глав), так называемые сверхзвезды, или квазары, которые удаляются от нас со скоростями, достигающими 0,85 скорости света.

На первый взгляд может сложиться впечатление, что поскольку галактики разбегаются от нас во всех направлениях, то мы находимся как раз в центре расширения. Но это не так. Дело в том, что расширение или сжатие материальной системы может происходить различными способами. Представим себе, что несколько человек растягивают во все стороны круг листовой резины, центр которого неподвижно закреплен. Это будет расширение от одного общего центра — все точки растягивающейся резины как бы убегают в разные стороны от одной неподвижной точки. Однако может иметь место и другой случай, когда в расширяющейся системе нет ни одной неподвижной точки, иными словами, не существует центра расширения. В этом случае две любые точки системы с течением времени будут удаляться друг от друга. В какой бы точке подобной системы ни располагался наблюдатель, у него будет создаваться иллюзия, что именно он находится в центре расширения.

Итак, чем дальше расположена от нас та или иная галактика, тем быстрее она движется. Однако не следует думать, что более далекие галактики движутся с большими ускорениями. Это означало бы, что на галак-

тики постоянно действует какая-то сила, которая заставляет их разбегаться. Ведь ускоренное движение совершается только под действием силы. Между тем разбегание галактик вызвано иной причиной. Видимо, в отдаленном прошлом материя в нашей области Вселенной находилась в сверхплотном состоянии. Затем произошел своеобразный «взрыв», в результате которого и началось расширение. Таким образом, действие силы, вызвавшей разбегание космических объектов, было одновременным. Следовательно, в настоящее время галактики должны двигаться либо с постоянными скоростями, либо даже с замедлением из-за тормозящего действия общего гравитационного поля Метагалактики.

Почему же в таком случае более далекие галактики все же обладают большими скоростями? Это объясняется тем, что в начальный момент расширения различные объекты получили разные скорости. Те из них, которые обладали более высокими скоростями, за время, прошедшее с этого момента, должны были удалиться на более далекие расстояния.

Изучение картины расширения интересует астрономов прежде всего потому, что таким путем можно проникнуть в историю космических объектов. Кроме того, оно открывает возможность выбора между различными моделями наблюдаемой Вселенной. Теоретические расчеты показывают, что характер зависимости величины красного смещения от расстояния целиком определяется структурой пространства. Если бы удалось выяснить из наблюдений, какова именно эта зависимость, мы могли бы получить ответ на многие волнующие вопросы.

Для близких к нам галактик величина красного смещения растет приблизительно пропорционально увеличению расстояния, или, как говорят математики, линейно. Однако точные измерения величин красного смещения для более далеких галактик наталкиваются на целый ряд серьезных трудностей. Во-первых, трудно отделить красное смещение, связанное с расширением наблюдаемой Вселенной, от красного смещения, вызванного взаимными беспорядочными перемещениями звездных систем друг относительно друга. Во-вторых, методы измерения расстояний до далеких галактик пока что не дают, к сожалению, той точности, которая необходима.

Все же к настоящему времени астрономам удалось собрать достаточно большой материал. Анализ его приводит к выводу, что и для больших удалений линейная зависимость между величиной красного смещения и расстоянием сохраняется. Это, как показывают расчеты, во-первых, означает, что Метагалактика расширяется с замедлением, а, во-вторых, что пространство в нашей области Вселенной не является евклидовым.

В настоящее время, в особенности в связи с быстрым развитием радиоастрономии, точность межгалактических наблюдений быстро растет и, вероятно, уже в недалеком будущем проблема, о которой идет речь, получит точное решение.

Существует еще один способ, позволяющий выяснить дальнейшую судьбу Метагалактики. Он состоит в оценке средней плотности межзвездного газа, заполняющего межгалактическое пространство. Если эта плотность выше, чем 10 протонов на один кубический метр, то общее гравитационное поле Метагалактики достаточно велико, чтобы постепенно остановить расширение. В этом случае расширение должно с течением времени неизбежно смениться сжатием.

Существующие в настоящее время оценки плотности нейтрального водорода говорят о том, что эта плотность по крайней мере в миллион раз меньше критической. Но это еще ничего не значит, так как основная масса межзвездного газа может находиться в ионизованном состоянии. Исследовать же излучение ионизованного газа чрезвычайно сложно, так как энергия этого излучения намного слабее энергии общего космического радиошума и энергии излучения звезд.

Подобные измерения — также дело будущего.

Еще одна чрезвычайно интересная проблема, связанная с «расширяющейся Вселенной» — это вопрос о том, в каком состоянии находилась материя до начала расширения. В свете современных астрономических данных нет особых причин сомневаться в том, что это состояние было во всяком случае состоянием чрезвычайно высокой плотности. Поэтому ни общая теория относительности, ни любая из разработанных моделей Вселенной, в том числе и модель Фридмана, для этой эпохи непригодны. Таким образом, когда мы в рамках теории относительности говорим о начале Метагалактики, то

фактически имеется в виду тот момент, когда протоматерия достигла такого состояния, которое уже может быть описано уравнениями теории относительности.

Поэтому на протяжении длительного времени астрономы и физики пытались решить вопрос о физическом состоянии начального сверхплотного вещества путем создания различных гипотез. Согласно одной из них первоначальное вещество Метагалактики представляло собой «холодную» смесь протонов, т. е. ядер атомов водорода, электронов и нейтрино.

Наоборот, другая гипотеза исходила из того, что в отдаленном прошлом, в эпоху сверхплотного состояния, температура была очень велика, а плотность излучения даже превосходила плотность вещества.

Какой из гипотез следовало отдать предпочтение — «холодной» или «горячей»? Как и всегда, на этот вопрос могли ответить только наблюдения.

Но разве можно наблюдать события, происходившие около 10 млрд. лет назад (именно таков, согласно современным оценкам, срок, отделяющий нас от начала расширения Метагалактики)? Оказывается, в принципе подобная возможность существует. Ведь электромагнитные излучения распространяются со скоростью света. Следовательно, излучения, которые приходят на Землю с расстояний порядка 10 млрд. световых лет, относятся как раз к тем отдаленным временам, которые нас интересуют.

Однако до поры до времени возможность наблюдения первоначального или, как его теперь называют, реликтового излучения оставалась чисто теоретической. Как это часто бывает в науке, на помощь пришел случай.

В 1965 г. американские радиофизики А. Пенциас и Р. Вилсон производили на одном из крупных радиотелескопов наблюдения, связанные с разработкой системы связи при помощи искусственных спутников Земли. Неожиданно ученые обнаружили непонятный шумовой фон на волне 7,3 см. Они с большой тщательностью ушли все возможные источники электромагнитного излучения в атмосфере Земли и в космосе (в том числе излучение всех известных звезд и галактик), но таинственный фон не исчезал. В поисках причин ученые даже демонтировали радиотелескоп, с тем чтобы устранить возможные

погрешности в аппаратуре. Но и после самой тщательной проверки заново собранный инструмент показывал то же самое. К тому же оказалось, что таинственный радиошум совершенно не зависел от направления антенны. Он шел равномерно со всех сторон. Мало того, его величина не зависела и от времени. Наблюдения велись на протяжении нескольких месяцев, и в течение всего этого срока она оставалась постоянной. Так было обнаружено реликтовое радионизлучение, возникшее в эпоху начала расширения Метагалактики.

Электромагнитные волны можно рассматривать как поток фотонов (элементарных порций излучения), как своеобразный «фотонный газ». Температура этого реликтового «фотонного газа» оказалась равной трем градусам абсолютной температуры (3° шкалы Кельвина $= 3^\circ \text{K}$). А это, согласно теоретическим расчетам, означает, что протоматерия должна была находиться в горячем состоянии. Но именно такую современную температуру реликтового излучения (от 1 до 10°K) предсказывала теория Гамова. Согласно этой теории примерно около 10 млрд. лет назад плотность вещества была равна ядерной плотности. Это была горячая плазма, состоящая из элементарных частиц и фотонов (излучения). По мере расширения плотность вещества и его температура уменьшались, убывала и плотность излучения. Электромагнитные волны как бы «растягивались» и превращались в радиошумы. «Фотонный газ» постепенно охлаждался. Его современная температура, равная 3°K , как раз и свидетельствует о том, что протоматерия должна была находиться в горячем состоянии.

Интересно отметить, что обнаружение реликтового излучения является независимым косвенным свидетельством в пользу теории расширяющегося мира.

Теперь представляется возможным, основываясь на законах, известных современной физике, попытаться представить ход событий на первых стадиях расширения Метагалактики.

Уже через одну секунду после начала расширения сверхплотной исходной плазмы средняя плотность вещества снизилась примерно до 500 кг/см^3 , а температура составляла около 10^{13} градусов. При этих условиях атомных ядер еще не существовало, а на каждые пять протонов приходился только один нейтрон.

В течение следующих ста секунд плотность снизилась уже до 50 г/см^3 . Упала и температура. В результате объединения протонов и нейтронов появились ядра атомов гелия.

В дальнейшем, до тех пор пока температура превосходила 4000° , протоны и электроны продолжали существовать раздельно, не объединяясь в атомы. Эта стадия продолжалась несколько сотен тысяч лет.

Что же касается последующего хода событий, то сведения, которыми располагает современная наука, еще недостаточны для того, чтобы проследить его однозначным образом.

Возможно, что после того как образовались атомы водорода (т. е. водород сделался нейтральным), началось постепенное формирование горячих, но уже сравнительно менее плотных водородных облаков, из которых на следующем этапе образовались галактики и звезды.

Однако нельзя отбрасывать и другую возможность. В процессе расширения могли каким-то образом сохраниться устойчивые сгустки сверхплотного дозвездного вещества. Распад этих сгустков (который продолжается и до настоящего времени) и привел к образованию звезд и галактик.

Не исключено также, что в той или иной степени действовали оба механизма, о которых идет речь.

Интересно, между прочим, отметить, что согласно данным современной радиоастрономии на расстоянии около 9 млрд. световых лет расположено очень большое число радионисточников. Сопоставление ряда косвенных данных наводит на мысль о том, что наиболее интенсивное образование космических радионисточников происходило в промежутке от полумиллиарда до миллиарда лет после начала расширения.

Таинственная гравитация

Пятнадцатого февраля 1961 г. происходило очередное полное затмение Солнца. Его можно было наблюдать в южной части европейской территории нашей страны. Как обычно, вдоль полосы затмения расположились многочисленные научные экспедиции. В короткие минуты полной фазы затмения ученые, как и всегда в

подобных случаях, вели наблюдения за солнечной короной, протуберанцами, следили за изменениями в земной атмосфере. Но в одной из пунктов, Ростове-на-Дону, был осуществлен не совсем обычный эксперимент.

Как известно, во время солнечного затмения спутник Земли, Луна, проходит между Землей и нашим дневным светилом, перекрывая при этом на несколько десятков секунд солнечный свет. Гигантское тело Луны служит непреодолимым препятствием для световых лучей. Но только ли для них? А притяжение Солнца, — не ослабляется ли оно, проходя сквозь лунное вещество? Физиков и астрономов давно волнует этот вопрос.

В действие были приведены чувствительнейшие современные измерительные приборы. В короткие мгновения полной фазы затмения они неотступно «следили» за солнечным притяжением. Но никакого ослабления, никакой экранировки тяготения и на этот раз обнаружить не удалось...

Среди многих сил, с которыми нам приходится встречаться в окружающем мире, силы тяготения, или, как их часто называют, гравитационные силы, пожалуй, являются самыми загадочными.

В отличие от электрических и магнитных сил, сила тяготения не зависит ни от природы, ни от физического состояния или химического состава взаимодействующих тел, а зависит только от их массы.

Для гравитации не существует препятствий в буквальном смысле слова. Сквозь тело планеты, как это подтвердил ростовский эксперимент, они проходят так же свободно, как сквозь «пустое» пространство.

Что же такое гравитация? Какова ее природа?

От Кеплера до Ньютона

Первым шагом в изучении свойств тяготения можно считать открытие Иоганном Кеплером законов движения планет вокруг Солнца.

Кеплер был первым человеком, которому удалось обнаружить, что движение планет вокруг Солнца происходит по эллипсам, т. е. вытянутым окружностям. Он выяснил также закон изменения скорости движения планеты в зависимости от ее положения на орбите и открыл

зависимость, связывающую периоды обращения планет с их расстояниями от Солнца.

Однако законы Кеплера, позволяя рассчитывать будущие и прошлые положения планет, еще ничего не говорили о природе тех сил, которые связывают планеты и Солнце в стройную систему и не дают им рассеяться в пространстве. Таким образом, законы Кеплера давали, если можно так выразиться, лишь кинематографическую картину солнечной системы.

Однако вопрос о том, почему планеты движутся и какая сила управляет этим движением, возник уже тогда. Но получить ответ на него удалось далеко не сразу. В те времена ученые ошибочно полагали, что всякое движение, даже равномерное и прямолинейное, может происходить только под действием силы. Поэтому Кеплер искал в солнечной системе силу, «подталкивающую» планеты и не дающую им остановиться. Решение пришло несколько позже, когда Галилео Галилей открыл закон инерции, согласно которому скорость тела, на которое не действуют никакие силы, остается неизменной или, выражаясь более точным языком: в тех случаях, когда действующие на тело силы равны нулю, ускорение этого тела также равно нулю. С открытием закона инерции стало очевидно, что в солнечной системе надо искать не силу, «подталкивающую» планеты, а силу, превращающую их прямолинейное движение «по инерции» в криволинейное.

Закон действия этой силы, силы тяготения, был открыт великим английским физиком Исааком Ньютоном в результате изучения движения Луны вокруг Земли. Ньютону удалось установить, что все тела притягивают друг друга с силой, пропорциональной их массам и обратно пропорциональной квадрату расстояния между ними. Этот закон оказался поистине универсальным законом природы, действующим как в условиях Земли и нашей солнечной системы, так и в мировом пространстве среди космических тел и их систем.

С проявлениями тяготения, гравитации, мы встречаемся буквально на каждом шагу. Падение тел на землю, лунные и солнечные приливы, обращение планет вокруг Солнца, взаимодействие звезд в звездных скоплениях, — все это непосредственно связано с действием сил тяготения. В связи с этим закон тяготения получил

наименование «всемирного». Его открытие помогло разобраться в целом ряде явлений, причины которых до этого оставались неизвестными.

Количественная сторона закона тяготения получила многочисленные подтверждения в точных математических расчетах и астрономических наблюдениях. Достаточно вспомнить хотя бы о «теоретическом открытии» Нептуна, восьмой планеты солнечной системы. Эта новая планета была открыта французским математиком Леверье путем математического анализа движения седьмой планеты Урана, испытывавшего «возмущения» со стороны неизвестного тогда небесного тела.

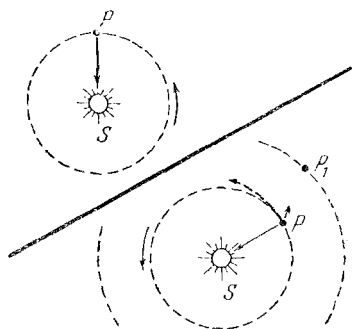


Рис. 36. Возмущение планетных движений.

История этого замечательного открытия весьма поучительна. По мере увеличения точности астрономических наблюдений было замечено, что планеты в своем движении вокруг Солнца заметно отклоняются от кеплеровских орбит. На первый взгляд это, казалось, противоречило закону тяготения, свидетельствуя о его

неточности или даже неправильности. Однако далеко не всякое противоречие опровергает теорию.

Бывают такие «исключения», которые в действительности сами являются прямым следствием закона. Они представляют собой одно из его проявлений, до поры до времени ускользающее от нашего внимания и только лишний раз свидетельствующее о его справедливости. На этот счет существует даже крылатое выражение: «Исключение подтверждает правило». Исследование подобных «исключений» продвигает вперед научные знания, позволяет глубже изучить то или иное явление природы.

Именно так произошло и с движением планет. Изучение непонятных отклонений планетных путей от кеплеровских орбит в конце концов привело к созданию современной «небесной механики» — науки, способной предвычислять движения небесных тел.

Если бы вокруг Солнца двигалась одна-единственная планета, ее путь в точности совпадал бы с орбитой, вычисленной на основе закона тяготения. Однако в действительности вокруг нашего дневного светила обращаются девять больших планет, взаимодействующих не только с Солнцем, но и друг с другом. Это взаимное притяжение планет и приводит к тем самым отклонениям, о которых говорилось выше. Астрономы называют их «возмущениями».

В начале XIX в. астрономам было известно лишь семь планет, обращающихся вокруг Солнца. Но вот в движении седьмой планеты Урана были обнаружены странные «возмущения», которые нельзя было объяснить притяжением со стороны известных шести планет. Оставалось предположить, что на Уран действует неизвестная «заурановая» планета. Но где она расположена? В какой точке неба ее искать? Ответить на эти вопросы и взялся французский математик Леверье.

Новую планету, восьмую по счету от Солнца, еще никогда не наблюдал ни один человек. Но несмотря на это, Леверье не сомневался в том, что она существует. Много долгих дней и ночей провел ученый над своими расчетами. Если раньше астрономические открытия совершались только в обсерваториях, в результате наблюдений звездного неба, то Леверье искал свою планету, не выходя из кабинета. Он ясно видел ее за стройными рядами математических формул, и когда по его указаниям Галле действительно обнаружил восьмую планету, названную Нептуном, Леверье, говорят, даже не захотел взглянуть на нее в телескоп.

Родившись, небесная механика быстро завоевала почетное место в космических исследованиях. Она является сегодня одним из самых точных разделов астрономической науки.

Достаточно упомянуть хотя бы о предвычислении моментов солнечных и лунных затмений. Известно ли вам, например, когда в Москве произойдет ближайшее полное затмение Солнца? Астрономы могут дать совершенно точный ответ. Это затмение начнется около 11 часов 16 октября 2126 г. Небесная механика помогла ученым заглянуть на 167 лет в будущее и точно определить момент, когда Земля, Луна и Солнце займут такое положение друг относительно друга, при котором лунная

тень упадет на территорию Москвы. А расчеты движения космических ракет, искусственных небесных тел, созданных руками человека? В их основе опять-таки лежит закон тяготения.

Перемещение любого небесного тела в конечном счете полностью определяется действующей на него силой тяготения и той скоростью, которой оно обладает. Можно сказать, что в современном состоянии системы небесных тел однозначно заключено ее будущее. Поэтому основная задача небесной механики и состоит в том, чтобы, зная взаимное расположение и скорости каких-либо небесных тел, рассчитать их будущие перемещения в пространстве. В математическом отношении задача эта весьма сложна. Дело в том, что в любой системе движущихся космических тел происходит постоянное перераспределение масс, а благодаря этому изменяется величина и направление сил, действующих на каждое тело. Поэтому даже для простейшего случая движения трех взаимодействующих тел до сих пор не существует полного математического решения. Точное решение этой проблемы, известной в «небесной механике» под названием «задачи трех тел», удастся получить лишь в определенных случаях, когда имеется возможность ввести известное упрощение. Подобный случай имеет место, в частности, тогда, когда масса одного из трех тел ничтожна по сравнению с массами других.

Но именно так обстоит дело при расчете ракетных орбит, например, в случае полета к Луне. Масса космического корабля настолько мала в сравнении с массами Земли и Луны, что ее можно не принимать во внимание. Это обстоятельство делает возможным точные расчеты ракетных орбит.

Итак, закон действия сил тяготения нам хорошо известен, и мы с успехом пользуемся им для решения целого ряда практических задач. Но какими природными процессами обуславливается притяжение тел друг к другу?

От Ньютона до Эйнштейна

Во времена Ньютона физики представляли себе мировое пространство как огромное «вместилище», заполненное различными небесными телами, между которыми

действуют силы взаимного притяжения. Таким образом, теория тяготения Ньютона касалась только чисто внешней стороны явлений, связанных с гравитацией, и была лишь первым приближением к истине.

С точки зрения классической физики, как принято теперь называть физику Ньютона, пространство обладает лишь чисто геометрическими свойствами, например, протяженностью, объемом и т. п. Взаимодействие же тел, силы, действующие между ними, не имеют к свойствам самого пространства никакого отношения.

«Причину... свойств силы тяготения, — писал сам Ньютон в одном из своих трудов, — я до сих пор не мог вывести из явления, гипотез же я не измышляю».

Первый шаг к более глубокому пониманию проблемы был сделан великим русским математиком Н. И. Лобачевским, который показал, что геометрия окружающего нас мира может быть совсем не такой простой и очевидной, как это представлялось раньше.

Как известно, наука о геометрических отношениях возникла еще в глубокой древности в связи с практическими потребностями людей в области строительства и землемерия. На рубеже III и IV вв. до н. э. знаменитый древнегреческий математик Евклид систематизировал и изложил накопленные к тому времени геометрические знания. Геометрия Евклида — это геометрия того мира, в котором мы живем. Она описывает геометрические отношения между предметами, с которыми мы встречаемся на каждом шагу. Евклидова геометрия является основой механики, техники, геодезии, без нее невозможно решение многих астрономических вопросов. На протяжении длительного времени не было известно ни одного факта, который хотя бы в какой-то степени ей противоречил. Поэтому многие столетия геометрия Евклида представлялась незыблемой и единственно возможной.

В основе евклидовой геометрии лежат так называемые «аксиомы»: некоторое число исходных положений, которые заранее принимаются истинными и из которых логическим путем выводятся все остальные заключения. Среди этих аксиом есть одна, так называемый пятый постулат, которая посвящена вопросу о параллельности и которая хорошо известна каждому школьнику.

Пятый постулат утверждает, что через точку, расположенную вне прямой линии, можно провести лишь единственную прямую, параллельную данной. Это утверждение, согласующееся с нашим повседневным опытом, в течение длительного времени считалось вполне очевидным и не вызывало никаких сомнений. Правда, неоднократно делались попытки доказать пятый постулат, вывести его из других аксиом; однако эти попытки не приносили успеха, хотя подобными исследованиями занимались такие выдающиеся математики, как Лагранж, Лаплас, Даламбер, Фурье, Гаусс и многие другие.

Лобачевский также заинтересовался пятым постулатом и подобно другим ученым решил проверить его справедливость. Однако, в отличие от своих предшественников, Лобачевский пошел несколько иным путем. Он воспользовался способом, напоминающим хорошо известный в элементарной математике метод доказательства «от противного». Другими словами, Лобачевский задался целью построить такую геометрию, исходящие положения которой были бы во всем тождественны обычным, но в которой утверждение Евклида о параллельных прямых не имело бы места. Ничего не меняя в «обычной», евклидовой геометрии, ученый взял за исходное все ее основные аксиомы, но присоединил к ним новый пятый постулат. Он предположил, что через точку, лежащую вне прямой, можно провести сколько угодно линий, ей параллельных.

Лобачевский рассуждал так: если подобное предположение неверно, оно неизбежно приведет к противоречию, и утверждение Евклида о параллельных прямых будет тем самым доказано. Ученый начал строить новую геометрию, смело вступив в мир неизведанных геометрических отношений. Он углублялся в него все дальше и дальше, на каждом шагу ожидая встретить некое противоречие. Но оно почему-то не возникало.

В конце концов Лобачевский пришел к удивительному выводу. Он понял, что никакого противоречия и не будет, что можно построить вполне непротиворечивую геометрию и без утверждения Евклида о параллельных линиях.

Это была поистине гениальная идея. Если учесть, что Лобачевский высказал ее в эпоху безраздельного господства евклидовой геометрии, станет ясно, какими ши-

рокими взглядами, какой научной смелостью надо было обладать, чтобы прийти к подобному заключению. Этот подвиг в какой-то степени можно сравнить с подвигом Коперника, построившего гелиоцентрическую систему мира в эпоху господства геоцентрической системы Птолемея.

Открытие Лобачевского совершило подлинный переворот в математических представлениях. Оно не только указало принципиально новые пути для развития самой математики, но и дало чрезвычайно важный толчок к новому пониманию роли математических и, в частности, геометрических методов в изучении окружающего нас мира.

Если евклидова геометрия не единственная возможная геометрическая система, то вполне вероятно, что и геометрические свойства Вселенной могут выходить за рамки этой системы...

Интересно также отметить, что геометрия Лобачевского отражает определенные физические отношения, существующие в реальном мире. Более того, как показал советский ученый, академик В. А. Фок, геометрия Лобачевского может быть успешно применена при изучении свойств атома водорода.

Следующий шаг к более глубокому пониманию строения Вселенной и внутренней природы тяготения был сделан в начале текущего столетия Альбертом Эйнштейном в его так называемой общей теории относительности.

Основная идея этой теории состояла в том, что свойства пространства объявлялись неразрывно связанными со свойствами материи.

Однажды какой-то предпринимчивый газетный репортер обратился к Эйнштейну с просьбой изложить суть его теории в одной фразе и так, чтобы это было понятно широкой публике. «Раньше полагали, — ответил на это Эйнштейн, — что если бы из Вселенной исчезла вся материя, то пространство и время сохранились бы; теория относительности утверждает, что вместе с материей исчезли бы также пространство и время».

Эйнштейн пришел к выводу, что силы тяготения непосредственно связаны с физическими свойствами самого пространства. Оказалось, что любое тело не просто существует в пространстве само по себе, но изменяет

«вокруг себя» его геометрию. Пространство искривляется и световой луч в нем будет распространяться уже не по прямой, а по изогнутой линии. Попробуем пояснить это с помощью хотя и несколько грубой, но зато наглядной аналогии. Представьте себе резиновую пленку, натянутую на обруч, и лежащий на ней маленький металлический шарик. Если толкнуть шарик, он покатится по поверхности пленки и «прочертит» прямую линию.

Поместим теперь в центре пленки большой металлический шар. Под его тяжестью пленка прогнется, поверхность ее искривится. Если теперь снова пустить по



Рис. 37. Опыт, поясняющий искривление пространства.

пленке маленький шарик, то на этот раз, благодаря наличию углубления, он опишет линию, искривленную в направлении большого шара. Так и любое небесное тело, искривляя пространство вокруг себя, должно как бы притягивать к себе световые дуги.

Таковы выводы общей теории относительности. Но как проверить их на опыте? Само собой разумеется, что осуществить подобный эксперимент в лабораторных условиях практически невозможно. Ведь для того, чтобы отклонение светового луча оказалось достаточно заметным, на него необходимо воздействовать чрезвычайно большой тяготеющей массой.

К счастью, подобный эксперимент «ставит» сама природа. Благодаря обращению Земли вокруг Солнца, зем-

ной наблюдатель видит, что наше дневное светило перемещается на фоне более далеких звезд. Вследствие этого то одна, то другая звезда оказывается на небе вблизи края солнечного диска и ее световые лучи по дороге к Земле проходят рядом с Солнцем. Если искривление пространства вблизи Солнца действительно имеет место, то световой луч должен отклониться от прямой линии. Тогда для земного наблюдателя звезда несколько сместится относительно своего обычного положения на небе.

Принципиальная идея подобного эксперимента весьма проста. Однако его практическое осуществление наталкивается на весьма серьезные технические трудности.

Поэтому получить точную количественную оценку явления до сих пор не удалось. Однако сам факт отклонения световых лучей в результате искривления пространства полностью подтвержден наблюдениями.

Подобный же результат не так давно был получен группой советских ученых Астрофизического института Академии наук Казахской ССР и для мира галактик. В основу этого исследования была положена идея, аналогичная идее только что описанного эксперимента с отклонением солнечным притяжением световых лучей далеких звезд. Только на этот раз и в роли космического объекта, посылающего лучи, и в роли отклоняющего «тела» должны были выступать целые галактики.

Представьте себе, что две галактики расположились приблизительно вдоль луча зрения. Если общая теория относительности верна и в галактических масштабах, то световые лучи более далекой галактики, проходя «рядом» с ближней, должны испытывать определенное искривление. В результате мы будем видеть дальнюю галактику в несколько искаженном виде.

Расчеты показали, что если дальняя галактика имеет, например, правильную сферическую форму, то после искажения ее лучей «линзой» тяготения она будет представляться нам несколько вытянутой. Но, как показывает астрономическая статистика, вытянутые галактики чрезвычайно редки, так как они, видимо, являются неустойчивыми.

Исходя из этих теоретических предпосылок, ученые тщательно проанализировали имеющиеся в распоряжении современной науки фотографические изображения галактик. В результате этой работы удалось

обнаружить шестнадцать галактик, расположенных на одном луче зрения с другими, более близкими галактиками, и имеющих предсказанную форму.

Однако надо было еще доказать, что это не является просто случайным совпадением. С этой целью был проведен дополнительный проверочный подсчет. По степени искажения форм сферических галактик можно вычислить массы «искажающих» более близких галактик, которые в свое время были определены независимым методом. Проведенное подобным способом сравнение обнаружило хорошее совпадение.

Таким образом, основной вывод общей теории относительности об искривлении пространства в области больших масс можно считать доказанным и для метагалактических масштабов.

Итак, пространство Вселенной, т. е. пространство, в котором мы живем, искривлено. В повседневной жизни мы этого практически не ощущаем, поскольку нам обычно приходится иметь дело со сравнительно небольшими расстояниями. Однако при переходе к космическим масштабам искривленность пространства приобретает существенное значение. С кривизной тесно связаны многие геометрические свойства пространства и, в частности, его конечность и бесконечность.

Здесь мы приступаем к знакомству с одной из самых интереснейших и увлекательнейших проблем современного естествознания — проблемой бесконечности Вселенной.

Есть ли конец у Вселенной?

Бесконечность — вообще одно из самых удивительных понятий науки, понятие, которое, пожалуй, больше чем какое-либо другое с давних пор привлекает к себе внимание. Может быть, это объясняется тем, что в повседневной жизни нам всегда приходится иметь дело только с конечными величинами, с конечным числом тех или иных объектов, а бесконечность манит человека своей необычностью и даже таинственностью.

Но та же причина служит весьма серьезным препятствием к познанию бесконечного. Понятие бесконечного лишено наглядности, бесконечность трудно себе представить. И тем не менее, бесконечность вовсе не надуду-

манное математическое построение, оно широко используется в современной науке, с его помощью разрешаются многие важные проблемы.

Может ли целое равняться своей собственной части? Возможно ли, чтобы в результате сложения двух одинаковых величин получилась вновь та же самая величина?

Вы готовы улыбнуться и ответить отрицательно. Такой ответ вам услужливо подсказывает ваш повседневный опыт. Однако не торопитесь. Оказывается, то, что совершенно исключено в обычной жизни и в обычной арифметике, становится вполне реальным, когда мы имеем дело с так называемой бесконечностью.

В изучении многообразных и необычных свойств бесконечности заинтересованы не только математики, но и физики и астрономы. Однако если математиков интересуют главным образом свойства бесконечного вообще, то астрономы сталкиваются с бесконечностью, пытаются изучить геометрию окружающего нас мира.

Вопрос о пространственной бесконечности Вселенной, бесспорно, принадлежащий к числу наиболее сложных научных проблем, имеет свою довольно богатую событиями историю.

Еще великие философы древности пытались решить вопрос о бесконечности Вселенной в пространстве с помощью сравнительно простых и, казалось бы на первый взгляд, неопровержимых логических рассуждений.

Представим себе, — говорили они, — что у Вселенной есть край и человек достиг этого края. Однако стоит ему только вытянуть руку, и она окажется за границами Вселенной. Но тем самым рамки мира раздвигаются еще на некоторое расстояние. Тогда можно будет приблизиться к новой границе и повторить ту же операцию еще раз. И так без конца... Значит, Вселенная не может иметь границ.

«Нет никакого конца ни с одной стороны у Вселенной, ибо иначе края непременно она бы имела», — писал Лукреций Кар в своей поэме «О природе вещей».

И действительно, если необычайно трудно, почти невозможно представить себе бесконечность Вселенной, т. е. представить себе пространство, которое в любом направлении простирается безгранично далеко, то еще труднее представить себе обратное, т. е. что у Вселенной где-то существует край, есть граница. Ведь в таком

случае действительно возникает вполне естественный вопрос: а что находится дальше?

Однако подобные рассуждения не могут служить основанием для серьезных научных выводов. Мы многого не можем себе представить, но это само по себе еще ничего не доказывает. Рассуждение же Лукреция хотя внешне и логично, на самом деле опирается на наши привычные земные представления, молчаливо предполагая, что они справедливы везде и всегда. Между тем весь опыт познания природы убедительно показывает, что так называемая «наглядность» — весьма ненадежный советчик при решении научных вопросов. Поэтому для решения проблемы бесконечности нужны не столько логические рассуждения, сколько изучение реальных свойств окружающего мира.

Коперник, разработавший гелиоцентрическую систему мира, предполагал, что Вселенная ограничена сферой так называемых «неподвижных звезд». К такому выводу польский ученый пришел на основе довольно простых логических рассуждений. Все небесные светила обращаются вокруг Солнца и притом с одинаковой угловой скоростью, совершая один оборот в сутки. Отсюда следует, что чем дальше расположено от Солнца то или иное небесное тело, тем большей линейной скоростью оно должно обладать. Если предположить, что существуют звезды, которые находятся на бесконечно больших расстояниях от Солнца, но они должны помещаться в пространстве с бесконечно большими скоростями. Но так как это невозможно — мир должен быть конечным.

Сейчас нам ясно, в чем ошибка подобных рассуждений. Все дело в том, что Солнце вовсе не является центром мира, а лишь центром нашей солнечной системы. Но во времена Коперника вывод об ограниченности Вселенной казался неопровержимым.

Первым, кто усомнился в этом и широко провозгласил идею бесконечности Вселенной, был Джордано Бруно. Однако выводы Бруно не носили физического или астрономического характера, а были основаны на общих соображениях философского толка.

Естественнонаучное обоснование этих идей попыталась дать механика Ньютона, о которой уже шла речь выше.

Из основных законов классической механики следует, что любая система притягивающихся материальных частиц должна в конце концов постепенно рассеяться в бесконечном пространстве. Таким образом, в рамках классической физики сколько-нибудь устойчивая конечная материальная Вселенная просто не может существовать.

Вопрос представлялся вполне ясным и решенным бесповоротно и окончательно, как, впрочем, и все другие проблемы, получившие описание с точки зрения классической механики. Но, как это нередко случается в науке, достигнутая ясность оказалась обманчивой, а истина — куда более сложной, чем представлялось последователям Ньютона.

На первый взгляд решение задачи о бесконечности Вселенной требует односложного ответа «да» или «нет». Бесконечен мир или не бесконечен? И если бесконечен, то этим как будто все уже сказано. Ведь бесконечность всегда есть бесконечность.

Но с развитием науки выяснилось, что бесконечности могут быть разного рода. Так, например, в математике доказывается, что бесконечность чисел натурального ряда (так называемое «счетное множество») имеет меньшую «мощность», чем бесконечность числа всех точек, расположенных на прямой линии (так называемый «континуум»). И сколько бы раз мы ни складывали друг с другом счетные множества, мы никогда не достигнем мощности континуума — в результате сложения у нас всегда будут снова получаться счетные множества.

Различные геометрические бесконечности также могут обладать разными свойствами. Так, неограниченность и бесконечность пространства на первый взгляд — одно и то же. Но это только на первый взгляд. Оказывается, неограниченное пространство, т. е. пространство, не имеющее «края», границы, в то же время может быть конечным, как бы замкнутым в себе. В качестве примера можно привести поверхность шара. Площадь такой поверхности всегда имеет конечную величину. В то же время, передвигаясь по ней, мы никогда не достигнем ее границы — следовательно, она неограниченна.

Таким образом, в принципе возможен случай, когда пространство неограничено (т. е. не имеет пределов, границ) и в то же время конечно (т. е. его объем выражается конечным числом).

Что касается пространства Вселенной, то его неограниченность не вызывает сомнений. Но для того, чтобы судить о его бесконечности или конечности, необходимо изучить геометрию мира. Чтобы сделать это, надо выяснить, как распределена во Вселенной материя.

Теоретические подсчеты позволяют определить для модели Вселенной «критическую» плотность вещества. Величина ее составляет одну стотысячную массы протона на один кубический сантиметр пространства, или, что то же самое, $6 \cdot 10^{-29} \text{ г/см}^3$. Если средняя плотность вещества во Вселенной превосходит критическую, значит, с точки зрения теории относительности мировое пространство конечно и, так сказать, «замкнуто в самом себе». Если же средняя плотность вещества во Вселенной меньше критической, то Вселенная бесконечна, бесконечен ее объем.

В связи с этим появились всевозможные варианты подсчета средней плотности материи во Вселенной. Некоторые исследователи поспешили объявить реальную Вселенную конечной и даже пытались вычислить ее радиус. Однако подобный подход к решению проблемы бесконечности Вселенной не может дать ответа на вопрос о геометрических свойствах реального мира.

Теория относительности действительно дает физический критерий, с помощью которого можно судить о кривизне пространства. Фактическую же величину этой кривизны, очевидно, можно определить только с помощью наблюдений. О чем же говорят наблюдения? Они свидетельствуют о том, что средняя плотность вещества во Вселенной примерно равна критической. А это значит, что, по крайней мере при современном уровне знаний о Вселенной, у нас нет достаточных оснований для того, чтобы отдать предпочтение одной из двух существующих возможностей. Чтобы сделать такой выбор, необходимо располагать гораздо более точными оценками средней плотности материи в космических масштабах.

Бесконечна ли бесконечность?

В действительности все обстоит даже еще сложнее. Дело в том, что теория относительности рассматривает пространство и время как единое образование, так называемое «пространство — время», в котором времени

координата играет столь же существенную роль, что и пространственные. Поэтому в самом общем случае мы, с точки зрения теории относительности, можем говорить только о конечности или бесконечности именно этого объединенного «пространства — времени». Но тогда мы вступаем в так называемый четырехмерный мир, обладающий совершенно особыми геометрическими свойствами, самым существенным образом отличающимися от геометрических свойств того трехмерного мира, в котором мы живем.

И бесконечность или конечность четырехмерного «пространства — времени» еще ничего или почти ничего не говорит об интересующей нас пространственной бесконечности Вселенной.

С другой стороны, четырехмерное «пространство — время» теории относительности — это не просто удобный математический аппарат. Оно отражает вполне определенные свойства, зависимости и закономерности реальной Вселенной. И поэтому при решении проблемы бесконечности пространства с точки зрения теории относительности мы вынуждены считаться и со свойствами «пространства — времени». Еще в двадцатых годах текущего столетия А. Фридман показал, что в рамках теории относительности раздельная постановка вопроса о пространственной и временной бесконечности Вселенной возможна не всегда, а только при определенных условиях. Этими условиями являются: однородность, т. е. равномерность распределения материи во Вселенной, и изотропность, т. е. одинаковость свойств по любым направлениям. Только в случае однородности и изотропности единое «пространство — время» расщепляется на «однородное пространство» и универсальное «мировое время».

Но, как мы уже отмечали, реальная Вселенная значительно сложнее однородных и изотропных моделей. А это значит, что четырехмерный мир теории относительности, соответствующий тому реальному миру, в котором мы живем, в общем случае на «пространство» и «время» не расщепляется. Поэтому если даже с увеличением точности наблюдений мы сможем вычислить среднюю плотность (а значит, и местную кривизну) для нашей Галактики, для скопления галактик, для доступной наблюдениям области Вселенной, — это не будет

еще решением вопроса о пространственной протяженности Вселенной в целом.

Интересно, между прочим, отметить, что некоторые области пространства и в самом деле могут оказаться конечными в смысле замкнутости. И не только пространство Метагалактики, но и любой области, в которой имеются достаточно мощные массы, вызывающие сильное искривление, например, пространство квазаров. Но, повторяем, это еще ничего не говорит о конечности или бесконечности Вселенной как целого. К тому же конечность или бесконечность пространства зависит не только от его кривизны, но и от некоторых других свойств.

Таким образом, при современном состоянии общей теории относительности и астрономических наблюдений мы не можем получить достаточно полного ответа на вопрос о пространственной бесконечности Вселенной.

Рассказывают, что знаменитый композитор и пианист Ф. Лист снабдил одно из своих фортепианных произведений такими указаниями для исполнителя: «быстро», «еще быстрее», «быстро, как только возможно», «еще быстрее»...

Эта история невольно приходит на память в связи с изучением вопроса о бесконечности Вселенной. Уже из того, что говорилось выше, совершенно очевидно, что эта проблема предельно сложна.

И все же она еще неизмеримо сложнее...

Объяснить, значит, свести к известному. Подобный прием используется почти в каждом научном исследовании. И когда мы пытаемся решить вопрос о геометрических свойствах Вселенной, мы тоже стремимся свести эти свойства к привычным понятиям.

Свойства Вселенной как бы «примериваются» к существующим в данный момент абстрактным математическим представлениям о бесконечности. Но являются ли эти представления достаточными для описания Вселенной в целом? Беда в том, что они разрабатывались в значительной степени самостоятельно, а иногда совершенно независимо от проблем изучения Вселенной, и уж во всяком случае на основе исследования ограниченной области пространства.

Таким образом, решение вопроса о реальной бесконечности Вселенной превращается в своего рода лотерею, в которой вероятность выигрыша, т. е. случайного

совпадения хотя бы достаточно большого числа свойств реальной Вселенной с одним из формально выведенных эталонов бесконечности, весьма незначительна.

Основу современных физических представлений о Вселенной составляет так называемая специальная теория относительности. Согласно этой теории пространственные и временные отношения между различными окружающими нас реальными объектами не являются абсолютными. Их характер целиком зависит от состояния движения данной системы. Так, в движущейся системе темп течения времени замедляется, а все масштабы длин, т. е. размеры протяженных объектов, сокращаются. И это сокращение тем сильнее, чем выше скорость движения. При приближении к скорости света, которая является максимально возможной скоростью в природе, все линейные масштабы уменьшаются неограниченно.

Но если хотя бы некоторые геометрические свойства пространства зависят от характера движения системы отсчета, т. е. являются относительными, мы вправе поставить вопрос: а не являются ли относительными также свойства конечности и бесконечности? Ведь они самым тесным образом связаны с геометрией.

В последние годы исследованием этой любопытной проблемы занимался известный советский космолог А. Л. Зельманов. Ему удалось обнаружить факт, на первый взгляд совершенно поразительный. Оказалось, что пространство, которое конечно в неподвижной системе отсчета, в то же самое время может быть бесконечным относительно движущейся системы координат.

Быть может, этот вывод не будет казаться столь удивительным, если мы вспомним о сокращении масштабов в движущихся системах.

Популярное изложение сложных вопросов современной теоретической физики весьма затрудняется тем обстоятельством, что они в большинстве случаев не допускают наглядных объяснений и аналогий. Все же мы попытаемся привести сейчас одну аналогию, пользуясь ею, постараемся не забывать, что она весьма приближительна.

Представьте себе, что мимо Земли проносится космический корабль со скоростью, равной, скажем, двум третям скорости света — 200 000 км/сек. Тогда, согласно

формулам теории относительности, должно наблюдаться сокращение всех масштабов вдвое. Значит, с точки зрения космонавтов, находящихся на корабле, все отрезки на Земле станут вдвое короче.

А теперь представим себе, что у нас имеется хотя и очень длинная, но все же конечная прямая линия, и мы измеряем ее с помощью некоторой единицы масштаба длины, например, метра. Для наблюдателя, находящегося в космическом корабле, несущемся со скоростью, приближающейся к скорости света, наш эталонный метр будет стягиваться в точку. А так как точек даже на конечной прямой располагается бесчисленное множество, то для наблюдателя в корабле наша прямая делается бесконечно длинной. Примерно то же самое произойдет и в отношении масштабов площадей и объемов. Следовательно, конечные области пространства могут стать в движущейся системе отсчета бесконечными.

Еще раз повторяем — это отнюдь не доказательство, а лишь довольно грубая и далеко не полная аналогия. Но она дает некоторое представление о физической сущности интересующего нас явления.

Вспомним теперь, что в движущихся системах не только сокращаются масштабы, но и замедляется течение времени. Из этого следует, что продолжительность существования некоторого объекта, конечная по отношению к неподвижной (статической) системе координат, может оказаться бесконечной длительной в движущейся системе отсчета.

Таким образом, из работ Зельманова вытекает, что свойства «конечности» и «бесконечности» пространства и времени являются относительными.

Разумеется, все эти на первый взгляд довольно «экстравагантные» результаты нельзя рассматривать как установление неких всеобщих геометрических свойств реальной Вселенной.

Но благодаря им можно сделать чрезвычайно важный вывод. Даже с точки зрения теории относительности понятие бесконечности Вселенной значительно сложнее, чем это представлялось раньше.

Теперь есть все основания ожидать, что если когда-либо будет создана теория более общая, чем теория относительности, то в рамках этой теории вопрос о бесконечности Вселенной окажется еще более сложным.

Одним из основных положений современной физики, ее краеугольным камнем является требование так называемой инвариантности физических утверждений относительно преобразований системы отсчета.

Инвариантный — означает «не изменяющийся». Чтобы лучше представить себе, что это значит, приведем в качестве примера некоторые геометрические инварианты. Так окружности с центрами в начале системы прямоугольных координат являются инвариантами вращений. При любых поворотах координатных осей относительно начала такие окружности переходят сами в себя. Прямые линии, перпендикулярные к оси « OY », являются инвариантами преобразований переноса системы координат вдоль оси « OX ».

Но в нашем случае речь идет об инвариантности в более широком смысле слова: любое утверждение только тогда имеет физический смысл, когда оно не зависит от выбора системы отсчета. При этом систему отсчета следует понимать не только как систему координат, но и как способ описания. Как бы ни менялся способ описания, физическое содержание изучаемых явлений должно оставаться неизменным, инвариантным.

Нетрудно заметить, что это условие имеет не только чисто физическое, но и принципиальное, философское значение. Оно отражает стремление науки к выяснению реального, истинного хода явлений, а исключению всех искажений, которые могут быть внесены в этот ход самим процессом научного исследования.

Как мы видели, из работ А. Л. Зельманова вытекает, что ни бесконечность в пространстве, ни бесконечность во времени требованию инвариантности не удовлетворяют. Это означает, что те понятия временной и пространственной бесконечности, которыми мы в настоящее время пользуемся, недостаточно полно отражают реальные свойства окружающего нас мира. Поэтому, видимо, сама постановка вопроса о бесконечности Вселенной в целом (в пространстве и во времени) при современном понимании бесконечности лишена физического смысла.

Мы получили еще одно убедительное свидетельство того, что «теоретические» понятия бесконечности, которыми пользовалась до сих пор наука о Вселенной, носят весьма и весьма ограниченный характер. Вообще говоря, об этом можно было догадываться и раньше, поскольку

реальный мир всегда значительно сложнее любой «модели» и речь может идти лишь о более или менее точном приближении к реальности. Но в данном случае оценить, так сказать, на глаз, насколько достигнутое приближение значительно, было особенно трудно.

Сейчас по крайней мере вырисовывается путь, которым надо идти. Видимо, задача заключается прежде всего в том, чтобы развивать само понятие бесконечности (математическое и физическое) на основе изучения реальных свойств Вселенной. Другими словами: «применять» не Вселенную к теоретическим представлениям о бесконечности, а наоборот, эти теоретические представления к реальному миру. Только такой метод исследования способен привести науку к существенным успехам в данной области. Никакие абстрактные логические рассуждения и теоретические выводы не могут заменить собой фактов, полученных из наблюдений.

Вероятно, необходимо прежде всего на основе изучения реальных свойств Вселенной выработать инвариантное понятие бесконечности.

Да и, вообще, видимо, не существует такого универсального математического или физического эталона бесконечности, который мог бы отобразить все свойства реальной Вселенной. По мере развития знаний число известных нам типов бесконечности само будет расти беспредельно. Поэтому скорее всего на вопрос о том, бесконечна ли Вселенная, никогда нельзя будет дать простой ответ «да» или «нет».

На первый взгляд может показаться, что в связи с этим изучение проблемы бесконечности Вселенной вообще теряет какой бы то ни было смысл. Однако, во-первых, эта проблема в той или иной форме встает перед наукой на определенных этапах и ее приходится решать, а во-вторых, попытки ее решения приводят к целому ряду попутных плодотворных открытий.

Наконец, необходимо подчеркнуть, что проблема бесконечности Вселенной значительно шире, чем просто вопрос о ее пространственной протяженности. Прежде всего, речь может идти не только о бесконечности «вширь», но, если так можно выразиться, и «вглубь». Другими словами, необходимо получить ответ на вопрос о том, является ли пространство бесконечно делимым, непре-

рванным, или в нем существуют некоторые минимальные элементы.

В настоящее время эта проблема уже встала перед физиками. Всерьез обсуждается вопрос о возможности так называемого квантования пространства (а также и времени), т. е. выделения в нем некоторых «элементарных» ячеек, которые являются предельно малыми.

Нельзя также забывать о бесконечном разнообразии свойств Вселенной. Ведь Вселенная — это прежде всего процесс, характерными особенностями которого являются непрерывное движение и непрестанные переходы материи из одного состояния в другое. Поэтому бесконечность Вселенной — это и бесконечное разнообразие форм движения, видов материи, физических процессов, взаимосвязей и взаимодействий и даже свойств конкретных объектов.

Существует ли бесконечность?

В связи с проблемой бесконечности Вселенной возникает на первый взгляд неожиданный вопрос. Имеет ли само понятие бесконечности реальный смысл? Не является ли оно всего лишь условным математическим построением, которому в реальном мире вообще ничто не соответствует? Подобной точки зрения придерживались некоторые исследователи в прошлом, есть у нее сторонники и в настоящее время.

Но данные науки свидетельствуют о том, что при изучении свойств реального мира мы во всяком случае сталкиваемся с тем, что можно назвать физической, или практической, бесконечностью. Например, мы встречаемся с настолько большими (или настолько малыми) величинами, что, с определенной точки зрения, они ничем не отличаются от бесконечности. Эти величины лежат за тем количественным пределом, за которым любые их дальнейшие изменения уже не оказывают сколько-нибудь заметного влияния на существо рассматриваемого процесса. Например, все великое многообразие элементарных событий, имевших место в наблюдаемой области Вселенной за всю историю существования Метагалактики, заведомо не превосходит 10^{200} . Однако мы легко можем написать число в миллион раз большее — 10^{206} , или в миллиард — 10^{209} . В нашем распоряжении имеются

и такие числа, как $10^{1000000}$ или $10^{10^{100}}$. Однако трудно себе представить, чтобы такие числа могли отражать что-либо реальное, а между тем каждое из них с математической точки зрения является конечным.

Таким образом, бесконечность бесспорно существует объективно. Более того, как в физике, так и в математике мы сталкиваемся с понятием бесконечности чуть ли не на каждом шагу. Это не случайность. Обе эти науки, в особенности физика, несмотря на кажущуюся абстрактность многих положений, в конечном счете всегда отталкивается от реальной действительности. Значит, природа, Вселенная в самом деле обладает некоторыми свойствами, которые отражаются в понятии бесконечности.

Совокупность этих свойств и может быть названа реальной бесконечностью Вселенной.

Вселенная и жизнь

Условия жизни

Проблема жизни в космосе — одна из наиболее увлекательных и популярных проблем в науке о Вселенной, которая с давних пор волнует не только ученых, но и множество людей. Еще Джордано Бруно и Михаил Ломоносов высказывали смелые предположения о множественности обитаемых миров. Но только вторая половина двадцатого века поставила эту проблему на твердую научную основу.

Изучение жизни во Вселенной — одна из сложнейших задач, с которой когда-либо встречалось человечество. Ведь речь идет о явлении, с которым людям, по существу, еще не приходилось непосредственно сталкиваться. Человек еще не побывал на других небесных телах, не видел ни одного внеземного живого организма. Все данные о жизни вне Земли, все без исключения, носят чисто гипотетический характер.

Поэтому только глубокое исследование биологических закономерностей, с одной стороны, и космических явлений, — с другой, тщательнейшее сопоставление и анализ разнообразных данных, накопленных различными естественными науками, способны привести к успеху.

В последние годы, в связи с успехами астрономии, биологии, физики и техники возникла самостоятельная научная дисциплина — «экзобиология». Ее основная задача — исследование небесных тел, в первую очередь планет солнечной системы и метеоритов, с точки зрения биологии. Кроме того, экзобиология занимается проблемами, близкими к космонавтике: изучением воздействия космических факторов на живые организмы.

На первый взгляд может показаться, что вопрос о жизни во Вселенной — в значительной степени отвлеченная проблема. Однако это не так. Исследование внеземных, космических форм жизни помогло бы человеку, во-первых, понять сущность жизни, т. е. то, что отличает все живые организмы от неорганической природы, во-вторых, выяснить пути возникновения и развития жизни и, в-третьих, определить место и роль человека во Вселенной. Кроме того, изучение особенностей жизни во Вселенной, ее приспособляемости к необычным с нашей земной точки зрения условиям намного расширило бы научные представления о жизненных процессах и помогло решить целый ряд практических задач земной биологии, медицины, сельского хозяйства.

С развитием космических полетов вопрос о существовании и конкретных формах жизни на других небесных телах приобретает и практическое значение. Мы должны знать заранее, с какими проявлениями жизни можем встретиться на Луне или планетах солнечной системы.

Высадке космических экспедиций на поверхности других небесных тел должна предшествовать большая работа по исследованию обитающих там живых организмов, в частности, по изучению растительности, которая могла бы служить пищей для космонавтов.

Как известно, в современном мире роль науки чрезвычайно велика. От ее развития непосредственно зависит прогресс человечества. При этом речь идет не только о чисто прикладных разделах, но и о самых общих, принципиальных проблемах естествознания, способствующих развитию науки в целом. Проблема внеземной жизни, бесспорно, относится к числу проблем именно такого рода.

Сейчас можно считать достаточно твердо установленным, что на нашей собственной планете жизнь возникла в отдаленном прошлом из неживой, неорганической материи при определенных внешних условиях. Из числа этих условий можно выделить три главных. Прежде всего, это присутствие воды, которая входит в состав живого вещества, живой клетки.

Во-вторых, наличие газовой атмосферы, необходимой для газового обмена организма с внешней средой. Правда, можно представить себе и какую-либо иную среду, например, жидкую (в частности, водную), в которой

может происходить газовый обмен. Однако все же есть основания предполагать, что газовая среда создает более широкие возможности для прогрессивного развития живых организмов.

Третьим условием является наличие на поверхности данного небесного тела подходящего диапазона температур.

Помимо этого, необходима внешняя энергия для синтеза молекулы живого вещества из исходных

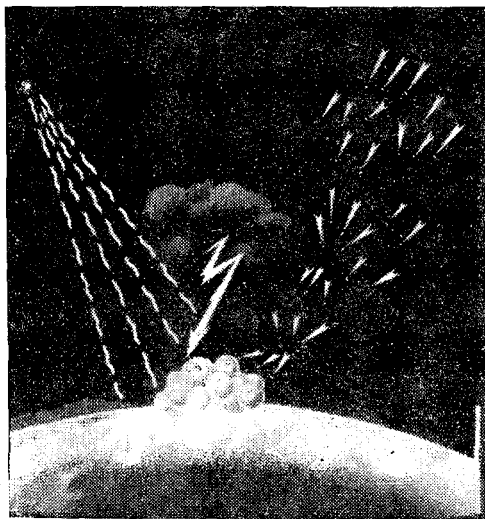


Рис. 38. Синтез молекулы живого вещества.

органических молекул, например, энергия космических лучей или ультрафиолетовой радиации или энергия электрических разрядов.

Внешняя энергия нужна и для последующей жизнедеятельности живых организмов. В частности, мы сами получаем эту энергию с пищей, которая представляет собой не что иное, как своеобразный «концентрат» солнечной энергии.

Условия, необходимые для возникновения жизни, в свое время сложились на нашей планете. И поскольку

эти условия сложились естественным путем, в ходе эволюции Земли, нет никаких оснований считать, что они не могут складываться и в процессе развития других небесных тел.

Советский ученый, академик А. И. Опарин, автор популярной теории происхождения жизни, считает, что она

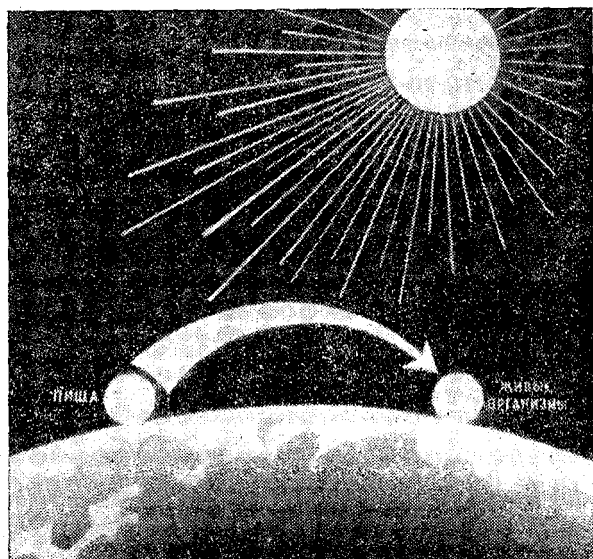


Рис. 39. Для жизнедеятельности необходима внешняя энергия.

должна была появиться тогда, когда поверхность нашей планеты представляла собой сплошной океан. Сначала в результате соединения углерода с водородом и азотом возникли простейшие органические соединения. Затем в водах первичного океана молекулы этих соединений объединились и укрупнились, образуя сложный раствор органических веществ. Наконец, на третьей стадии из этой среды выделились комплексы молекул, которые и дали начало первичным живым организмам.

Поскольку химическую основу жизни земного типа составляют соединения углерода, интересно оценить, насколько велика распространенность этого элемента и

его соединений во Вселенной. Оказывается, достаточно велика! Во всяком случае, мы обнаруживаем углерод в газовых оболочках других планет, в атмосферах звезд, в ядрах комет и даже в облаках межзвездной материи.

В этой связи интересно упомянуть об одной гипотезе, выдвинутой не так давно Оро и поддержанной известным советским ученым академиком В. Г. Фесенковым. Фесенков обратил внимание на то, что своеобразными переносчиками если не самой жизни, то по крайней мере ее исходных элементов могут быть кометы. В ядрах этих небесных тел содержится не только углерод, но и циан, окись и двуокись углерода, кислород, азот, метан и аммиак, т. е. как раз те самые элементарные кирпичики, из которых, согласно теории Опарина, возникают путем постепенного усложнения комплексы молекул, из которых в конечном итоге образуется живое вещество.

Любопытны также выводы, к которым пришел советский ученый Ковальский. Он считает, что при ударах кометных ядер о поверхность планет развиваются высокие давления, которые могут приводить к синтезу таких химических соединений, которые служат ступенью к образованию живого вещества.

В печати появился также ряд сообщений о том, что углеводороды находили и в метеоритах. Действительно, углеводороды типа горного воска были обнаружены в метеоритах еще более ста лет назад. Но в последнее время исследования подобного рода проводились особенно интенсивно. Ученым удалось выделить из метеоритов сложные органические вещества, весьма близкие к тем, которые мы находим в живых организмах. Однако, по мнению ряда крупных ученых, в том числе академика Опарина, это вовсе еще не означает, что эти вещества каким-то образом связаны с явлениями жизни. опыты показывают, что они могли образоваться в метеоритах и чисто химическим путем.

Имеются также сообщения о том, что в некоторых типах метеоритов обнаружены структурные образования, так называемые «организованные элементы»; некоторые исследователи считают их остатками живых организмов. Но при оценке этих данных необходимо учитывать одно важное обстоятельство. Дело в том, что подобные структуры, иногда весьма похожие по строению

на живые формы, могут возникать чисто химическим путем, без каких-либо жизненных процессов. В то же время с астрономической точки зрения весьма трудно представить себе возможность возникновения и существования живых организмов на метеоритах.

Что же касается гипотезы о переносе жизни кометами, то она хорошо согласуется с результатами некоторых лабораторных экспериментов, в ходе которых газобразная смесь водяных паров циана и аммиака подвергалась на протяжении ряда недель воздействию ультрафиолетовых лучей и тихих электрических разрядов. По истечении этого срока в смеси возникали составные части белков и нуклеиновых кислот — веществ, составляющих химическую основу жизни.

В других опытах в условиях, также близких к тем, какие имеются в кометах, наблюдалось образование трехфосфорного аденозина. Это один из тех биологических катализаторов — «энзимов», которые управляют процессами, усложняющими первичное белковое вещество до простейшего организма. Не исключена поэтому возможность, что на определенной стадии своего развития наша Земля, встретившись с кометой, получила от нее тот исходный химический материал, который мог ускорить течение процессов, ведущих к возникновению жизни.

Согласно современным представлениям, кометы образовались в ходе единого процесса формирования нашей планетной системы. Вполне естественно предположить, что кометы имеются и в других планетных системах, а это значит, что и в других планетных системах, вероятно, существуют в исходном виде необходимые химические вещества для построения жизни.

Таким образом, первоначальные продукты для образования живого вещества как будто налицо. Но ведь это только исходные предпосылки для возникновения жизни. Что же касается тех или иных путей формирования и развития живых организмов, то они непосредственно зависят от конкретных физических условий, от условий внешней среды. В данном случае речь идет не о приспособляемости организмов, оказавшихся в необычных условиях, а о том, что живые организмы отражают внешние условия, другими словами, их свойства складываются в процессе естественной эволюции.

Все это приводит нас к заключению, что, с одной стороны, жизнь должна иметь достаточно широкое пространство во Вселенной и что, с другой стороны, в природе, вероятно, существует великое многообразие ее форм.

В свое время Фридрих Энгельс дал определение жизни как формы существования белковых тел, главной, наиболее существенной особенностью которой является обмен с внешней средой. Однако следует иметь в виду, что это определение относится к земной жизни и его нельзя абсолютизировать.

Тем не менее, в своей основе оно сохранило свое значение и до сегодняшнего дня, ибо белок в его современном понимании остается главным вещественным компонентом всех известных нам живых существ и главным участником всех процессов жизнедеятельности. В то же время в свете современных научных данных белок не является и единственным носителем жизни. К ним следует причислить и некоторые высокомолекулярные и высокополимерные соединения, в первую очередь так называемые нуклеиновые кислоты ДНК и РНК.

Изучение закономерностей живой материи сильно осложняется тем обстоятельством, что в настоящее время мы имеем возможность изучать жизнь, так сказать, в «единственном экземпляре», а именно — нашу земную жизнь. Поэтому любые предположения о конкретных свойствах и характере внеземной жизни могут носить лишь сугубо теоретический характер.

Но поскольку теория обладает способностью заглядывать в неизвестное, и это уже не раз приводило к блестящим результатам, которые впоследствии оправдывались на практике, — теоретические соображения о возможных формах жизни представляют несомненный интерес.

В научно-фантастической повести советского писателя-фантаста И. Ефремова рассказывается о случайной встрече в космосе земного звездолета с космическим кораблем другой цивилизации. Корабли сходятся и их обитатели устанавливают контакт друг с другом. Но тут выясняется, что миры, где они живут, принципиально отличаются друг от друга. В атмосфере той планеты, откуда прилетел встречный корабль, роль кислорода

выполняет фтор. Этот газ, смертельно ядовитый для людей, у пришельцев — газ жизни. И, наоборот, наш кислород столь же смертелен для них. Роль воды на далекой планете выполняет жидкий фтористый водород — та самая плазиковая кислота, которая у нас разъедает стекло и разрушает почти все минералы.

Неожиданное препятствие делает немислимым прямое общение людей с Землей с пришельцами из космоса...

Но возможно ли нечто подобное в действительности?

Во всяком случае, совершенно очевидно, что тот химизм жизни, с которым мы имеем дело у себя на Земле — явление далеко не случайное: он тесно связан с астрономической и геологической историей нашей планеты.

На первоначальной и более поздних стадиях формирования Земли сложились основные черты тех физических и химических условий (в частности, температурные условия и наличие различных химических элементов), которые определили характер дальнейших химических процессов.

В частности, единственным широко распространенным подходящим биологическим растворителем на Земле оказалась вода. Именно вода определила химический характер земной жизни, так как многие вещества, входящие в состав живой материи, прямо или косвенно образуются из воды. Углерод же — элемент, способный образовывать молекулярные цепочки — при земных температурах явился тем оптимальным элементом, участие которого в химических превращениях обеспечивает не слишком высокую и не чересчур малую скорость реакций. А это имеет чрезвычайно важное значение для живых структур.

Химический состав живых организмов Земли определяет и температурные границы их существования. Поскольку водные растворы могут оставаться жидкими лишь в пределах приблизительно от минус 20 до плюс 100 градусов Цельсия, то это и есть примерные границы активной жизни. Если в скрытых формах она может переносить и более низкие температуры, то высоким температурам углеродные соединения противостоять не в состоянии.

Однако, в принципе, не исключена возможность, что на других небесных телах, при иных физических условиях может быть и иная химия жизни.

Так, например, в роли химического растворителя может выступать не только вода, но и некоторые другие вещества, обладающие определенными свойствами. К ним, в частности, относятся способность растворять большое количество различных веществ и хорошая текучесть. Кроме того, растворитель должен медленно нагреваться и медленно остывать. Это необходимо, чтобы предохранить живой организм от резких температурных колебаний. Хорошо также, если растворитель обладает низкой теплопроводностью. Это создает дополнительную защиту от возможных изменений температуры.

Важной характеристикой является и так называемая скрытая теплота переходов, т. е. то количество калорий, которое нужно затратить, чтобы один грамм данного вещества перевести из твердой фазы в жидкую и из жидкой в газообразную. При высокой теплоте переходов растворитель защищен от легкого замерзания или закипания, а это расширяет температурные пределы существования активной жизни.

Подходящими «жизненными растворителями» для низких температур могут быть, например, фтористый водород или аммиак. Фтористый водород замерзает при температуре -83°C , а кипит при температуре $+20^{\circ}\text{C}$. Что же касается аммиака, то при атмосферном давлении он существует при температуре от -78°C до -33°C .

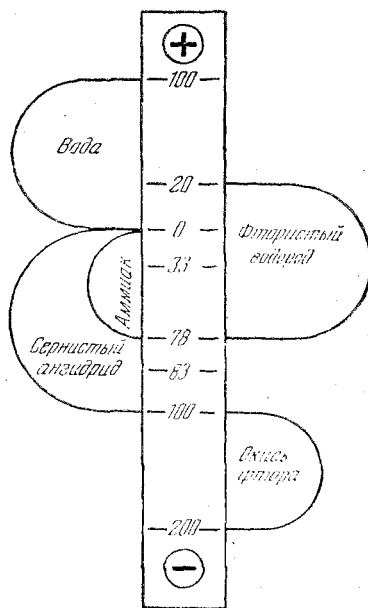


Рис. 40. «Жизненные растворители» для разных температур.

При температуре от 0°C до -100°C растворителем может быть сернистый ангидрид, выделяющийся при вулканических явлениях, а при температуре ниже 100°C окись фтора, по многим свойствам напоминающая воду. Что же касается еще более низких температур, ниже -200°C , то подобные условия вряд ли пригодны для жизни. При такой температуре химические связи с атомами углерода становятся настолько прочными, что органические молекулы теряют способность эффективно участвовать в реакциях.

С другой стороны, можно представить себе живые молекулы, в которых роль углерода выполняет какой-либо другой химический элемент, например, кремний или германий. Кремниевая или германиевая жизнь могла бы существовать лишь при достаточно высоких температурах от 200° до 400° Цельсия. Свойства растворителей с высокими температурами пока изучены недостаточно. Но, в принципе, такие горячие «жизненные растворители» можно себе представить, например, сернистые соединения фосфора и некоторые другие.

Но, разумеется, все это только предположения, хотя при том бесконечном разнообразии, которое существует во Вселенной, вряд ли химия живого везде является точной копией земной.

Однако, если не вступать в область, близкую к фантастике, и оставаться на почве лишь достаточно твердо установленных научных фактов, то при поисках живых организмов на других небесных телах мы должны прежде всего исходить из того, что нам известно о земной жизни.

Пояс жизни

Что касается нашей солнечной системы, то различные ее планеты движутся на разных расстояниях от Солнца и получают неодинаковое количество солнечной энергии. В связи с этим, в солнечной системе может быть выделен своеобразный тепловой пояс жизни. В него входят Земля и две соседние с ней планеты — Венера, более близкая к Солнцу, и более далекая от Солнца планета Марс.

Остальные планеты находятся в неблагоприятных тепловых условиях и не приходится ожидать, что на их

поверхности могут существовать живые организмы земного типа.

Знакомство с небесными телами, расположенными в поясе жизни солнечной системы, мы начнем с нашей космической соседки, спутника Земли, — Луны.

На первый взгляд физические условия на Луне полностью исключают возможность существования живых организмов. Мы уже говорили о том, что на Луне отсутствует атмосферная оболочка, нет воды. Мало пригодны для жизни на этом небесном теле и температурные условия. На Земле атмосфера играет роль гигантского воздушного одеяла, предохраняющего земную поверхность от потери тепла в мировое пространство. На Луне атмосферы нет, и поэтому вполне естественно, что разница между температурами дня и ночи должна быть здесь весьма ощутима. Специальные измерения, проведенные в последние годы советскими астрономами, показали, что в ночное время температура лунной поверхности составляет около минус 150 градусов Цельсия. С наступлением же дня он быстро поднимается до 130 градусов выше нуля.

К этому надо еще добавить, что земная атмосфера служит своеобразным экраном, защищающим биосферу нашей планеты от губительного действия первичных космических лучей, а также рентгеновской и ультрафиолетовой радиации Солнца. Воздушная броня «прикрывает» нас и от мельчайших метеорных частиц, которые с огромными скоростями несутся в космическом пространстве и сталкиваются с Землей. Если бы не атмосфера, стремительные космические лучи грозили бы в любую секунду пронизать нас насквозь. На Луне же, благодаря отсутствию газовой оболочки, поверхность подвергается постоянной «обработке» метеоритами, частицами, входящими в состав космического излучения и корпускулярных потоков Солнца, а также жесткой электромагнитной радиацией.

Пока можно лишь гадать о том, существуют ли в природе достаточно высокоорганизованные формы жизни, способные развиваться при подобных условиях. Это скорее область фантастики. Если же оставаться на почве реальных фактов, то можно гарантировать, что для подавляющего большинства известных нам организмов лунные условия абсолютно непригодны.

Исключения могут составлять лишь микробы и бактерии, которые, как известно, способны приспосабливаться к самым, казалось бы, неблагоприятным условиям. Не говоря уже о том, что многие микроорганизмы могут в течение длительного времени переносить нагревание и глубокое охлаждение, некоторые формы бактерий способны существовать в условиях облучения ультрафиолетовыми и радиоактивными излучениями, губительными для высокоорганизованных существ. Так, известны микроорганизмы, живущие непосредственно на урановых рудниках. Были обнаружены бактерии в тяжелой воде атомных реакторов, в зоне постоянной интенсивной радиации.

Многие микроорганизмы хорошо выдерживают и сильное охлаждение. Они не погибают даже при температурах, близких к абсолютному нулю. Более того, оказалось, что подобную температуру способны переносить не только одноклеточные, но и некоторые высшие растения, например, всем хорошо известная черная смородина.

Столь широкая и быстрая приспособляемость микроорганизмов к необычным условиям объясняется тем, что микробы и бактерии необычайно быстро размножаются, давая в короткие промежутки времени большое количество поколений. Чем быстрее происходит смена потомств, тем больше мутаций, тем чаще появляются всевозможные отклонения от нормы. Следовательно, тем больше вероятность возникновения таких форм, которые лучше прежних отвечают изменившимся условиям внешней среды. Естественный отбор и последовательность закрепляют эти качества в последующих поколениях и в конце концов приводят к образованию новой формы микроорганизмов, соответствующих данным конкретным условиям.

Во всяком случае, в настоящее время ряд ученых считает, что на Луне имеются органические вещества. Они могли образоваться здесь на заре существования Луны или быть занесенными на ее поверхность метеоритами. Высказываются даже предположения, что под внешним слоем лунного грунта, на глубине примерно около 10 м расположен целый мощный слой сложных органических соединений.

Правда, на Луне нет воды, а согласно теории Опарина переход от первичных органических веществ к об-

разованию живых организмов происходит именно в водной среде. Однако не исключена возможность, что когда-то Луна обладала атмосферой и жидкой водой. Возникшие в те времена живые организмы, разумеется, весьма примитивные, впоследствии могли уйти в глубины лунного грунта, где сравнительно невелики температурные колебания и могла в каком-то виде сохраниться вода.

Некоторые наблюдатели отмечали изменения цвета отдельных участков лунной поверхности, которые они склонны были связывать даже с какими-то растительными процессами. Так, например, было замечено, что во время полнолуния середина одного из морей, Моря Ясности, приобретает зеленовато-серый оттенок. Правда, окраска эта очень слаба и имеет вид легкой дымки.

В другом месте, к северо-западу от кольцеобразных гор Аристарх и Геродот, на много километров тянется холмистая нагорная область. В обычное время она имеет почти такой же цвет, как и остальные части лунной поверхности. Но вблизи полнолуния вся эта область становится желтовато-зеленой. И это уже не легкая цветная дымка, а довольно яркая окраска. Во время первой и последней четверти близ середины лунного диска появляется довольно большое расплывчатое пятно. Оно, подобно тени, покрывает даже некоторые горные цепи, так что их вершины становятся едва различимыми. Но совершенно очевидно, что это не тень. Немного севернее этого пятна расположено другое, также имеющее желтовато-зеленоватую окраску. Во время полнолуния это пятно становится очень темным, а в центре его появляется круглая светлая поверхность.

Во всех указанных случаях изменения окраски происходят в соответствии со сменой лунных фаз, т. е. с изменением высоты Солнца над лунным горизонтом. Поэтому весьма вероятно, что отмеченные изменения связаны с условиями освещения и обогрева лунной поверхности лучами Солнца. Советский астроном профессор Н. П. Барабанов выдвинул предположение, согласно которому пятна, появляющиеся на поверхности Луны, представляют собой нечто вроде легкого инея. Образуются в течение длинной и холодной лунной ночи, они затем испаряются под лучами Солнца.

При изучении Луны и в особенности других планет солнечной системы с помощью космических аппаратов необходимо иметь в виду, что земные бактерии, занесенные на поверхность других космических тел, могут дать потомство, способное существовать в новых условиях. Нетрудно представить себе, что произошло бы, если бы земные микробы и бактерии попали на лунную поверхность и начали там размножаться. В короткий срок они заселили бы всю Луну, и тогда в будущем оказалось бы весьма трудным, а может быть, и невозможным, дать ответ на вопрос, существуют ли на Луне собственные формы микроорганизмов или они по неосторожности занесены нами с Земли?

В одном из фантастических произведений Артура Кларка рассказывается о том, как космическая экспедиция, высадившаяся на Венере, натолкнулась на местную растительность, совершенно непохожую на земную. Устроив перерыв в своей прогулке по планете, космонавты раскинули герметическую палатку и принялись завтракать. Закончив трапезу, они сложили остатки пищи в специальные мешочки и беспечно оставили их в том месте, где устраивали привал. Но мешочки были закрыты недостаточно плотно, и земные микроорганизмы нашли дорогу наружу. Венерианская жизнь оказалась под угрозой уничтожения.

Действительно, при освоении космоса мы не имеем права забывать о том, что земные микробы и бактерии могут оказаться губительными для местных форм жизни. В связи с этим необходима тщательная стерилизация всех земных объектов, направляемых на другие небесные тела.

Стерилизация деталей ракеты производится либо путем многодневного нагревания до сравнительно невысокой температуры порядка 105° Цельсия, либо путем их облучения ионизирующими излучениями, губительными для микробов. Иногда применяется и так называемая «чистая» сборка. Устройство или прибор собираются из стерильных деталей в специальных стерильных боксах с очищенным от микроорганизмов воздухом. При этом сборщики работают в стерильных скафандрах и герметических шлемах.

Правда, по отношению к лунным аппаратам требование стерилизации, к сожалению, выполняется не слиш-

ком строго. Например, американские ученые подвергали стерилизации лишь первые аппараты серии «Рейнджер», а затем отказались от этой меры предосторожности, ссылаясь на то, что жизнь на Луне весьма маловероятна.

Но когда дойдет очередь до межпланетных полетов человека, то вопрос о стерилизации встанет со всей остротой, особенно стерилизации при возвращении на Землю. Ведь точно так же, как земные микробы опасны для инопланетной жизни, микроорганизмы, занесенные на Землю с других космических миров, представляют собой серьезную угрозу для человечества. Поэтому со временем будут, вероятно, разработаны надежные меры обезвреживания космических аппаратов и оборудования после возвращения из полетов на другие небесные тела. Что же касается экипажей космических кораблей, то они будут подвергаться после посадки длительному карантину.

Сейчас трудно сказать, какими именно причинами вызываются изменения цвета тех или иных лунных деталей. Большинство исследователей все же не склонно связывать эти явления с какими-либо органическими процессами. Но тем не менее, несмотря на суровые условия Луны, там в принципе не исключена возможность существования низших организмов, например, типа земных анаэробных бактерий.

Как мы уже отмечали, есть основания предполагать, что на Луне происходит выделение из грунта углекислого газа. Возможно, что этот газ выделяется не только во время вулканических извержений, но и постоянно из трещин на дне некоторых кратеров. В пористом лунном грунте микроорганизмы могут найти и необходимые питательные вещества. Кроме того, углекислый газ, взаимодействуя с горными породами, может, как говорят химики, восстанавливаться; при этом процессе происходит выделение кислорода. Кроме того, недавние наблюдения горьковских радиоастрономов показали, что с увеличением глубины температура лунного грунта довольно быстро растет. Это, возможно, создает достаточно благоприятные условия для того, чтобы лунные микроорганизмы могли переживать холодные и длинные ночи.

Если окажется, что на Луне действительно существуют микроорганизмы, их изучение представит колос-

сальный интерес для науки. Оно поможет нам глубже разобраться в сложных биологических закономерностях жизненных процессов. Дальнейшее исследование Луны с помощью автоматических станций, путь которым проложили советские космические аппараты, позволит получить ответ на эти волнующие вопросы.

Вернемся, однако к планетам теплового пояса жизни. Что касается Венеры, то на вопрос о возможности существования жизни на этой планете ответить весьма затруднительно, так как условия на ее поверхности до сих пор все же остаются для нас в значительной степени загадкой.

Но если температура на поверхности Венеры действительно высока, то приходится признать, что, несмотря на наличие атмосферной оболочки, условия на этой планете малопригодны для жизни.

Гораздо перспективнее в этом отношении Марс.

Вот уже на протяжении почти целого столетия красноватая планета привлекает к себе самое пристальное внимание ученых, да и не только ученых. Привлекает, главным образом, именно потому, что имеются достаточно веские основания предполагать возможность существования на этой планете живых организмов.

Таинственный Марс

Пожалуй, нет другого такого небесного тела, которое послужило бы объектом стольких поразительных гипотез и научно-фантастических романов. Да и по сей день с Марсом связан целый ряд интереснейших вопросов, которые все еще ожидают своего решения. Загадочные каналы, таинственные «сигналы» с Марса, странные вспышки, — вот далеко не полный перечень сенсаций, связанных с красноватой планетой.

В наши дни астрономов прежде всего интересует вопрос о физических условиях на Марсе. Решение именно этой проблемы и должно послужить тем ключом, с помощью которого можно было бы, наконец, раскрыть волнующую тайну жизни на Марсе. Многочисленные данные, которыми располагает современная наука, свидетельствуют о том, что в общем и целом марсианские условия могли бы оказаться более или менее пригодными по крайней мере для некоторых организмов зем-

ного типа. Это обстоятельство говорит о том, что поиск жизни на Марсе, который ведет современная наука, является достаточно перспективным.

Разумеется, наиболее эффективным средством решения проблемы была бы посылка к Марсу автоматических станций, оборудованных системой мягкой посадки, или, что еще лучше, высадка на поверхности таинственной планеты экспедиций. Однако многое могут дать и чисто астрономические методы исследования.

Дело в том, что живые организмы, обитающие на небесном теле, непрерывно взаимодействуют с окружающей средой. Это взаимодействие приводит к определенным изменениям планетарного масштаба, которые, в принципе, могут быть обнаружены даже на значительном расстоянии. Так, например, на поверхности Марса имеются темные пятна, получившие условное название «морей». Они меняют свою окраску в соответствии со сменой времен года. Это явление весьма напоминает по своему характеру сезонные изменения цвета земной растительности.

Однако нельзя не принимать во внимание, что различные изменения, происходящие на поверхности небесных тел, могут быть всего лишь следствием чисто неорганических процессов. Необходим метод, который позволял бы выделять результаты жизнедеятельности живых организмов, если они существуют на данном небесном теле.

Идея такого метода, оказавшегося весьма плодотворным, была выдвинута советским исследователем Г. А. Тиховым. Он предложил изучать оптические свойства марсианских морей и сравнить их с оптическими свойствами земной растительности. Когда первые наблюдения такого рода были проведены, обнаружилось существенное расхождение в свойствах между растениями нашей планеты и предполагаемыми марсианскими живыми организмами.

Именно тогда А. П. Кутыревой, ставшей впоследствии одной из ближайших сотрудниц Г. А. Тихова, была высказана интересная мысль, которая легла в основу новой науки — астроботаники. Основная сущность идеи Кутыревой заключается в том, что при сравнении оптических свойств земной и марсианской растительности необходимо учитывать разницу физических условий,

существующих на поверхности этих небесных тел. Подобный путь не только создал возможность для объективной оценки природы наблюдаемых на Марсе или на любой другой планете изменений, но и открыл реальную возможность выявления специфических свойств инопланетного растительного мира. Ведь свойства любых живых организмов должны находиться в строгом соответствии с внешними условиями. Между тем физические условия на Марсе в целом хотя и сходны с земными, все же во многом весьма существенно от них отличаются. Так, сила тяжести на Марсе в два с лишним раза меньше, чем на Земле. Атмосфера Марса значительно разреженнее, чем воздух нашей планеты. К тому же в «воздушной» оболочке Марса до сих пор не обнаружен свободный кислород, играющий такую важную роль в существовании жизни на Земле. В связи с этим можно предположить, что марсианские растения, если они существуют, выделяют кислород не в атмосферу, а в почву, или удерживают его в своей корневой системе, подобно некоторым земным болотным растениям.

Не исключена также возможность, что попытки найти кислород в атмосфере Марса закончилась неудачей просто потому, что марсианская растительность чрезвычайно скудна и выделяет слишком мало кислорода, чтобы его можно было обнаружить с Земли.

Особо следует остановиться на воде, которая является важной составной частью живого вещества. Еще раньше было известно, что на Марсе нет больших открытых водных поверхностей. Такие водоемы должны были бы давать в лучах Солнца яркие блики. Но никто никогда подобных бликов на Марсе не наблюдал. Кроме того, открытые водоемы на Марсе должны были бы промерзнуть до дна и никогда не отогрелись бы. И все же многие исследователи Марса считали, что жидкая вода на поверхности планеты есть: об этом, казалось, убедительно свидетельствовало уменьшение в весенне-летнее время («таяние») белых пятен, расположенных в полярных областях планеты, — полярных шапок.

Однако советский ученый проф. А. И. Лебединский пришел к выводу, что при тех физических условиях, которые существуют на поверхности Марса, вода в жидком состоянии находиться там не может. Жидкая вода должна немедленно испаряться, а водяной пар быстро

замерзать и оседать на поверхности в виде тонкого слоя льда. Это предположение находит себе подтверждение в астрономических наблюдениях. В 1956 г. на Марсе несколько раз появлялись большие белые пятна, которые, по-видимому, и представляли собой снегоподобные или ледяные осадки, осевшие на значительной части поверхности планеты. По мнению Лебединского, и полярные шапки также представляют собой тонкий слой льда толщиной всего лишь в несколько миллиметров. Изменение размеров полярных шапок весной он объясняет их испарением, происходящим в результате повышения температуры.

Марсианская почва, вероятно, представляет собой слой льда или вечной мерзлоты. Жидкая же вода может существовать только на значительной глубине. Однако, по мнению Лебединского, марсианские растения, если они действительно существуют, могут доставать ее оттуда с помощью развитой корневой системы.

Что же касается общих запасов воды на Марсе в виде вечной мерзлоты и подпочвенных вод, то они, по-видимому, сравнимы с земными, поскольку обе эти планеты формировались в сходных условиях. В связи с этими выводами была, между прочим, высказана оригинальная идея, связывающая марсианские каналы с трещинами, образующимися в толще льда или вечной мерзлоты.

На Марсе достаточно тепло. В сравнительно близкой к экватору части планеты температура днем в летнее время достигает 20° , а в зонах полярного дня она в течение полугода держится на уровне выше нуля. Но даже в районе экватора летом суточные колебания температуры достигают $80-90$ градусов.

Столь значительное отличие в физических условиях Земли и Марса свидетельствует о том, что жизнь на этой планете, если она действительно существует, должна во многом отличаться от земной.

В частности, академик А. И. Опарин считает, что на первых порах Марс мог быть богаче водой, чем в настоящее время, и в тех водных пространствах, которые покрывали поверхность планеты, эволюция органических веществ могла идти «земным путем» и привести к образованию живых организмов. Однако с течением времени физические условия на Марсе менялись по другим

законам, чем на Земле и это привело к значительному расхождению между этими планетами. Дальнейшая эволюция жизни на Марсе должна была пойти иным путем.

Скорее всего, современные обитатели Марса — это низкоорганизованные микробы, способные обходиться без свободного кислорода. Разумеется, земным живым организмам было бы трудно приспособиться к условиям Марса. Но жизнь, возникшая непосредственно на Марсе, вполне могла развиваться и дальше, применительно к весьма суровым с нашей, земной, точки зрения условиям.

Что же касается самого доказательства растительной природы марсианских морей, то паряду с результатами спектральных исследований были получены и другие данные, свидетельствующие в пользу подобной точки зрения. Так, например, все наблюдатели Марса единодушно отмечали, что во время великого противостояния 1956 г. атмосфера планеты была очень сильно затемнена, из-за чего часто нарушалась видимость отдельных деталей. В частности, в сентябре южная полярная шапка Марса на протяжении нескольких дней подряд была совершенно затянута какой-то желтоватой мглой.

Советскому астроному проф. И. Н. Сытинской удалось показать, что эта мгла состояла из тех самых частиц, из которых состоит и поверхность планеты.

Если предположить, что поверхность Марса покрыта песком или глиной, то мгла является весьма важным аргументом в пользу того, что «морья» действительно представляют собой зоны растительности. В самом деле, очертания «морей» в течение многих лет остаются почти неизменными. Между тем всякие иные образования, кроме растительных, были бы неизбежно засыпаны песком. Опыт Земли свидетельствует о том, что только растительность может столь успешно сопротивляться наступлению пустыни.

Однако в дальнейшем советские ученые и одновременно с ними французский астроном О. Дольфюс пришли к выводу, что красновато-желтая мгла, наблюдаемая по временам на Марсе, вероятно, представляет собой не пылевые бури, а сухие туманы. Скорее всего, они состоят из мельчайших частиц одной из разновидностей железной руды — лимонита, или охры, которые даже при небольшом ветре могут подниматься в воздух.

Интересная попытка выяснения специфических свойств предполагаемых марсианских растений была предпринята недавно советским астрономом К. А. Любарским. Он подверг тщательному исследованию вопрос о жизни на Марсе как с точки зрения астрономических данных, так и с точки зрения биологии и физиологии растений. В результате Любарский пришел к выводу, что у марсианских растений отсутствует хлорофилл. Как известно, хлорофилл — это особый пигмент, который имеется у всех земных растений и который придает им зеленый цвет. Хлорофилл играет важную роль в процессе фотосинтеза, т. е. построения растением органических веществ из неорганических исходных продуктов под действием солнечных лучей.

Действительно, спектральные наблюдения Марса не обнаруживают признаков присутствия хлорофилла в зонах предполагаемого расположения растительности. Как же у марсианских растений происходит в таком случае процесс фотосинтеза? По мнению молодого исследователя, роль хлорофилла у растений Марса играют так называемые каротиноиды, пигменты красноватого цвета, которые есть и у земных растений, но играющие у них второстепенную роль. Этот вывод хорошо согласуется с наблюдениями Н. П. Барабашова, согласно которым марсианские моря всегда имеют красноватый оттенок.

Весьма интересны результаты фотографирования Марса американской космической станцией «Маринер 4». Анализ этих фотографий показывает, что по своему характеру марсианская поверхность скорее напоминает поверхность Луны, нежели поверхность Земли. Кроме того, изучение данных, полученных с помощью бортовой аппаратуры «Маринера 4», показывает, что физические условия на Марсе еще более суровы, чем предполагалось раньше.

Интересно, что когда на фотографиях Марса, полученных с помощью «Маринера 4», обнаружались кратеры, похожие на лунные, многие астрономы были в буквальном смысле слова ошеломлены. Однако по зрелом размышлении они пришли к выводу, что все обстоит именно так, как и должно быть. Поскольку разреженная атмосфера Марса не в состоянии препятствовать движению метеоритных тел, они могут свободно

проникать к поверхности планеты и при ударах образовывать кратеры.

Если принять во внимание, что на Земле, защищенной атмосферной оболочкой, подобных кольцевых образований практически нет, то станет ясно, что кратеры на снимках «Маринера 4» являются серьезным аргументом в пользу метеоритной гипотезы происхождения лунных цирков, хотя нельзя полностью исключить и возможность того, что марсианские кратеры имеют вулканическое происхождение.

Следует отметить, что современные исследования Марса требуют весьма тщательных точных наблюдений в инфракрасной области спектра, а это в свою очередь связано с применением весьма сложной аппаратуры.

Дело в том, что при наблюдениях в инфракрасной области в пределах от 8 до 12 микрон начинает играть существенную роль собственное тепловое излучение аппаратуры. Чтобы избежать ошибок, приборы приходится охлаждать с помощью жидкого гелия. А его перевозка — дело довольно сложное.

Любопытно, что когда американские астрономы решили однажды применить инфракрасную методику для изучения Луны, они вынуждены были перебросить в обсерваторию, где предстояло проводить наблюдения, около 5000 кг груза.

Результаты «инфракрасных» наблюдений Марса, проведенных советским астрономом В. И. Морозом, оказались весьма интересными. Выяснилось, что давление атмосферы у поверхности Марса составляет всего около 7—14 мм ртутного столба. Очень сильную разреженность марсианской атмосферы подтвердили и наблюдения, произведенные станцией «Маринер 4».

Этот вывод имеет важное практическое значение для космонавтики. Очевидно, в разреженной газовой оболочке Марса торможение космических аппаратов парашютными системами невозможно. Посадку здесь придется осуществлять с помощью ракетных двигателей, как и посадку на Луну.

Астробиологические исследования на наших глазах постепенно приобретают новый характер. Можно ожидать, что дальнейшее изучение Марса не только пополнит наши знания об этой планете, но и значительно рас-

ширит научные представления о закономерностях развития живой материи.

Между прочим, исследование Марса представляет не только биологический, но и геофизический интерес. В частности, изучая Марс со стороны, мы имеем возможность охватить одновременными наблюдениями сразу половину планеты. Некоторые метеорологи, например, уже высказывали идею изучения законов общего движения воздушных масс над Землей, так называемой атмосферной циркуляции, путем наблюдения за атмосферой Марса. В этой связи интересно вспомнить, что в период великого противостояния Марса в 1956 г., когда солнечная активность достигала весьма высокого уровня, на красноватой планете наблюдались сильные ветры, пыльные бури, неожиданные заморозки и другие проявления атмосферной неустойчивости. Но значительная неустойчивость наблюдалась в тот же период и в земной атмосфере.

Особый интерес вызывают знаменитые марсианские каналы. Впервые они были замечены итальянским астрономом Скиапарелли в 1887 г., как густая сетка правильных геометрических линий, покрывающих поверхность планеты.

В дальнейшем американский астроном, энтузиаст изучения Марса П. Ловелл, в результате многолетних наблюдений составил подробное описание марсианских каналов и происходящих с ними сезонных изменений. Ловелл считал, что таинственные темные линии — не что иное, как сеть ирригационных сооружений, построенная разумными обитателями красноватой планеты. Однако впоследствии другие астрономы, наблюдая Марс, каналов не обнаруживали. Тогда у некоторых ученых сложилось мнение, что каналов вообще не существует, что это обман зрения, оптическая иллюзия, возникающая при наблюдении Марса в слабые телескопы.

Фотографические исследования каналов, предпринятые в 40-х годах, а затем во время великого противостояния 1956 г., все же подтвердили их существование. По мнению американского ученого Э. Слайфера, недавно опубликовавшего материалы своих многолетних фотографических наблюдений Марса и весьма совершенную фотокарту загадочной планеты, реальность марсианских каналов в настоящее время не вызывает сомнений.

Правда, все эти образования имеют мало общего с «оросительной системой» Ловелла. Они выглядят темными жилками неправильной формы и цепочками отдельных пятнышек. В то же время общая картина

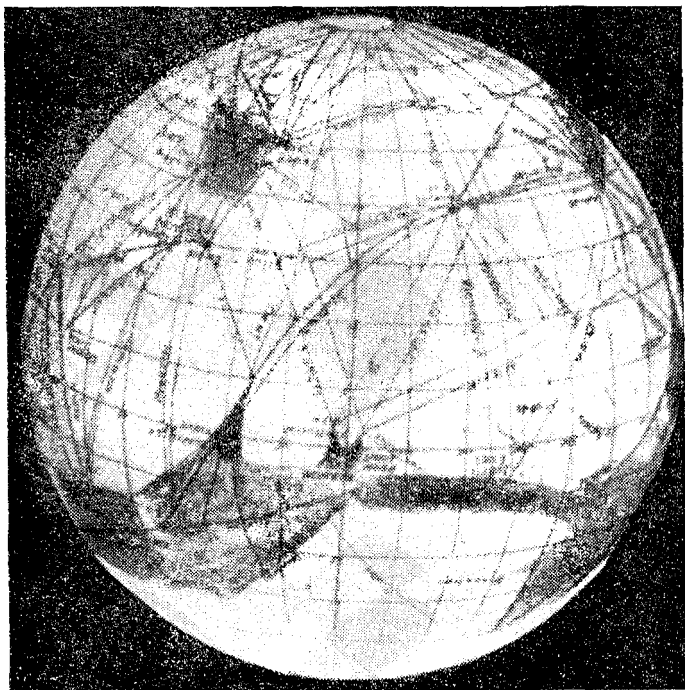


Рис. 41. Сеть каналов Марса.

расположения «каналов» на поверхности планеты хорошо согласуется с результатами наблюдений Ловелла.

На протяжении последних десятилетий относительно природы марсианских каналов был высказан целый ряд всевозможных догадок и предположений. Одни исследователи считают каналы зонами растительности, другие — образованиями тектонического характера или своеобразными трещинами в вечной мерзлоте, третьи — результатами ударов о марсианскую поверхность ги-

гантских метеоритов. Наконец, четвертые высказывают предположение о возвышенностях, которые в зимнее время заносятся песком, а под действием весенних ветров вновь обнажаются. В защиту каждой из этих гипотез приводятся определенные аргументы, но каждая из них встречает и серьезные возражения. Видимо, для окончательного выяснения конкретной природы марсианских каналов астрономическими методами в настоящее время недостает фактических данных.

Однако в последние годы в связи с развитием некоторых разделов современной математики появилась возможность подойти к проблеме каналов с иной, несколько неожиданной стороны.

Что, если попробовать отвлечься от физической природы загадочных линий и попытаться получить ответ на другой вопрос: похожа ли вся сеть каналов в целом на образования, свойственные неживой природе, или она обладает особенностями, более характерными для сооружений, создаваемых руками человека.

С этой целью некоторые исследователи сделали попытку воспользоваться аппаратом так называемой «теории графов» — математической дисциплины, основанной знаменитым математиком, действительным членом Российской Академии наук Леонардом Эйлером. Эта теория изучает свойства геометрических «сетей», т. е. фигур, представляющих собой совокупности точек (узлов) и соединяющих их линий. Графами являются, например, любые многоугольники, сети шоссе и железных дорог, системы оросительных каналов и т. п.

Один из важных результатов теории графов заключается в следующем: тщательный статистический анализ различных образований типа сетей, встречающихся в земных условиях, привел ученых к выводу, что искусственные сети, т. е. сети, возникшие в результате деятельности живых существ, определенным образом отличаются от естественных. Характерным признаком сетей, образующихся в неживой природе, является преобладание узлов третьего порядка, т. е. таких узлов, в которых сходятся по три линии, в то время как в сетях искусственного происхождения преобладают узлы с четырьмя сходящимися линиями. Исходя из этого, научный сотрудник Пулковской обсерватории Ю. Филиппов проанализировал фотокарту Э. Слайфера и сопоставил ее

с сетью железных дорог Советского Союза. Аналогичные исследования были проведены также американским ученым А. Уэббом, который сопоставлял «каналы» как с сетями природного характера (лазовыми трещинами, трещинами на глазури), так и с сетями, созданными живой природой (паутиной, сетью железных дорог США в штатах Огайо и Айова). Оба ученых пришли к поразительному выводу: сеть каналов Марса обладает преимущественно узлами четвертого порядка и относится к так называемым сетям коммуникационного типа, т. е. весьма похожа на сети, создаваемые живой природой.

Мало того, статистический анализ показывает, что сети, создаваемые разумными существами, характеризуются не только обилием узлов с четырьмя лучами. Они отличаются также значительным количеством узлов более высоких порядков, и чем совершеннее сеть, тем более высокий процент таких узлов она содержит. Например, по подсчетам Уэбба сеть железных дорог сельскохозяйственного штата Айова имеет 3,2% узлов от 8-го порядка и выше. В то же время железнодорожная сеть развитого в промышленном отношении штата Огайо имеет 12% подобных узлов.

Интересно, что сеть марсианских каналов также отличается значительным процентом узлов высоких порядков.

Разумеется, на основании только этих результатов делать вывод о том, что создание сети марсианских каналов связано с деятельностью разумных существ, было бы по меньшей мере преждевременным.

Но бесспорно, что весьма любопытные выводы, к которым приводит теория графов, делают выяснение природы загадочных марсианских образований еще более увлекательной проблемой.

Разум в космосе

Несколько лет тому назад в переводе на русский язык вышел любопытный научно-фантастический роман «Черное облако», автором которого является известный английский астрофизик Фред Хойл.

...Однажды астрономы заметили, что к Солнцу из глубин Вселенной приблизилось таинственное Черное облако. Появление облака вызвало серьезные нарушения

в поступлении солнечного тепла, вследствие чего на Земле создавалась катастрофическая ситуация. В дальнейшем ученым удалось установить, что Черное облако представляет собой не что иное, как высокоорганизованное разумное существо, которое приблизилось к Солнцу, чтобы пополнить запасы жизненной энергии. С облаком



Рис. 42. Ф. Хойл, «Черное облако».

даже удастся установить прямой контакт и начать обмениваться информацией...

Облако — живое существо, да еще высокоразумное! Разумная жизнь — не на поверхности планеты, а непосредственно в космосе, в космическом вакууме, пронизанном губительными излучениями. Подобное предположение вступает в явное противоречие с нашими представлениями о сущности жизни.

Конечно, живое, разумное космическое облако — всего лишь гипербола писателя-фантаста. Однако с ее помощью Хойл стремится не только поразить читателя, но и привлечь его внимание к одному чрезвычайно интересному обстоятельству.

На протяжении довольно длительного времени многие исследователи полагали, что разумная жизнь во Вселенной — явление исключительно редкое. Сторонники подобной точки зрения исходили из того, что, по их мнению, возникновение разумной жизни на Земле представляет собой результат случайного стечения большого числа благоприятных обстоятельств. Стоило одному из них не осуществиться, и жизнь на нашей планете могла либо вообще не возникнуть, либо, возникнув, не «дойти» в процессе эволюции до человека. Вероятность повторного стечения подобных же обстоятельств, — утверждали скептики, — ничтожно мала.

Однако в настоящее время большинство ученых настроено гораздо более оптимистично и к тому имеют достаточные серьезные основания. Во-первых, современная наука располагает многочисленными данными, которые приводят нас к выводу о возможности достаточно широкого распространения жизни во Вселенной. Во-вторых, подобные проблемы вообще нельзя решать на основе чисто арифметических подсчетов. И, наконец, в-третьих, пессимисты молчаливо предполагали, что высокоорганизованные разумные обитатели Вселенной должны быть точной копией человека. Но обязательно ли это?

Писатели-фантасты в своих произведениях часто изображают представителей инопланетных цивилизаций в совершенно неожиданных формах, вплоть до уродливых карликов или великанов и даже каких-то аморфных существ. Вряд ли в основе подобной фантазии лежат серьезные соображения, — скорее всего, желание поразить воображение читателя.

Однако, бесспорно, что строение живых организмов, в том числе и разумных, в значительной степени зависит от физических условий на поверхности данного небесного тела. Отчасти мы уже касались этой проблемы в одной из первых глав. Сейчас мы еще раз вернемся к ней, но с несколько иной стороны.

В фантастической повести Д. Биленкина «Десант на Меркурии» рассказывается, как участники космической экспедиции, впервые высадившиеся на поверхности Меркурия, обнаружили, что на этой планете зрение не в состоянии правильно информировать человека об окружающей обстановке. Глаза — важнейший из наших органов чувств, сформировались в земных условиях, в соответствии с особенностями распространения световых лучей в земной атмосфере, и неудивительно, что к необычной атмосферной оптике Меркурия они оказались неприспособленными.

Та же мысль, но в несколько иной форме проводится и в рассказе В. Комарова и В. Шрейберга «Отступление Хроноса», опубликованном в сборнике «Земля и Вселенная», вышедшем в издательстве «Знание». В давние времена в излучении Солнца присутствовала определенная частота электромагнитных колебаний (А-волны), которая впоследствии в результате эволюции дневного светила оказалась утраченной. Но так как живые организмы Земли формировались и развивались под непрерывным воздействием А-волн, это не могло не сказаться на их строении. Постепенно А-волны стали играть роль своеобразного генератора источника энергии для мозговых процессов. С исчезновением А-волн воспринимавший их участок мозга превратился в своеобразный рудимент. Но если бы удалось определить точную частоту А-волн и воспроизвести их искусственным путем, в руках людей оказалось бы могучее средство, способное умножать силы человека, активизировать его мышление, продлевать его жизнь...

Разумеется, это фантастика. Но если говорить серьезно, то внешний вид существ, в том числе и разумных, во многом определяется такими физическими факторами, как величина силы тяжести, скорость суточного вращения планеты, спектральный состав излучения центральной звезды и т. п. Значение этих факторов должно неизбежно сказываться на строении скелета разумных существ, их дыхательного аппарата и системы кровообращения, на строении органов чувств и центральной нервной системы.

Например, так называемая двухсторонняя симметрия земных живых организмов (наличие у большинства из них брюшной и спинной стороны, правого и левого бока),

очевидно, могла появиться только под действием земного тяготения. В условиях невесомости, где нет ни «верха», ни «низа», ни преимущественных направлений, организмы, вероятно, должны были бы обладать центральной симметрией.

Величина земного тяготения сказалась и на размерах живых существ, обитающих на суше. Очевидно, эволюция и борьба за существование привели к тому, что эти размеры являются оптимальными для данных условий. Интересно, что в воде, где в соответствии с законом Архимеда действие силы земного притяжения в определенной степени компенсируется весом вытесненной жидкости, обитают и более крупные животные. Например, синий кит имеет в длину около 33 м и весит свыше 100 т. На суше подобное чудовище оказалось бы весьма неповоротливым.

Кстати сказать, именно в водной среде чаще всего встречаются живые организмы, обладающие центральной-лучевой симметрией, например, морские звезды.

Нельзя забывать и того, что в эволюции жизни на всех стадиях, предшествующих появлению разумных существ, чрезвычайно важную роль играет изменчивость живых организмов.

Именно благодаря изменчивости появляются формы, лучше приспособленные к реальным внешним условиям, чем существовавшие до этого. Но изменчивость в животном мире — процесс случайный, ибо он связан со случайными мутациями. С другой стороны, сложившимся внешним условиям могут одинаково хорошо отвечать различные варианты живых форм, и какой из них будет «предложен» изменчивостью природе в первую очередь — дело случая, а от этого в известной степени зависит если не сам дальнейший ход эволюции, то в какой-то степени ее результат.

Одним словом, бесконечно разнообразная природа может преподнести нам такие сюрпризы, о которых мы даже не подозреваем.

Разумеется, предвидеть во всех деталях разнообразие конкретные формы разумных организмов, обитающих на других космических мирах, невозможно. Мы не располагаем для этого достаточным количеством необходимых данных. Но мы уже обладаем вполне достаточными знаниями, чтобы представить себе некоторые

общие свойства живых организмов, независимо от того, из каких веществ они состоят и каково их строение.

Поэтому представляется целесообразным сделать попытку вообще отвлечься от конкретных свойств живого и конкретных материальных носителей жизни и взглянуть на жизнь с более широкой точки зрения, выявить «функциональные» свойства живых организмов.

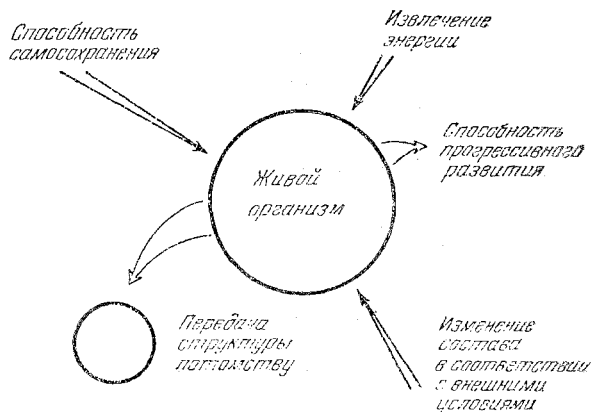


Рис. 43. Функциональное определение жизни.

Какими свойствами должно обладать любое живое существо?

Ответить на этот вопрос попытались кибернетики. Наиболее полно эти идеи были выражены известным советским ученым, академиком А. Н. Колмогоровым. Живым организмом, — утверждают кибернетики, — следует считать любую материальную систему (независимо от ее химического состава и физической структуры), обладающую, примерно, следующими свойствами: способностью извлекать необходимую информацию из окружающей среды, изменять в соответствии с внешними условиями свой химический состав, не меняя при этом структуры, передавать эту структуру потомству, а также способностью самосохранения и способностью прогрессивно развиваться.

Что же касается разумных существ, то они, помимо этого, должны еще обладать способностью сознательно обрабатывать полученную информацию и в процессе общения друг с другом коллективно добиваться наиболее полного соответствия между внешней средой и собственной структурой.

В принципе, можно представить себе даже целую цивилизацию, которая не только не является биологической, но составляет единую кибернетическую систему, а не совокупность отдельных разумных существ: вспомним хойловское «Черное облако». Вероятно, возможны и другие типы внеземных цивилизаций.



Рис. 44. Функциональное определение разумного организма.

Конечно, это еще не решение проблемы. Дать ответ на вопрос о том, насколько справедливы подобные соображения, сможет только будущее. Однако вряд ли можно оспаривать, что оригинальный подход, предложенный кибернетиками, во всяком случае расширяет наши представления о жизненных процессах. К тому же эти соображения лишней раз убеждают нас в том, что жизнь представляет собой достаточно распространенную форму существования материи во Вселенной. В свое время английский астрофизик Джеймс Джинс, известный своими идеалистическими высказываниями, утверждал, что «жизнь — это плесень, возникающая на поверхности небесных тел». Джинс изображал жизнь как отбросы движения материи. Но все данные современной науки сви-

детельствуют о том, что в действительности живое вещество — это одна из необходимых форм существования материи и ее роль в общем круговороте вещества во Вселенной, быть может, куда более значительна, чем мы предполагали раньше.

Жизнь и природа

Таким образом, все говорит о том, что живое вещество закономерно образуется в процессе круговорота неорганической материи... Это в свою очередь дает основания считать, что жизнь представляет собой достаточно распространенное явление во Вселенной. Более того, есть основания предполагать, что в самом движении материи, в самих ее свойствах «заложены» определенные условия, которые приводят к возникновению жизни.

Еще в середине прошлого столетия известный немецкий физик Р. Клаузиус сформулировал так называемое второе начало термодинамики, согласно которому теплота может переходить сама собой лишь от более теплого тела к более холодному, и это продолжается до тех пор, пока температуры обоих тел не сравняются. Подобный процесс выравнивания температур между телами, нагретыми в различной степени, мы встречаем на каждом шагу в нашей повседневной жизни.

Представим себе, что все реки Земли сливаются в один океан и что попавшая в него вода уже не возвращается.

Когда вода в реках стекает с более высокого уровня на уровень океана, в ней содержится некоторый запас энергии, который можно превратить в работу, скажем, заставив воду вращать турбины гидроэлектростанций. Но та вода, которая попала в океан, в этом смысле уже не представляет никакой ценности. Ведь для того чтобы заставить эту воду работать, пришлось бы сливать ее на еще более низкий уровень.

Точно так же, в результате тепловых взаимодействий и некоторая часть теплоты обесценивается, теряет способность совершать работу. Эту необратимую, так сказать, «потерянную» энергию Клаузиус предложил называть греческим словом «энтропия», что означает «замкнутая в себе», неиспользованная. В любой замкнутой, изолированной физической системе все виды энергии

должны постепенно «стечь» в «тепловой океан», а теплота равномерно распределиться между всеми телами. Как только это произойдет, наступит «тепловая смерть» нашей системы — какие бы то ни было процессы в ней полностью прекратятся.

Этот закон, справедливый для любых замкнутых физических систем, Клаузиус распространил на всю Вселенную.

— Энтропия Вселенной стремится к некоторому максимуму, — утверждал он. — А когда это состояние окажется достигнутым, наступит «тепловая смерть» мира.

Мы не будем сейчас подробно останавливаться на проблеме «тепловой смерти» Вселенной. Советские ученые дали достаточно развернутую и обоснованную критику этой идеалистической гипотезы.

В данный момент нас будет в первую очередь интересовать то обстоятельство, что движение материи неизбежно связано с рассеянием энергии и ростом энтропии, ведущим к прекращению этого движения. Но поскольку, с одной стороны, это явление происходит повсеместно, а с другой, «сохранение движения» является неотъемлемым свойством материи, формой ее существования, то можно предположить, что движение материи должно содержать в себе и какие-то противоположные тенденции, обладающие достаточно всеобщим характером.

С точки зрения «статистической физики» переход от состояний с меньшей энтропией к состояниям с большей энтропией — это переход от состояния с меньшей вероятностью к состояниям с большей вероятностью. «Тепловая смерть» — это состояние с максимальной энтропией, состояние полного равновесия. Такое состояние отличается от всех других возможных состояний наибольшей вероятностью.

Таким образом, интересующий нас вопрос сводится к следующему: возможны ли в природе переходы от более вероятных состояний к менее вероятным, и если да, то при каких условиях они происходят?

Оказывается, переходы, о которых идет речь, вообще говоря, совершаются и в неорганическом мире. Но среди всех известных нам природных процессов чаще всего к созданию маловероятных состояний приводит деятельность живых существ. Более того, в большинстве случаев взаимодействия живых организмов с окружающим ми-

ром приводят именно к таким состояниям, чрезвычайно маловероятным с точки зрения чисто неорганических процессов.

В качестве наглядного примера можно привести хотя бы образование залежей каменного угля, исходным материалом для которого послужила древняя растительность. То же самое можно сказать и о формировании земной атмосферы. Ведь было время, когда в воздушной оболочке Земли совершенно отсутствовал свободный кислород. Он выделен в атмосферу живыми организмами: бактериями, водорослями, растительностью.

В еще большей степени все сказанное относится к разумной деятельности человека. Здания, машины, станки, приборы, ракеты... — все, что создается руками людей. Могли ли эти продукты деятельности человеческого разума и труда людей возникнуть сами собой, в ходе естественных процессов, в результате случайного соединения различных молекул и атомов? Ясно, что вероятность подобных событий практически равна нулю. Человек же сознательно создает подобные состояния. Тем самым деятельность разумных существ представляет собой процесс, диаметрально противоположный тому естественному ходу развития событий, при котором физическая система стремится к наиболее вероятному состоянию, т. е. к состоянию полного равновесия.

В какой-то степени способность к созданию маловероятных состояний можно считать одним из основных признаков, отличающих живое от неживого, своеобразным определением живого организма.

От чего же зависят масштабы антиэнтропийной деятельности разумных существ? Они непосредственно связаны с величиной так называемой «информации». Если энтропию можно с полным правом считать мерой хаоса и разрушения, то информация — мера организованности и упорядоченности процессов. Рост информации активизирует сознательную деятельность человеческого общества, делает ее более эффективной и тем самым ведет к уменьшению энтропии.

Разумеется, нельзя забывать о том, что любое уменьшение энтропии в некоторой области может быть достигнуто лишь за счет ее возрастания в более широкой области, включающей первую. Но это уже другой вопрос.

Таким образом, деятельность живых организмов и в первую очередь разумных существ является по крайней мере одним из тех видов движения материи, которые противостоят рассеянию энергии и росту энтропии. Сама материя содержит в себе способность порождать такие формы движения, которые предотвращают ее вырождение.

Это важное обстоятельство дает нам право рассматривать явления жизни не просто как один из возможных видов существования материи, возникающей при случайном благоприятном стечении обстоятельств, а как одну из необходимых форм ее существования, способную оказывать заметное влияние на общий круговорот материи во Вселенной.

В поисках внеземных цивилизаций

Мы не одни

В эти дни все радиоастрономы мира несли единую вахту. Необозримый простор звездного неба был аккуратно «размежеван» на множество участков. И каждый из них «поручили» определенному радиотелескопу. Как обычно в дни больших научных сражений, ученые трудились особенно увлеченно, с предельным напряжением. То, к чему они стремились, вполне этого заслуживало...

И вот наконец... Взмолвленные лица склонились над широкой лентой регистратора. Вдоль нее тянулась прерывистая извилистая черная линия. Запись космических сигналов...

Сомнений нет. Все именно так, как предсказывала теория. Перед учеными Земли лежала запись космической радиогаммы, отправленной в просторы Вселенной разумными обитателями другой планеты. Первый межкосмический радиообмен с участием Земли состоялся...

Вы бросаетесь к газетной подшивке. Торопливо листаете страницы. Неужели вы могли пропустить такую сенсационную новость?! Не волнуйтесь. Событие, о котором идет речь, еще не произошло. Но никогда до сих пор наука не была столь близка к реальному осуществлению этой увлекательной мечты...

Еще совсем недавно, всего какие-нибудь несколько лет назад, с проблемой инопланетных цивилизаций можно было встретиться разве только на страницах научно-фантастических романов. Но мы живем в удивительное время. Его характерной чертой является необычайно бурное развитие науки и техники...

Май 1964 года. Солнечная Армения. Вокруг — снежные вершины гор. На их фоне причудливо возвышаются

высокие башни с серыми куполами. Знаменитая Бюраканская обсерватория. В последние годы название этого научного учреждения все чаще и чаще встречается на страницах газет и журналов в связи с самыми животрепещущими астрономическими проблемами.

На этот раз здесь проходило не совсем обычное совещание. Обсуждалась проблема «Внеземные цивилизации». В Бюракан съехались представители различных наук: не только «чистые» астрономы, но и радиофизики,

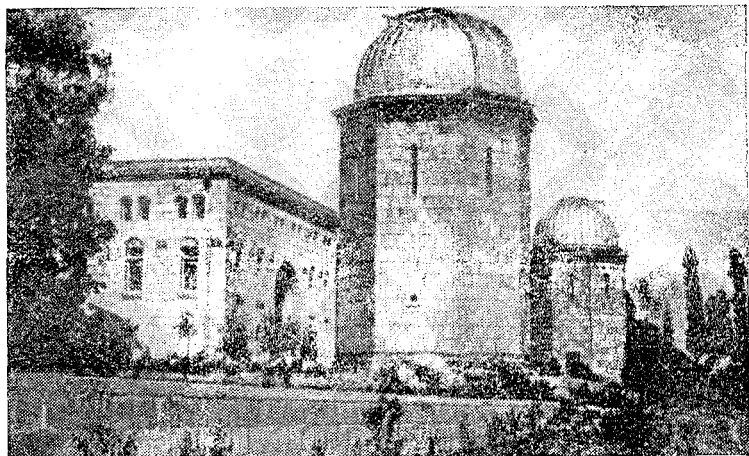


Рис. 45. Бюраканская обсерватория

кибернетики, философы. Их привлекла не совсем обычная тема конференции. Впервые в нашей стране на столь представительном научном форуме обсуждался вопрос о возможности установления контактов с внеземными цивилизациями...

Существуют ли высокоразвитые цивилизации? Много ли их? Какого уровня они достигли? Какого рода контакты они могут устанавливать между собой?.. И проблемы более практические: каким способом обнаружить искусственные сигналы внеземных цивилизаций, каковы их особенности, какими свойствами они должны обладать и с каких расстояний приходить, как расшифровать эти сигналы, как выработать язык, пригодный для меж-

звездных связей... И, наконец, самое главное: приходят ли сигналы разумных обитателей Вселенной к нам на Землю?

По существу, на наших глазах рождается новая наука. Она не имеет еще официального названия, но ей бесспорно предстоит сыграть весьма значительную роль в развитии человечества.

Обмен информацией с другими космическими цивилизациями, достигшими достаточно высокого уровня развития, имел бы необычайно важное значение для человечества.

В предыдущих главах мы познакомились с рядом методов астрономических исследований, способами получения информации о разнообразных явлениях, происходящих во Вселенной. Но в принципе возможен еще один способ, который может оказаться во много раз более эффективным, чем все они вместе взятые. Этот способ — обмен информацией с другими разумными обитателями Вселенной. Наибольший интерес, разумеется, представляли бы сведения, полученные от космических цивилизаций, достигших значительно более высокого уровня развития, чем земное человечество.

В последние годы в советской и зарубежной печати появились интересные публикации относительно содержания знаменитой беседы В. И. Ленина с английским фантастом Гербертом Уэллсом, основанные на записях, сделанных самим писателем.

В ходе этой беседы, отвечая на один из вопросов Уэллса, В. И. Ленин подчеркнул, что установление межпланетных связей не только приведет к пересмотру всех наших философских, социальных и моральных представлений, но и сделает безграничным технический потенциал человечества.

Но есть ли у нас достаточно оснований для вывода о том, что во Вселенной существует большое число разумных цивилизаций? Ведь для возникновения и развития жизни необходимы определенные условия, и трудно сказать, как часто они могут складываться на тех или иных небесных телах. Во всяком случае, в пределах нашей солнечной системы такие условия сложились только на Земле.

Все данные астрономии свидетельствуют о том, что разумная жизнь, видимо, может существовать только на

планетах — несамосветящихся спутниках звезд. Поэтому проблема в значительной степени сводится к ответу на вопрос: существуют ли вокруг других звезд планетные системы подобные солнечной?

Согласно современным представлениям наша солнечная система образовалась из холодного газо-пылевого облака, которое миллиарды лет назад окружало Солнце. Данные астрономии относительно происхождения Земли, солнечной системы и звезд свидетельствуют о том, что образование планетных систем представляет собой вполне закономерный этап в развитии некоторых классов звезд. Таким образом, планетные системы должны быть распространены во Вселенной.

Однако все это общетеоретические соображения. Можно ли точно определить, около каких именно звезд обращаются планеты?

Сделать это чрезвычайно сложно. Как известно, поперечник Солнца в 400 раз больше поперечника Луны, однако при наблюдении с Земли лунный диск имеет примерно такие же угловые размеры, как и диск Солнца. Это объясняется тем, что Солнце расположено в 400 раз дальше от Земли, чем Луна.

Поскольку видимые размеры Солнца зависят от расстояния, то чем дальше расположена планета, тем меньшие угловые размеры имеет солнечный диск. При наблюдении с Плутона Солнце представлялось бы уже не кружком, а звездой без следов диска размером меньше одной угловой минуты.

Расстояние же до звезд, даже ближайших, во много раз превосходит расстояния в пределах нашей солнечной системы. Даже ближайшие звезды настолько далеки от нас, что при наблюдении в самые мощные телескопы все же выглядят точками. Поэтому такие небесные тела, как планеты, которые обладают гораздо меньшими, чем звезды, геометрическими размерами и светят слабым, отраженным светом своих солнц, обнаружить непосредственными оптическими наблюдениями практически невозможно.

Однако существует косвенный метод, правда, очень сложный, требующий весьма длительных и точных наблюдений, который позволяет определить, есть ли у звезды темные планетоподобные спутники. Уже давно было замечено, что некоторые звезды совершают своеобраз-

ные «колебания», отклоняясь то в одну, то в другую сторону от своего обычного «среднего» положения на небе. Расчеты, проведенные астрономами, показали, что это явление может объясняться только притяжением со стороны темных планетообразных спутников, обращающихся вокруг таких звезд. Дело в том, что в системе «центральное тело — спутник» фактически имеет место обращение обоих тел вокруг общего центра масс, положение которого не совпадает с геометрическим центром «главного» тела. В связи с этим наблюдателю должно казаться, что звезда, обладающая спутником, совершает периодические колебания относительно некоторого среднего положения на небе. Однако зарегистрировать подобные колебания чрезвычайно трудно и пока их удалось наблюдать лишь у нескольких звезд, причем значительная часть этих наблюдений требует еще дальнейшей тщательной проверки.

Все же существуют звезды, для которых подобная задача разрешена. Одной из них является звезда из созвездия Лебедя, вошедшая в звездные каталоги под номером 61. Первые упоминания о ней относятся еще к середине XVII в., а в 1725 г. она вошла уже в один из звездных каталогов как двойная, т. е. состоящая из двух звезд, обращающихся вокруг общего центра тяжести. В 1893 г. немецкий астроном Вильзинг обнаружил, что расстояние между обеими звездами меняется. На этом основании он высказал предположение о том, что у 61 Лебедя есть темный спутник. В последующие годы на эту тему было опубликовано несколько работ, содержащих весьма противоречивые результаты. Между тем в Пулковской обсерватории накопился огромный материал многолетних фотографических наблюдений 61 Лебедя, систематически проводившихся с 1902 г. Тщательный анализ 129 пластинок позволил советскому астроному А. Н. Дейчу не только подтвердить существование темного спутника 61 Лебедя, но и определить его массу. Она оказалась равной двум сотым массы Солнца (масса самой крупной планеты солнечной системы Юпитера составляет 0,001 массы Солнца).

Аналогичные данные получены еще для двух звезд: звезды Лаланда и звезды Барнарда.

Особенно большой интерес представляет невидимый спутник звезды Барнарда, открытый в 1963 г. американ-

ским ученым П. Ван де Кампом. Как показывают вычисления, масса этого спутника всего в 1,5 раза превосходит массу Юпитера. Но тело с такой массой не может быть звездой. Скорее всего, это гигантская планета.

И все же во всех трех случаях, о которых идет речь, массы темных спутников оказались значительно большими, чем масса самой крупной из планет солнечной

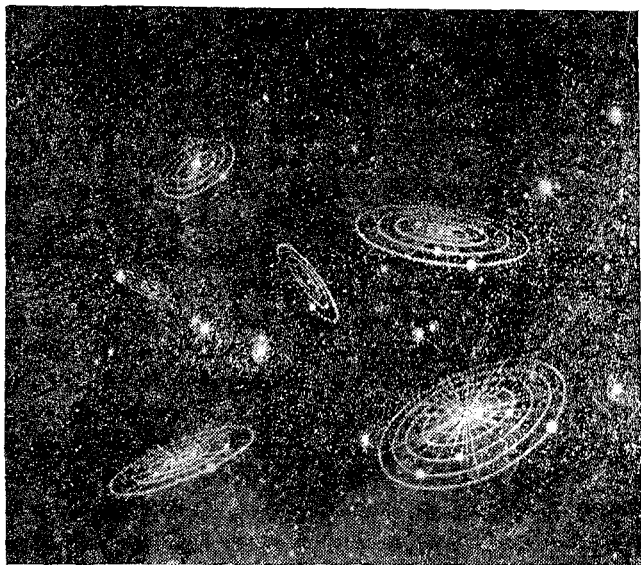


Рис. 46. Звезды с планетами.

системы. Кроме того, орбиты, по которым движутся эти спутники, весьма сильно вытянуты. Между тем планеты, движущиеся вокруг своих солнц по сильно вытянутым орбитам, вряд ли могут быть пригодными для жизни. Ведь при таком обращении количество поступающего на их поверхность тепла подвержено весьма резким периодическим колебаниям.

С другой стороны, при поисках планетоподобных спутников по методу измерения колебаний звезды обычно исходят из предположения о том, что в системе имеется

всего два тела, обращающихся вокруг общего центра масс: звезда и ее спутник. Между тем в действительности дело может обстоять совершенно иначе: вокруг звезды могут одновременно обращаться несколько спутников, а это значит, что наблюдаемые нами колебания звезды, возможно, представляют собой результат совокупного движения целой системы тел. Игнорирование подобной возможности неизбежно приведет к значительным ошибкам как в отношении масс темных спутников, так и в отношении характера их орбит.

Таким образом, по крайней мере с теоретической точки зрения, вполне возможно, что так называемые «темные спутники», обнаруженные у некоторых звезд, в действительности представляют собой целые планетные системы.

Нельзя не упомянуть еще об одной возможности обнаружения планетных систем вокруг других звезд. Если бы некий наблюдатель, расположенный далеко за пределами солнечной системы и находящийся в плоскости движения планет, систематически следил за Солнцем, он заметил бы, что через определенные промежутки времени происходят периодические ослабления солнечного света. Эти ослабления связаны со своеобразными частными затмениями нашего дневного светила, которые должны происходить в те моменты, когда между наблюдателем и Солнцем будет проходить самая крупная планета солнечной системы Юпитер. Подобные же затмения могут происходить и у других звезд, обладающих планетами. С наземных обсерваторий заметить происходящие при этом ослабления света практически невозможно из-за атмосферных помех. Но измерения с помощью приборов, вынесенных за пределы атмосферы, могли бы дать необходимую точность.

Однако вернемся к звездам, обладающим темными спутниками. Хотя три планетные системы — это немного, важен сам факт их существования. Он дает возможность перейти к статистическим подсчетам количества планетных систем.

Были предложены различные методы решения этой задачи. Все они приводят к приблизительно одинаковым результатам. Получается, что в нашей звездной системе Галактике примерно каждая сотая или тысячная звезда обладает планетами. Но, разумеется, далеко не каждая

планетная система и тем более далеко не каждая планета может быть обитаема. Для этого должны выполняться некоторые дополнительные условия, которые относятся как к самой планете, так и к центральной звезде.

В частности, высокоорганизованная жизнь может существовать лишь на таких планетах, которые обращаются вокруг достаточно старых звезд. Ведь процесс эволюции от момента зарождения простейших форм жизни до развития высших форм цивилизации требует значительных промежутков времени.

Кроме того, звезда — солнце должна обладать достаточно спокойным «характером». Ее излучение подобно излучению нашего Солнца должно оставаться неизменным на протяжении миллиардов лет.

Это накладывает известные ограничения на предполагаемое количество обитаемых планет. Если учесть возможный процент неблагоприятных вариантов, а также то обстоятельство, что жизнь может возникать на разных планетах в различные эпохи и, следовательно, в различные эпохи достигать своей высшей стадии развития, то все же окажется, что вокруг нас в Галактике существует достаточно большое число разумных цивилизаций. И это только в нашей Галактике, а ведь в наблюдаемой области Вселенной имеется несколько миллиардов таких звездных островов.

Во всяком случае в настоящее время у нас нет сомнений в том, что земное человечество — не единственная разумная цивилизация Вселенной. Это естественный и закономерный вывод из всех наших знаний в области астрономии, физики, биологии, философии.

Прилетали ли на Землю гости из Космоса?

Но если разумные существа действительно обитают на других мирах, нельзя ли установить с ними непосредственный или хотя бы, так сказать, заочный контакт, получить о них какие-либо сведения?

Как это сделать? Ожидать, пока на Землю спустится космический корабль с другой планеты? В принципе подобное событие возможно. Может случиться так, что не успеете вы дочитать эту страницу, как рядом с вашим домом опустится инопланетный космический корабль.

Однако вероятность такого «посещения» именно в текущую эпоху чрезвычайно мала.

А что, если заглянуть в историю? Ведь поверхность нашей планеты — это своеобразный музей древностей. В нем «хранятся» следы многих событий, происходивших на протяжении ряда тысячелетий. Другими словами, что, если поискать в истории Земли следы пришельцев из космоса? Вероятность успеха в этом предприятии будет тем выше, чем больший исторический период мы охватим. За последние годы идея подобных поисков приобрела немалую популярность. Удалось обнаружить целый ряд весьма любопытных фактов, которые если и не имеют непосредственного отношения к инопланетным космонавтам, то во всяком случае заслуживают специального объяснения.

Так, например, в ряде мест на Земле сохранились остатки циклопических сооружений, воздвигнутых в древние времена. Одно из таких сооружений — знаменитая Баальбекская терраса — расположена вблизи гор Антиливана в Сирии. Она состоит из гигантских тысячетонных каменных плит, которые были вырублены в находившейся неподалеку каменоломне и затем непонятным образом подняты на большую высоту.

Несколько лет назад в Коста-Рике и других районах Центральной Америки были обнаружены большие каменные шары поперечником около двух и более метров исключительно правильной геометрической формы. Эти загадочные шары, изготовленные из белой лавы, встречаются на равнине среди банановых плантаций, далеко от тех мест, где имеются выходы лавовых пород.

Но даже в настоящее время вытачивание шаров на станках представляет собой далеко не простую задачу. Поэтому трудно себе представить, как могли быть изготовлены многие сотни, а может быть, и тысячи больших каменных шаров без применения вращающих приспособлений и точных лекал. Интересно также, что шары располагаются на местности определенными геометрическими фигурами, положение которых обнаруживает известную зависимость от стран света. Установлено, что шары эти находились на своих местах задолго до испанского завоевания.

Из числа археологических находок следует отметить наскальные фрески, обнаруженные французскими

учеными в пустыне Сахаре. На одной из них среди изображений различных животных бросается в глаза фигура, весьма напоминающая своими очертаниями человека в скафандре.

Вообще говоря, всем этим и ряду других подобных фактов можно, в принципе, дать объяснение с точки зрения «гипотезы космонавтов». Гигантские сооружения

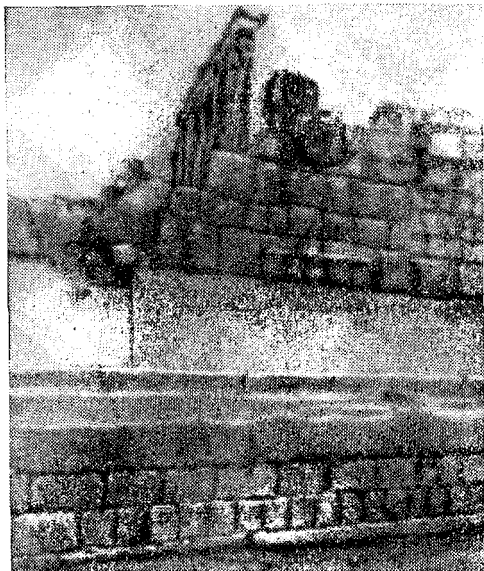


Рис. 47. Баальбекская терраса.

древности могут быть истолкованы как своеобразные памятники, воздвигнутые звездными пришельцами в память о посещении Земли. Баальбекская терраса и другие подобные ей постройки окажутся чем-то вроде ракетных стартовых площадок, специально воздвигнутых космонавтами. Загадочные белые шары могут быть приняты за своеобразные «посадочные знаки» для космических кораблей и т. д.

Однако, к сожалению, подобные рассуждения не являются в достаточной мере доказательными. Прежде

всего, объяснение приведенных выше фактов появлением на Земле космических пришельцев не единственно возможное. Каждый из этих фактов можно объяснить и другими, вполне земными причинами. Кроме того, в ряде случаев космонавтическая гипотеза вызывает возражения и по существу.

Начнем хотя бы с циклопических построек. На Земле существует довольно много сооружений такого рода,

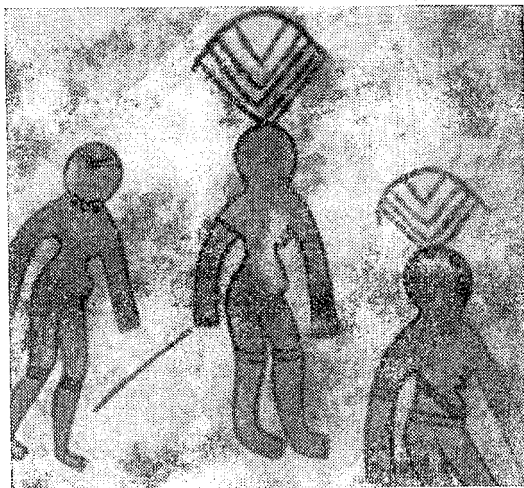


Рис. 48. Фрески в пещерах в пустыне Сахара.

относящихся к историческим временам. Они расположены в самых различных районах нашей планеты. Уже одно это делает весьма сомнительной их связь с космическими пришельцами. Трудно предположить, что посетив Землю, обитатели других миров возвели такое количество гигантских сооружений.

Но если хотя бы одно из них построено людьми, то возведение гигантских сооружений древности самими людьми, без «посторонней» помощи, перестает быть неразрешимой проблемой. Да и наблюдал же известный норвежский путешественник Тур Хейердал, как жители острова Пасхи решают аналогичные задачи с помощью самых примитивных средств.

Возникает и еще один вопрос.

История человечества показывает, что имеет место одна любопытная закономерность. Чем выше уровень развития цивилизации, тем экономнее расходует она свои силы и средства, тем рациональнее создаваемые ею сооружения, тем в большей степени отвечают размеры этих сооружений задачам, которые они призваны решать.

Космические же пришельцы, бесспорно, должны быть представителями высокоразвитой цивилизации. Зачем же им понадобилось возводить столь неоправданно громоздкие и в общем-то бесполезные постройки, требующие огромной затраты сил? Мало вероятно, чтобы они были нужны им самим. Что же касается предположения о том, что Баальбекская терраса могла быть использована в качестве площадки для старта космических кораблей, то оно тоже вызывает весьма серьезные сомнения. Трудно предположить, что, отправляясь в далекий и трудный полет, инопланетные космонавты пользовались кораблями, нуждающимися в специальных твердых стартовых площадках для подъема с поверхности другой планеты. Ведь если бы по тем или иным причинам такую площадку не удалось построить, космические пришельцы были бы поставлены в безвыходное положение.

Мало вероятно также, что создавая циклонические сооружения, космические пришельцы хотели тем самым оставить по себе память жителям Земли. Надо полагать, что для решения этой задачи они выбрали бы какой-нибудь другой, более рациональный способ. Посылая на Луну космическую ракету, советские ученые вложили в нее специальный вымпел с гербом нашей Родины и датой полета. Между тем ни одна из гигантских построек не содержит никаких указаний на связь с космонавтами. Если бы гости из космоса действительно побывали на Земле, они, безусловно, оставили бы гораздо более определенные указания, а также информацию в помощь разумным обитателям планеты.

Следует, наконец, упомянуть и о мнении историков и археологов. Они считают, что Баальбекская терраса и расположенные на ней постройки хранят на себе черты определенной эпохи. Их архитектурный стиль — это явно финикийский стиль с римскими наслоениями.

Ничего определенного не дает и открытие таинственных белых шаров. Прежде всего, нет ничего удивительного в известной геометрической правильности их расположения. Ведь даже беспорядочно разбросанные на местности шары всегда можно соединить прямыми линиями таким образом, что в результате получатся правильные геометрические фигуры. Например, любые три шара всегда образуют вершины треугольника.

Могут ли шары служить посадочными знаками? Американские шары довольно велики по размерам и могут быть замечены с высоты на сравнительно большом расстоянии. Но оказалось, что эти шары отнюдь не являются единственными в своем роде. Белые шары были обнаружены и на территории нашей страны, в частности, в горных районах Кашка-Дарьинской области. Однако эти шары имеют различную величину: есть среди них и совсем маленькие, которые явно непригодны в качестве «указателей». С другой стороны, и эти шары также обладают абсолютно правильной формой. Все это вместе взятое скорее всего указывает на естественное происхождение шаров.

Что же касается скальных фресок в Сахаре, то, во-первых, сходство между изображениями на скале и космонавтами в скафандрах является весьма отдаленным; усмотреть его можно лишь при известном воображении. Во-вторых, и это самое главное, при истолковании скальных рисунков необходимо учитывать особенности стиля художников древних времен, населявших Сахару. Тщательный анализ художественного наследия жителей Сахары убеждает нас в том, что упомянутые выше скальные рисунки являются всего лишь отражением своеобразного стиля изображения живых существ, стиля, который в определенный исторический период был распространен среди племен, проживавших на территории современной пустыни Сахары. В этом нет ничего удивительного, особенно, если вспомнить, что и в наши дни некоторые живописцы изображают мир совсем не таким, каким мы его видим. Древние художники по крайней мере оттачивались от натуры. Есть основания предполагать, что «прототипами» скальных изображений загадочных фигур в скафандрах послужили маски, издревле применявшиеся при всевозможных празднествах и ритуальных обрядах. Таким образом, таинственные

рисунки в Сахаре имеют, скорее всего, чисто земное содержание.

В качестве своеобразных доказательств посещения нашей планеты гостями из космоса приводятся также некоторые мифы и легенды об ангелах и богах, будто бы спускавшихся с неба на Землю, и о «вознесениях» на небо. Подобные упоминания встречаются во многих памятниках древней культуры разных народов. Не являются ли подобные рассказы фантастическим отражением реальных событий, связанных с прилетом и отлетом космических кораблей?

Например, в древней летописи французского города Аррас имеется упоминание о том, что в 1461 г. в небе появился сверкающий огненный предмет, подобный огненной балке. Пятнадцать минут он висел неподвижно, а потом улетел дальше...

В знаменитых индийских санскритских рукописях, относящихся к древнему периоду, отстоящему от нас на четыре тысячи лет, содержалось даже описание устройства летательных аппаратов...

Приводятся также ссылки на описания, весьма напоминающие собой картины атомных взрывов. Один из таких рассказов о гибели городов Содомы и Гоморры имеется в Библии.

Как известно, Библия представляет собой произведение человеческих рук, книгу, содержание которой сложилось на протяжении многих столетий. Несомненно, что Библия в определенной степени отражает некоторые события, действительно происходившие в истории Земли. Но это еще не даст никаких оснований делать на основе библейских описаний далеко идущие выводы.

Нельзя признать убедительными аргументы, основанные на летописных свидетельствах о древних летательных аппаратах. Достаточно вспомнить хотя бы нашумевшую историю с пресловутыми «летающими тарелками», или, как их теперь называют, «неопознанными летающими объектами» (НЛО). Какие-то реальные явления, принимаемые за «тарелки», бесспорно, существуют. Но скорее всего, это либо различные световые явления, либо оптические иллюзии, либо какие-то другие физические процессы. Во всяком случае до сегодняшнего дня нет совершенно никаких данных в пользу того, что «летающие тарелки» связаны с деятельностью дру-

гих космических цивилизаций. А ведь на протяжении нескольких лет жители многих стран были всерьез убеждены в том, что над Землей летают таинственные аппараты космического происхождения. И это при современном уровне цивилизации!

Вряд ли можно поэтому доверять аналогичным свидетельствам наших далеких предков, имевших весьма смутные представления о небесных явлениях.

Подводя итоги, можно сказать, что в принципе посещение нашей планеты жителями других миров не представляет собой ничего невозможного. Однако пока никаких конкретных данных о том, что подобное посещение уже имело место, в распоряжении современной науки не существует.

Возможно, мы просто еще не натолкнулись на соответствующие факты, а может быть, все же слишком мал тот исторический период, в границах которого мы их разыскиваем.

Но если так, то имеет смысл попытаться расширить этот период. Существует ли такая возможность? Да, существует. Для этого надо «заглянуть» в космос.

Где вы, братья по разуму?

Мы уже знаем, что различные космические тела находятся от нас на разных расстояниях и поэтому мы «видим» их в «разном прошлом». Таким образом, при наблюдении Вселенной доступный изучению временной период возрастает с учетом возможностей современной астрономической техники по меньшей мере до 7—8 млрд. лет.

Разумеется, наиболее действенным методом поиска инопланетных цивилизаций были бы межзвездные перелеты. Однако эта проблема необычайно сложна. В настоящее время даже трудно сказать, будут ли межзвездные корабли будущего фотонными ракетами и будет ли в них вообще использован реактивный принцип. Во всяком случае, в свете того, что известно науке и технике сегодняшнего дня, практическое осуществление фотонного звездолета представляется весьма проблематичным, если не вовсе невозможным. Но, с другой стороны, не исключена возможность, что с течением времени будут открыты какие-то неизвестные нам

принципы, позволяющие создавать тягу в космическом пространстве и развивать скорости, сравнимые со скоростью света.

Таким образом, осуществление межзвездных перелетов, во всяком случае, дело сравнительно отдаленного будущего. Поэтому естественно возникает идея использовать радиометоды для обнаружения разумных существ других космических миров и установления с ними контактов.

Вероятно, наши потомки будут читать историю первых попыток осуществления космических связей как увлекательный приключенческий роман. Действительно, здесь есть все, что обычно можно встретить в произведениях подобного рода: удивительные загадки, таинственные явления, неразгаданные следы, неоправдавшиеся гипотезы, неожиданные повороты.

Первая попытка обнаружить искусственные радиосигналы других цивилизаций, известная под названием проекта «ОЗМА» была предпринята американским астрономом Дрейком в 1960 г. Идея этого эксперимента состояла в том, чтобы регистрировать космические радиосигналы, идущие со стороны некоторых близких к нам звезд, и попытаться выделить из них искусственную составляющую.

Прежде всего возник вопрос, какие именно звезды выбрать в качестве объектов наблюдения. Разумеется, уровень наших знаний еще не дает возможности осуществить подобный выбор наверняка. Однако звезды некоторых типов, бесспорно, можно исключить заранее и тем самым сузить круг поисков. Прежде всего исключить горячие звезды. Горячие звезды — это, как правило, молодые объекты, а, как мы уже говорили, для того, чтобы на планете возникла жизнь и достигла высших ступеней своего развития, нужны достаточно длительные промежутки времени. Не подходят и холодные карлики, так как они излучают слишком мало энергии. Вряд ли пригодны для жизни и планеты, обращающиеся вокруг кратных звезд, так как на этих планетах должны происходить частые колебания физических условий. В конце концов, Дрейк и его сотрудники остановили свой выбор на двух звездах Тау Кита и Эпсилон Эридана — ближайших к нам одиночных звездах типа Солнца.

Наблюдения производились в течение мая, июня и июля 1960 г., однако успеха не принесли.

Но, с другой стороны, трудно было надеяться, что при случайном выборе объектов наблюдения искусственные радиосигналы удастся обнаружить с первой же попытки. Ведь для этого необходимо совпадение целого ряда обстоятельств. Мало того, чтобы данная планетная система была обитаемой и посылала радиосигналы, нужно еще, чтобы наши наблюдения совпали по времени с сеансами радиопередач. А если эти передачи ведутся направленным лучом, то нужно также, чтобы Земля в это время оказалась как раз на его пути. Ясно, что вероятность подобных совпадений практически невелика.

Поэтому гораздо более перспективной является идея поисков искусственных радиосигналов, предложенная советским радиоастрономом Н. С. Кардашевым. В 1964 г. он произвел чрезвычайно интересные подсчеты, результаты которых весьма знаменательны.

Поскольку разумная жизнь возникает на различных планетах не одновременно, то среди космических цивилизаций должны быть общества, достигшие разного уровня развития. Их можно условно разделить на три типа. Цивилизации первого типа находятся примерно на том же уровне, что и современное человечество. Ко второму типу относятся цивилизации, овладевшие энергией в масштабах своей звезды, а к третьей — в масштабах своей галактики.

С другой стороны, можно предполагать, что высоко развитые цивилизации стремятся устанавливать радио-контакты, обмениваться полезной информацией. При этом наиболее эффективными должны быть именно все-направленные радиопередачи. Ведь при таких передачах обеспечивается наибольшая вероятность подключения новых абонентов, т. е. приема радиосигналов все новыми цивилизациями.

Поэтому представляется весьма вероятным, что разумные цивилизации второго и особенно третьего типа выделяют значительную часть имеющихся в их распоряжении энергетических средств для осуществления все-направленных передач.

Однако возникает вопрос: реально ли вообще для общества разумных существ овладение такими могучими

источниками энергии и достижение столь высокого уровня энерговооруженности?

Чтобы получить ответ на этот вопрос, лучше всего попытаться оценить энергетические возможности земного человечества. Как известно, у нас на Земле история разумной жизни насчитывает всего несколько тысячелетий, а история науки в современном понимании

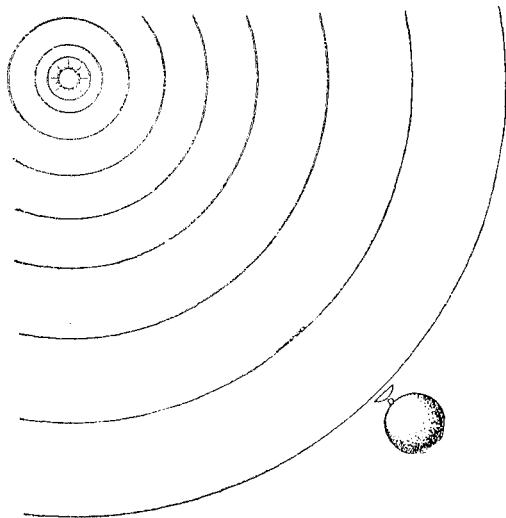


Рис. 49. Всенаправленные передачи.

этого слова, по существу, всего несколько столетий. Но человечество уже достигло такого уровня, когда оно располагает достаточно мощными источниками энергии и техническими приспособлениями, чтобы «выйти на космическую радиосвязь». И можно подсчитать, что примерно через 3200 лет, если дальнейший рост энерговооруженности будет происходить такими же темпами, что и в настоящее время, люди овладеют энергией, сравнимой с энергией Солнца, а через 5800 лет — с энергией Галактики. Сроки по астрономическим масштабам весьма незначительные. Если к тому же учесть, что наука и техника развиваются с ускорением, то и эти сроки мо-

гут оказаться в действительности значительно менее продолжительными.

Разумеется, практическое овладение такими огромными энергетическими ресурсами потребует значительно больше времени, может быть, несколько миллионов лет, ибо для этого человечеству, видимо, придется освоить колоссальную область пространства.

Интересно, что необходимость расширения человеческой деятельности в космос диктуется не только соображениями научного характера. Дело в том, что развитие энергетики, увеличение производства энергии, даже если оно будет происходить современными темпами, уже через несколько сотен лет неизбежно приведет к значительному изменению теплового режима Земли.

Некоторые зарубежные ученые считают, что для того, чтобы устранить опасность перегрева, придется в какой-то момент запретить дальнейшее развитие энергетики и заставить ее на некотором допустимом уровне.

Однако вряд ли подобная мера практически выполнима. Тогда у человечества останется единственный выход из положения: вынести энергетические установки в космическое пространство. Кстати сказать, это окажется необходимым и по другой причине. Скорее всего, уже в недалеком будущем главным источником энергии станет ядерное горючее, а размещение большого количества ядерных установок на Земле сопряжено с радиационной опасностью для человечества.

Таким образом, опыт человечества свидетельствует о том, что по мере своего развития разумная цивилизация должна расширять сферу своей деятельности, охватывая все большие и большие области космического пространства. Интересно, в частности, отметить, что благодаря осуществлению космических полетов люди уже увеличили сферу своей деятельности во много тысяч раз.

Если заглянуть в более отдаленное будущее, то полностью освоив свою планетную систему, человечество начнет освоение соседних планетных систем или окрестностей ближайших звезд путем создания вокруг них искусственных биосфер, т. е. таких «сооружений», на которых могли бы жить люди. Можно предполагать, что подобная операция должна занимать несколько тысяч лет.

Созданный таким образом «филиал» земной цивилизации в свою очередь может сделать следующий шаг, к другим звездам, и так далее, до тех пор пока за несколько десятков миллионов лет не будет освоена вся Галактика.

Но то, что верно для человечества, должно быть справедливо и для других цивилизаций. И весьма вероятно, что к нам на Землю из космического пространства непрерывно поступают искусственные радиосигналы, которые содержат богатейшую научную информацию. И в то время, когда вы находитесь в вашей комнате и читаете эту книгу, на Землю продолжают поступать искусственные сигналы других космических цивилизаций. Они проникают сквозь крышу здания, сквозь потолок, заполняют пространство вокруг вас. Эти сигналы, быть может, содержат сведения о многих нерешенных проблемах науки, ответы на многие вопросы, волнующие людей. К сожалению, мы до сих пор не научились улавливать эти сигналы и расшифровывать их.

Но можем ли мы их улавливать при достигнутом в настоящее время уровне развития науки и техники? Ответ на этот вопрос и составляет главное в расчетах Кардашева.

Оказывается, минимальная мощность всенаправленных передач такова, что они могут быть зарегистрированы современной радиоастрономической аппаратурой уже в том случае, если в пределах нашей Местной системы галактик существует хотя бы одна цивилизация второго типа или в пределах всей наблюдаемой области Вселенной хотя бы одна цивилизация третьего типа. Кроме того, имеется реальная возможность уже в ближайшие годы создать приемные устройства, которые могли бы обеспечить не только улавливание сигналов, но и прием содержащейся в них информации. Это означает, что имеет вполне реальный смысл организовать поиски искусственных радиосигналов не в направлении отдельных звезд, как это делалось в американском проекте «ОЗМА», а в направлении больших звездных скоплений или целых галактик, например, галактики Андромеды...

Первоочередные поиски цивилизаций именно третьего типа имеют смысл еще и потому, что их сигналы

должны быть более мощными и содержать большее количество полезной информации.

На первый взгляд может показаться сомнительным, чтобы даже очень высокоразвитые цивилизации тратили на осуществление всенаправленных передач огромные количества энергии, которые они могли бы использовать для своих собственных нужд. Однако дело в том, что для цивилизаций, обладающих высокой энергопроизводительностью, излучение энергии в космическое пространство является насущной необходимостью. В противном случае температура той космической системы, на которой обитает данная цивилизация, будет неизбежно возрастать.

Разумеется, это излучение нужно еще модулировать, т. е. вкладывать в него определенную информацию. Однако на кодировку дополнительного расхода энергии почти не требуется. Таким образом, если цивилизация располагает достаточно мощными источниками энергии, то вся проблема, по существу, сводится к созданию необходимой передающей и кодирующей аппаратуры.

Не исключена также возможность, что для передачи информации методом всенаправленных передач инопланетные цивилизации могут использовать некоторые естественные источники, искусственно модулируя их излучение тем или иным способом. Можно, например, окружить звезду сплошной сферой и каким-то образом изменять ее прозрачность для радиоволн. В этом случае все отличие подобного искусственного сигнала от естественного будет только в характере модуляции.

Можно предполагать, что основная цель всенаправленных передач, если они существуют, состоит в передаче информации от более развитых цивилизаций к менее развитым. Что же касается обмена информацией между суперцивилизациями, то он, скорее всего, осуществляется по остроуправленным каналам связи.

Однако не исключена возможность, что всенаправленные передачи ведет лишь небольшое число сверхцивилизаций. В своем известном научно-фантастическом романе «Туманность Андромеды» советский писатель И. Ефремов описал «великое кольцо» цивилизаций — постоянно действующую систему связи между обществами разумных существ, обитающих на различных

космических мирах, и предназначенную для регулярного обмена информацией.

Вполне возможно, что системы подобного рода действительно существуют и функционируют в реальной Вселенной. Но тогда логично предположить, что между участниками такого «кольца» должно существовать известное разделение функций и передачу информации на Вселенную ведет какая-нибудь одна цивилизация, а остальные подают лишь сигналы типа позывных или вообще участвуют только во взаимном обмене, который ведется по узким направленным каналам. Могут быть и другие варианты. Но если подобные рассуждения верны, то количество искусственных радиосигналов во Вселенной, доступных земному наблюдению, должно быть намного меньше, чем мы ожидаем на основании статистических подсчетов.

Разумеется, поиски всенаправленных радиопередач — не единственная возможность. Цивилизации первого типа, не располагающие неограниченными запасами энергии, скорее всего, посылают свои радиосигналы узкими, направленными пучками.

Подобные цивилизации следует искать в сравнительно близких окрестностях Солнца. С таким предложением выступил на бюраканском совещании академик В. Котельников. Ученый подсчитал, что если ограничиться на первый случай сферой радиусом в 1000 световых лет, то можно будет обследовать расположенные в ее пределах 64 000 звезд.

Однако при поисках искусственных радиосигналов неизбежно возникает еще одна проблема: на какой волне искать передачи обитателей других космических миров?

Когда вы включаете свой радиоприемник и хотите услышать передачу той или иной станции, вы обязательно настроите его на определенную частоту. На какую же частоту настраивать радиотелескоп при поисках инопланетных цивилизаций?

По этому поводу был высказан целый ряд остроумных соображений. В частности, предлагалось вести поиски на радиоволне 21 см — волне межзвездного водорода, поскольку можно предположить, что в распоряжении инопланетных цивилизаций имеется аппаратура, работающая на этой волне. Но, с другой стороны, имен-

но на этой волне весьма сильны космические помехи, возникающие благодаря беспорядочному излучению атомов водорода, имеющих в космическом пространстве. Поэтому некоторые ученые считают, что более подходящими для межкосмических передач являются волны вдвое меньшей длины, поскольку они менее чувствительны к различным помехам.

Однако справедливость всех этих предположений, к сожалению, можно будет оценить лишь в будущем. Поэтому, видимо, наиболее эффективным средством для поиска сигналов других цивилизаций мог бы служить многоканальный приемник сигналов, т. е. такой радиотелескоп, который охватывал бы одновременно достаточно большой диапазон частот.

В свою очередь (по крайней мере с теоретической точки зрения) человечество уже располагает достаточными средствами, чтобы со своей стороны направить в космос специальные радиосигналы для установления контактов с другими цивилизациями и таким образом заявить о своем существовании. При современном состоянии радиофизики такие сигналы могут преодолевать расстояние порядка нескольких сотен световых лет. Это означает, что в зоне их досягаемости уже находится около полумиллиона звезд. Разумеется, мы еще не имеем в своем распоряжении таких энергетических возможностей, которые позволили бы нам осуществлять всенаправленные передачи или хотя бы передачи с достаточно широким конусом радиоволн. Пока нам придется ограничиться остронаправленными пучками, точно «адресованными» определенным звездам.

Можно, например, осуществлять передачи радиосигналов типа позывных. Такие позывные могли бы послужить своеобразным «сигналом готовности». Они сообщали бы другим цивилизациям, что Земля готова к межкосмическому радиообмену.

Посылка Землей к ближним звездам сигналов готовности может значительно облегчить установление межкосмических связей. В самом деле, если эти цивилизации достигли уровня развития, близкого к земному, у них еще нет возможности осуществлять всенаправленные передачи, а передача информации узкими пучками без точного адреса лишена практического смысла. Получив же сигнал Земли и убедившись в том, что в солнечной

системе имеется цивилизация, способная вступить в межкультурную связь, разумные обитатели другой планеты начнут передачу информации в направлении Земли. Конечно, при таком способе начало поступления информации на Землю отдалится на срок, зависящий от расстояния до радиопартнера. Этот срок может составить несколько тысячелетий. И все же, быть может, результат в этом случае будет достигнут быстрее, чем если мы будем дожидаться, когда инопланетная цивилизация достигнет столь высокого уровня развития, что сама сможет начать всенаправленное вещание.

Искусственные или естественные?

В связи с проблемой поиска внеземных цивилизаций возникает еще один чрезвычайно важный вопрос: каким образом отличить искусственный сигнал от естественного?

Известные нам обычные «космические» радиостанции представляют собой протяженные объекты — это галактики, облака межзвездного газа. Но, видимо, искусственные радиостанции должны иметь весьма малые угловые размеры, другими словами, представляться нам точками, не имеющими поперечника.

Условие точечности искусственных источников радиоизлучения связано еще и с тем, что в случае, если такой источник будет иметь большие видимые размеры, сигналы, исходящие от разных его частей, будут поступать с запаздыванием. А это неизбежно приведет к потере информации.

Этот вывод заставил астрономов обратить внимание на два радиостанции СТА-21 и СТА-102, обнаруженные за несколько лет до этого ученым Калифорнийского технологического института в США и отличающиеся своими малыми угловыми размерами.

СТА-21 находится в области созвездия Овен, СТА-102 в созвездии Пегас. Возникло предположение о том, что эти космические «радиостанции» и представляют собой не что иное, как искусственные передатчики других цивилизаций.

И все же точечность радиостанции еще не может сама по себе служить доказательством его искусственного происхождения. Не исключена возможность, что с

протяженными космическими радиостанциями мы до сих пор имели дело главным образом из-за ограниченных возможностей нашей приемной аппаратуры.

Вполне вероятно, что по мере дальнейшего развития радиотехники будет открыто множество естественных точечных источников. Поэтому точечность не может служить окончательным критерием искусственного происхождения источника. Необходим какой-то дополнительный признак. Таким признаком может служить правильная переменность радиосигнала. Ведь ожидаемые искусственные сигналы должны содержать некоторый



Рис. 50. Правильная переменность сигнала.

код, нести какую-то информацию, следовательно, они должны определенным образом меняться во времени.

Прежде всего надо ожидать, что сама трансляция полезной информации «на Вселенную» производится с известной периодичностью. Если даже принять во внимание, что цивилизации второго и третьего типов располагают гораздо большим объемом информации, чем современное человечество, то все же они могут осуществлять передачу всех необходимых сведений в течение сравнительно коротких промежутков времени. Естественно предположить, что для повышения надежности приема и возможности подключения новых «абонентов» такие передачи должны периодически повторяться.

В связи с этим возникла необходимость тщательно проанализировать излучение СТА-21 и СТА-102. Не является ли оно переменным? Эту задачу выполнила группа московских радиоастрономов под руководством Г. Б. Шоломицкого. Для наблюдений был использован специальный радиотелескоп, состоящий из восьми соединенных между собой общим волноводом хорошо отполированных параболических зеркал. Чтобы исключить возможность ошибок, весь высокочастотный канал,

начиная от приемника радиосигналов и кончая регистрирующей аппаратурой, тщательно контролировался.

В течение девяти месяцев было проведено 150 измерений источника СТА-102 и 70 измерений источника СТА-21. В результате этих наблюдений советским астрономам удалось обнаружить чрезвычайно интересный

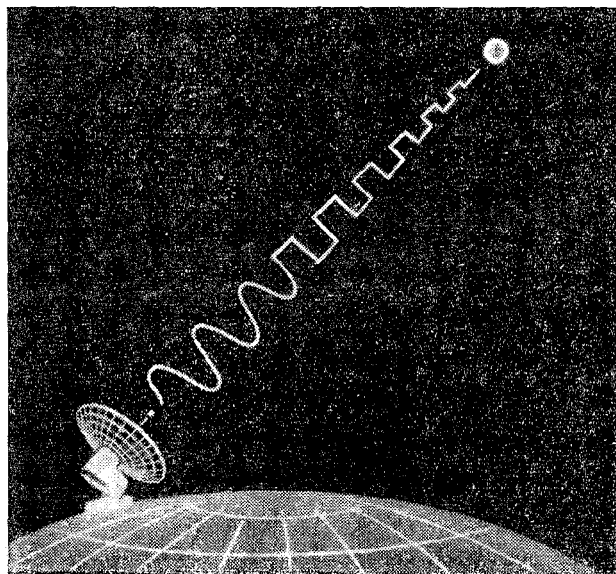


Рис. 51. Излучение СТА-102.

факт. Оказалось, что интенсивность радиоизлучения источника СТА-102 испытывает периодические колебания с периодом в 100 дней.

Невольно напрашивается сопоставление между этими колебаниями и соображениями о переменности искусственных радиоисточников. Если бы СТА-102 был искусственным, то логично предположить, что периодические изменения его интенсивности связаны с повторениями «радиопрограмм» передачи информации.

Но и в пределах одного отдельного сеанса связи искусственные радиосигналы должны обладать определенной переменностью.

Радиоизлучение естественных космических объектов складывается из очень большого числа элементарных актов излучения отдельных заряженных частиц. Поэтому оно представляет собой хаотический «шум», напоминающий шум моря и состоящий из случайных сигналов, никак не связанных между собой.

Искусственные же сигналы должны составляться с таким расчетом, чтобы была обеспечена принципиальная возможность их расшифровки. Согласно выводам современной кибернетики и, в частности, теории связи, для этого необходимо создать так называемую избыточность сигналов. Другими словами, нельзя полностью использовать всю пропускную способность радиоканала. Это значит, что сигналы должны либо периодически повторяться, либо быть как-то связаны друг с другом таким образом, чтобы обеспечивалась возможность расшифровки.

В то же время вполне возможно, что разумные обитатели других миров, для того чтобы обратить внимание инопланетных цивилизаций на искусственный характер своих радиопередач, придают им переменный характер даже в тех случаях, когда они не несут какой-либо специальной информации, а служат лишь позывными. Это могут быть, например, периодические включения и выключения источника или периодические импульсы большой интенсивности.

Поэтому можно предположить, что явная переменность искусственного сигнала, т. е. такие его колебания, которые происходят через значительные промежутки времени, не обязательно связана с передачей полезной информации. В этом случае скорость такой передачи была бы слишком мала, а сама передача страдала бы низкой информативностью. Поэтому вряд ли явная переменность связана с модуляцией сигналов при кодировке информации. Скорее всего, такая переменность может объясняться началом и концом очередного сеанса передачи информации.

Но поскольку при скоростной передаче информации модулированный сигнал по своему внешнему виду мало отличается от шума, то вероятнее всего, что инопланетные цивилизации обязательно сочетают передачу таких сигналов с передачей сигналов типа позывных. В противном случае новые абоненты были бы поставлены

перед непосильной задачей тщательного анализа всех космических радиосигналов.

Логично также предположить, что сами позывные могут содержать в себе какую-то наводящую информацию, которая облегчила бы расшифровку последующих сигналов.

С другой стороны, следует иметь в виду, что переменность радиоизлучения может быть вызвана и вполне естественными причинами. Во всяком случае, известен целый ряд космических объектов, переменных в оптическом диапазоне, например, переменные звезды различных типов. Но световые лучи и радиоволны имеют общую природу: и те и другие представляют собой электромагнитные колебания различной частоты, и если световое излучение космических объектов может испытывать периодические изменения, то вполне логично предположить, что подобные явления возможны и в радиодиапазоне.

В частности, естественный характер могут носить всевозможные изменения амплитуды и частоты принимаемых сигналов. Они могут порождаться различными физическими процессами, происходящими на тех или иных космических объектах.

За последнее время обнаружено переменное радиоизлучение, исходящее от некоторых так называемых нестационарных звезд. Оно имеет характер отдельных, плавных всплесков продолжительностью в несколько секунд, на которые иногда накладываются колебания большей частоты.

На первый взгляд это радиоизлучение удовлетворяет всем основным признакам, которыми должны обладать искусственные радиосигналы. Угловой размер самих источников весьма невелик, распределение энергии по частотам напоминает предполагаемый искусственный спектр, а колебания интенсивности можно интерпретировать как сигналы типа позывных.

Однако мало вероятно, чтобы радиоизлучение, о котором идет речь, было искусственным. Ведь очень похожие и притом весьма разнообразные всплески наблюдаются и у радиоизлучения нашего Солнца.

Из всего сказанного выше следует, что наиболее надежным критерием искусственного происхождения сиг-

нала была бы расшифровка и практическое использование содержащейся в нем информации.

Следовательно, для надежного опознания искусственного радиосигнала необходимо располагать чувствительной приемной аппаратурой, которая позволяла бы регистрировать не только «грубые», но и самые слабые колебания радионизлучения космических объектов.

Между прочим, любопытно, что английские радиоастрономы, наблюдавшие СТА-102 через несколько месяцев после Шоломицкого, правда, на несколько иных частотах, заметных колебаний интенсивности не обнаружили. Разумеется, это может быть следствием развития естественных процессов, происходящих на СТА-102. Но если СТА-102 в самом деле искусственный радиосточник, то в этом также нет ничего удивительного. Возможно, по какой-то причине цивилизация временно прекратила свои радиопередачи.

Нельзя не отметить и еще одно важное обстоятельство. При выборе длины волны для межпланетной связи необходимо, очевидно, учитывать уровень космических радиопомех на различных диапазонах. Наблюдения показывают, что минимум шумов приходится на волны длиной от 3 до 10 см. Поэтому естественно ожидать, что именно этот диапазон, т. е. частоты от 10^9 до 10^{11} гц (гц — герц — одно колебание в секунду) являются оптимальными для обмена информацией между цивилизациями, расположенными в разных галактиках.

Еще одно важное требование, которому, очевидно, должна удовлетворять межкосмическая радиопередача, — возможно большая скорость передачи информации. Как показывают расчеты, для обеспечения этого условия максимальная энергия в спектре искусственного радионисточника должна приходиться как раз на те частоты, для которых минимальна энергия космических радиощумов.

В этой связи особенно любопытен результат измерений Шоломицкого. Они показали, что максимальная энергия излучения СТА-102 приходится как раз на радиоволны такой частоты, которые при распространении в мировом пространстве в наименьшей степени подвержены всевозможным помехам.

Энергетические спектры СТА-21 и СТА-102 хорошо совпадают с энергетическим спектром предполагаемого

искусственного радионисточника, теоретически вычисленным Н. С. Кардашевым.

Однако нельзя полностью исключать возможность того, что в природе существуют естественные источники излучения, у которых максимум энергии как раз приходится на сантиметровые волны. Поэтому нужны дополнительные критерии искусственного происхождения радиосигнала. Таким критерием может служить резкий обрыв сигнала на очередной частоте, т. е. наличие предельной частоты излучения. У естественных радионисточников такой резкой границы нет. В их спектрах по мере удаления от максимума энергия уменьшается, но никогда не падает до нуля. Так, например, радиоспектр Крабовидной туманности простирается от радиодиапазона до инфракрасной области и далее до видимого света.

Поэтому от имеющихся в нашем распоряжении данных еще далеко до того, чтобы сделать вывод об искусственном характере космической радиостанции СТА-102. Но, во всяком случае, обнаружен новый тип космических радиообъектов, изучение которых представляет огромный интерес.

В апреле 1965 г. ученым Паломарской обсерватории в США удалось отождествить радионисточник СТА-102 со слабой звездочкой, которая, как показали наблюдения, находится от нас на расстоянии 7—8 млрд. световых лет. Мощность излучения этой звезды оказалась огромной. Это привело астрономов к выводу, что СТА-102 представляет собой сверхзвезду (или, как теперь говорят, квазар).

Интересно отметить, что мощность излучения СТА-102 составляет 10^{41} эрг/сек. Другими словами, если бы этот источник оказался искусственным, то посылающая радиосигналы цивилизация, по классификации Кардашева, относилась бы к третьему типу.

Сравнительно недавно английские радиоастрономы обнаружили еще один загадочный источник космического радиовлучения, расположенный в пределах нашей Галактики. Сигналы этого источника строго периодические. Они следуют один за другим с интервалом 1,3373 сек. В настоящее время уже известно несколько подобных источников, получивших название «пульсаров». Пульсары—еще один новый тип космических объектов, о существовании которых астрономы еще несколько лет

назад, даже не подозревали. На первых порах ученые всерьез задумались над тем, не являются ли пульсары радиостанциями инопланетных цивилизаций. Однако открытие нескольких источников такого типа сделало подобную гипотезу маловероятной. Хотя, с другой стороны, удовлетворительного астрофизического объяснения нового явления пока что тоже не предложено.

Еще один критерий для определения искусственного характера космических радиосигналов был предложен проф. Сифоровым. Дело в том, что радиоволны, излучаемые антеннами радиостанций, генерируются с помощью так называемой «обратной связи». Сущность этого метода состоит в том, что система, генерирующая колебания, тем или иным способом сама управляет устройством, восполняющим энергию, расходуемую генератором.

Как считает проф. Сифоров, в принципе возможно произвести такой анализ космического радиосигнала, который позволил бы выяснить, была ли использована при его генерации обратная связь.

Было бы, однако, неправильно думать, что в естественных источниках радиоизлучения обратная связь вовсе не имеет места. В какой-то степени автоколебания осуществляются и при генерации радиоизлучения некоторыми космическими объектами. Правда, в известных нам случаях автоколебания формируют не само высокочастотное излучение, т. е. несущую частоту, а лишь изменения амплитуд основных колебаний.

Вообще же следует подчеркнуть, что никакими конкретными данными о сигналах других цивилизаций и о том, что они собой представляют, мы не располагаем. Поэтому единственно разумный подход к задаче состоит в том, чтобы попытаться представить себе, как мы поступили бы сами, если бы нам нужно было осуществить передачу информации другим цивилизациям. Поскольку основные законы природы едины для всей наблюдаемой области Вселенной, то у нас есть вполне реальные основания надеяться, что наши рассуждения не должны слишком существенно отличаться от рассуждений на ту же тему разумных обитателей других планет.

На первый взгляд может сложиться впечатление, что проблема поисков внеземных цивилизаций, по крайней мере на современном уровне развития науки и техники, не заслуживает серьезного внимания. Такое представ-

ление может возникнуть хотя бы на том основании, что достижение сколько-нибудь реальных результатов в рассматриваемой области является весьма проблематичным, даже если речь идет о сравнительно отдаленном будущем. Ведь в нашем распоряжении не имеется точных данных ни относительно самого существования инопланетных цивилизаций, ни относительно уровня их развития, ни относительно того, осуществляются ли вообще космические радиопередачи.

Но тем не менее было бы совершенно неверно думать, что поиски внеземных цивилизаций представляют собой бесполезную потерю времени. Прежде всего, необходимо подчеркнуть, что проблема инопланетных цивилизаций, как и другие кардинальные задачи, возникающие перед человечеством, не просто придумана людьми, она закономерно возникла на определенном этапе развития науки и техники. Человечество не выбирает себе задач, которые ему приходится решать, они ставятся самим ходом развития естествознания, прогрессом земной цивилизации. И коль скоро подобная проблема возникла, человечество не может устраниваться от ее решения. Тем более, что, как показывает опыт развития науки, исследования, связанные с попытками решения тех или иных крупных научных проблем, даже в тех случаях, когда они не приводят к желаемому результату, как правило, дают большое число побочных открытий, которые с лихвой оправдывают затраченные усилия.

Во всяком случае, не вызывает сомнений, что поиски искусственных радиосигналов других цивилизаций будут важным стимулом для совершенствования радиотелескопической аппаратуры; они будут содействовать более глубокому и всестороннему изучению «радиокартины» наблюдаемой Вселенной. Ведь обнаружение искусственных радиисточников тем легче осуществить, чем более полными и всесторонними сведениями будет располагать астрономическая наука об естественных радиисточниках. Это в свою очередь означает, что задачи, связанные с поисками внеземных цивилизаций, не только не идут вразрез с основными задачами радиоастрономии, но, наоборот, полностью с ними совпадают. Таким образом, исследования, связанные с проблемой внеземных цивилизаций, могут лишь способствовать развитию науки о Вселенной.

Поймем ли мы друг друга?

Предположим, однако, что радиоконтакт с разумными обитателями другой планеты будет установлен. Сможем ли мы понять принятую передачу? Ведь мы не знаем языков, на которых говорят жители других миров.

Однако эта трудность, вероятно, вполне преодолима, поскольку существует универсальный «космический» язык — язык математических отношений, которые везде должны быть похожими друг на друга. Таков, например, натуральный ряд чисел, поскольку он возник в результате последовательного перечисления отдельных единичных предметов. Таковы все геометрические отношения, ибо жители различных планет Галактики и Метагалактики находятся в одном и том же пространстве, и, следовательно, должны были рано или поздно обнаружить те же самые геометрические закономерности, которые обнаружил человек. Таковы и основные физические закономерности и количественные отношения, связывающие между собой различные физические величины. Ведь и другие космические объекты состоят в конечном итоге из тех же элементарных частиц, из которых состоят объекты, окружающие нас.

Не исключена, конечно, возможность, что инопланетная цивилизация располагает значительно большими знаниями о явлениях природы, чем земная, и ей известны такие отношения, которые нами еще не открыты. Но можно ожидать, что при отборе математических и физических отношений для межзвездных радиопередач разумные существа других миров ограничат свой выбор закономерностями, которые, безусловно, должны быть известны цивилизациям, достигшим уровня развития, который позволяет им вступить в космическую радиосвязь.

Можно также ожидать, что физико-математический язык будет использован скорее всего в начальной стадии переговоров, для установления первичных радиоконтактов. На следующем этапе так или иначе возникнет проблема расшифровки языка другой цивилизации и перевода информации на земной язык. Возможно ли это в принципе? Да, возможно. Ведь любой язык отображает предметы и отношения реального мира. Поэтому основные принципы построения различных языков в общем не могут существенно отличаться друг от

друга. Именно благодаря этому и имеется возможность перевода с одного языка на другой и расшифровки неизвестных языков.

В последние годы все более широкое развитие получает новая наука — математическая и машинная лингвистика. Применение быстродействующих электронно-вычислительных машин позволяет осуществлять автоматический перевод, а также в короткие сроки расшифровывать языки древних народов. Подобным способом в Сибирском филиале АН СССР были прочитаны знаменитые рукописи древних майев, долгое время не поддававшиеся полной расшифровке. На основе уже достигнутого опыта можно полагать, что существует принципиальная возможность с помощью машинной техники расшифровывать и неизвестные нам космические языки.

С другой стороны, существует возможность передавать информацию в виде различных изображений, транслируемых по принципу телевидения. По этому способу передачу, например, изображения окружности можно осуществить последовательностью сигналов, состоящих из серий импульсов и пауз, расположенных в определенном порядке. Приняв такую радиограмму, абонент легко обнаружит, что сообщение состоит из повторяющихся отрезков с равным количеством знаков. Если расположить эти отрезки один под другим наподобие строчек и на месте пауз оставить пустые места, а импульсы изобразить точками, то эти точки сложатся в изображение окружности. Подобным же наглядным способом можно передавать и многие математические формулы. В принципе «телесизионным» методом можно передавать довольно большой объем информации.

Американский астроном Дрейк провел однажды любопытный эксперимент. Он предложил участникам одной из научных конференций расшифровать радиограмму, состоящую из 1271 импульсов и пауз.

Нетрудно сообразить, что число 1271 представляет собой произведение двух простых чисел 31 и 41. Это наводит на мысль, что знаки в сообщении следует расположить в 31 строку и 41 столбец, изобразив при этом импульсы кружками, а на месте пауз оставить пустые места. Возникнет упорядоченный рисунок, из которого можно извлечь ряд сведений о разумных обитателях другой планеты.

По-видимому, их строение похоже на строение человека: есть голова, ноги и руки, они бывают обоего пола и у них рождаются дети и существует семья, так как двое существ держат за руки «ребенка». Круг слева наверху изображает Солнце их планетной системы, вокруг

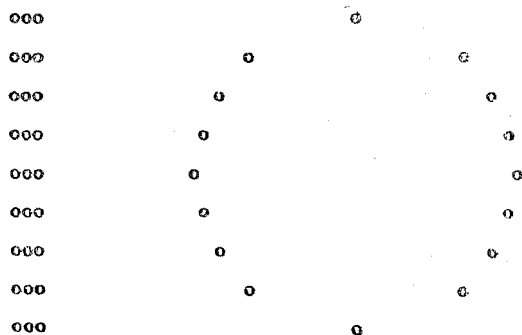
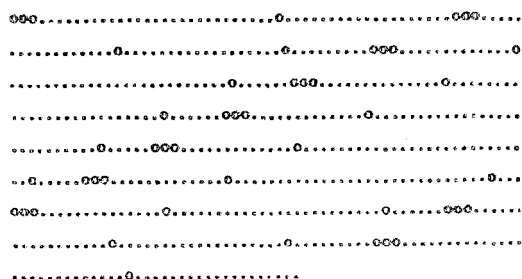


Рис. 52. Радиограмма и ее развертка в телевизионную картину.

которого обращается восемь планет. Рука одной из фигур указывает на четвертую планету, вероятно, они обитают именно на этой планете. Около изображения третьей планеты расположена волнистая линия. Она, видимо, означает, что планета, о которой идет речь, покрыта водой, а рыбообразная фигура говорит о наличии в ее океанах морских животных. Но если авторам радиограммы, живущим на четвертой планете, в таких подробностях известно, что происходит на третьей,

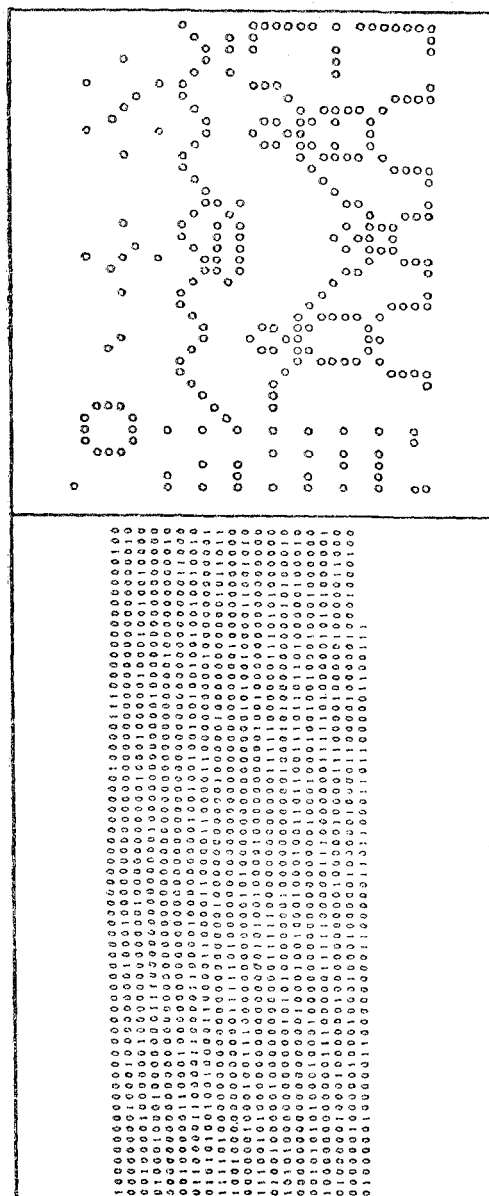


Рис. 53. «Радиограмма» Дрейка и ее расшифровка.

то отсюда можно сделать вывод, что они совершают межпланетные полеты. Диаграмма в верхней части может быть расшифрована как изображение атомов водорода, углерода и кислорода. Вероятно, это означает, что основу жизни составляют углеводороды. Масштабная линия справа внизу указывает на то, что рост фигуры составляет 11 каких-то единиц. Но так как сообщение по условию «принято» на волне 21 см, то естественно предположить, что масштабная единица равна именно 21 см. Если так, то рост разумных существ, авторов сообщения, равен приблизительно 2 м 30 см. Наконец, рука левой фигуры указывает на число 6, написанное в двоичной системе. Видимо, разумные существа нестипальные и пользуются двенадцатеричной системой исчисления.

Сообщения Дрейка состоит всего из 250 импульсов. Тем не менее содержащийся в нем объем информации довольно велик. Это свидетельствует о перспективности «телевизионного» метода.

Однако некоторые ученые полагают, что для передач «Земля — космос» целесообразнее разработать специальный язык, построенный с таким расчетом, чтобы он наилучшим образом поддавался расшифровке обитателями других миров. Недавно голландский ученый Ганс Фриденгаль сделал попытку создать подобный язык — «лингвистику космоса», или, сокращенно «линкос». В основу этого необычного языка положено словесное описание простейших математических понятий, от которых совершается постепенный переход к сложному языку, способному передать обширную информацию.

Фриденгаль считает, что подобный язык более эффективен, чем передачи телевизионных изображений, поскольку мы не можем сообщить нашим абонентам принципа разложения сигналов в «картинку».

Однако с подобным утверждением трудно согласиться. Словесные описания не так легко понять, поскольку для этого требуется целая сеть логических рассуждений. Если же часть сообщения будет почему-либо пропущена, возникнут и вовсе непреодолимые трудности.

Что же касается расшифровки «телевизионных» сообщений, то показательно, что большинство участников совещания, которым было предложено кодированное

сообщение Дрейка, а также ряд других, расшифровали их совершенно правильно. Это обстоятельство вселяет в нас определенный оптимизм относительно перспектив расшифровки будущих космических сообщений.

Через просторы Вселенной

Серьезная трудность, с которой неизбежно должны столкнуться разумные обитатели космических миров при организации межпланетных радиопередач, связана с огромными расстояниями, которые разделяют обитаемые миры. Если даже подобные расстояния составляют десятки световых лет (а по подсчетам некоторых специалистов минимальное расстояние между соседними цивилизациями составляет в среднем около тысячи световых лет), то только для однократного обмена радиogramмами потребуются многие десятилетия. Практически же на это, видимо, должны уходить целые столетия и даже тысячелетия. Таким образом, ответ на вопрос, посланный в адрес какой-нибудь цивилизации, будут скорее всего принимать потомки того поколения, которое этот вопрос отравило. Но, с другой стороны, это обстоятельство само по себе еще не должно служить препятствием к осуществлению подобных «затяжных» космических переговоров. В конце концов, в науке, технике и даже в повседневной жизни люди часто занимаются решением таких проблем, которые способны дать практический выход лишь через много лет. Однако это их не останавливает. Точно так же, бесспорно, обстоит дело и с космическими связями. Перед человечеством лежит достаточно длительный путь развития, чтобы оно могло позволить себе заниматься подобными проблемами.

И все же столь длительные переговоры не решают главной задачи — быстрого обмена информацией. Поэтому можно предполагать, что в случае больших расстояний, разделяющих цивилизации, связь между ними должна быть односторонней. Другими словами, эта связь состоит не из обмена «вопросами» и «ответами», а из передачи каждой стороной всей информации, которой она в данный момент располагает.

Предполагаемые значительные расстояния до ближайших цивилизаций усложняют и установление первичных контактов с ними. К тому же нам неизвестно рас-

писание их радиопередач, т. е. когда и по каким направлениям они осуществляют трансляцию сигналов межкосмической связи. По мнению австралийского ученого Р. Брайсуэлла, выходом из положения может быть так называемый метод зондов, с помощью которого можно значительно увеличить эффективность поиска других цивилизаций.

Наряду с тем или вместо того, чтобы в хаосе космических радиоволн пытаться уловить радиосигналы, имеющие искусственное происхождение, предлагается направить к некоторому числу (например, тысяче) ближайших звезд специальные автоматические станции-зонды. Они должны быть выведены на круговые орбиты вокруг избранных звезд, причем радиусы этих орбиты должны соответствовать тепловому поясу жизни для данной звезды. Зонды необходимо оборудовать аппаратурой для регистрации радиосигналов, радиопередатчиками, источниками энергии, работающими от излучения звезды, а также программными и счетно-решающими устройствами.

Идея эксперимента заключается в следующем. Зонды прослушивают радиосигналы, идущие от планет, движущихся вокруг данной звезды, и определяют их характер. Если на какой-либо планете имеется цивилизация, использующая средства радиосвязи и передающая сигналы на определенных длинах волн, зонд зарегистрирует это и сообщит на Землю.

Между прочим, зонд может обнаружить космическую цивилизацию даже в том случае, если она не ведет космических передач, но уже пользуется радиосвязью для своих внутренних целей. Это обстоятельство неизбежно сказывается на характере радиоизлучения планеты. Спектр этого излучения приобретает характерный вид: в нем должны наблюдаться резкие увеличения интенсивности на ряде частот. Именно такой вид имеет радиоспектр нашей собственной планеты благодаря работе множества радиостанций.

Наряду с этим, как мы уже однажды отмечали, благодаря радиовещанию и радиосвязи сильно возрастает общая радиояркость планеты по сравнению с радиояркостью необитаемого небесного тела планетного типа. Однако для того, чтобы окончательно убедиться в наличии разумных существ, зонд должен попытаться вступить с ними в непосредственный радиокontakt. Это не

только обеспечит значительный выигрыш времени в развитии межкосмических контактов, но и позволит использовать отправленную в дальний рейс аппаратуру с максимальной эффективностью.

Что касается характера тех сигналов, которые зонд должен послать на планету, то наиболее логично использовать для них волны той же самой длины, что и у сигналов, идущих от планеты. Тем самым автоматически

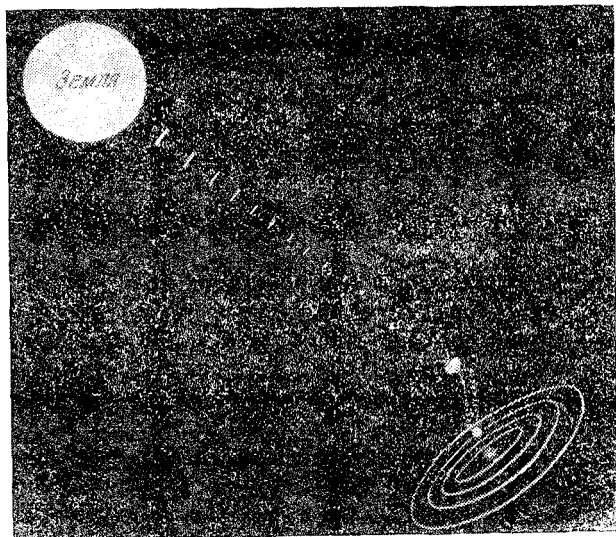


Рис. 54. Космический зонд.

решается задача выбора радиочастот, проникающих сквозь атмосферу планеты. В то же время значительно повышается вероятность приема этих сигналов обитателями планеты, так как у них, безусловно, имеется аппаратура, работающая на этих длинах волн. Проще всего дублировать приходящие от планеты сигналы и посылать их обратно, по принципу радиоэхо, внося в них при этом небольшие коррективы, чтобы указать на искусственный характер «обратных» сигналов.

Можно ожидать, что в случае, если обитатели планеты обнаружат сигналы зонда, они, вероятно, постараются вступить с ним в радиокontakt и путем дальней-

него радиообмена сообщить ему некоторый код для переговоров, т. е., другими словами, «обучить» зонд своему языку. После этого зонд должен передать на планету имеющийся у него запас информации, а также запомнить и сообщить на Землю сведения, полученные от ее обитателей.

Для установления контактов с более далекими цивилизациями имеет смысл посылать в космос зонды на «свободный поиск» других зондов, быть может, направленных с такой же целью в мировое пространство разумными существами других миров.

Такой зонд должен излучать специальные «позывные», которые облегчили бы его обнаружение. В случае встречи зонды должны автоматически установить контакт между собой, обменяться информацией и передать ее своим цивилизациям.

Радио или ...?

Итак, проблема поисков радиосигналов других цивилизаций становится вполне реальной научной задачей.

Однако известный французский астрофизик проф. Герен высказал по этому поводу довольно интересные соображения. Скорее всего, те цивилизации, которые уже приступили к осуществлению межкосмических связей, находятся на более высоком уровне развития, чем земное человечество. Поэтому не исключена возможность, что им известны носители информации, гораздо более пригодные для установления контактов между различными цивилизациями, чем радиоволны.

Если бы предположение Герена оказалось справедливым, то наши поиски искусственных сигналов в радиодиапазоне были бы заранее обречены на неудачу.

На первый взгляд соображения французского ученого могут показаться несколько странными: в самом деле, как могут разумные обитатели других планет обойтись без радио?

Однако вспомним, что всего немногим более 100 лет назад человечество вообще ничего не знало о радиоволнах. И если бы проблема поиска инопланетных цивилизаций возникла перед людьми в те времена, то вполне естественно, что мы стали бы искать в космосе явления типа световых вспышек.

Но радиоволны в качестве носителей информации обладают перед световыми лучами существенным преимуществом: как мы уже отмечали, они хорошо проходят там, где видимый свет пройти не может. К тому же создание высокочувствительных приемных радиоустройств — задача более простая в техническом отношении, чем создание аналогичных по качеству оптических средств наблюдения. И так как логично ожидать, что из двух каналов информации будет выбран более удобный, то вероятность обнаружения искусственных космических радиоисточников намного выше, чем световых вспышек.

С другой стороны, световыми лучами и радиоволнами далеко не исчерпываются возможные носители информации для космических связей. В том же семействе электромагнитных волн, к которым принадлежат световое и радиоизлучение, имеются еще ультрафиолетовые, инфракрасные и рентгеновские лучи, а также гамма-лучи. С точки зрения земных условий эти излучения неудобны для космических связей, так как они поглощаются атмосферой. Однако мы не знаем, какими окнами прозрачности обладают газовые оболочки других обитаемых планет. К тому же не исключена возможность, что антенны радиопередатчиков, предназначенных для вещания на Вселенную, вынесены в космическое пространство. Но, с другой стороны, помимо электромагнитных волн могут быть и другие носители информации.

О некоторых из них мы знаем. Это гравитационные волны и потоки нейтрино. И те и другие обладают колоссальной проникающей способностью. По существу, для них нет препятствий: сквозь тело планеты они проходят так же свободно, как сквозь пустое пространство. И те и другие в принципе способны переносить колоссальный объем информации. Но беда в том, что в настоящее время мы еще не располагаем приемниками этих излучений. Работа в этой области только-только начинается. И если бы разумные обитатели других миров избрали для межзвездных связей гравитационные волны или нейтринные потоки, то мы на современной стадии науки были бы лишены возможности обнаружить и расшифровать эти сигналы.

А ведь не исключена возможность, — говорит Герен, — что инопланетные цивилизации используют для своих передач какие-либо излучения, вообще еще нам не-

известные. Вспомним еще раз, что 100 лет назад люди даже не подозревали о существовании радиоволн.

То, о чем говорит Герен, — вещь вполне реальная. Действительно, другие цивилизации могут использовать для межзвездных связей такие материальные носители информации, которые земному человечеству пока еще недоступны.

Но все же можно предполагать, что подобные средства применяются тогда, когда связь между двумя цивилизациями уже установлена. Вероятнее всего, что для первичных контактов разумные существа используют те излучения, которые могут быть приняты как можно большим числом цивилизаций, достигших уровня, позволяющего вступать в межкосмические «переговоры». А такой уровень во многом определяется как раз достаточным развитием радиотехнических средств.

К тому же, по мнению некоторых ученых, если верны наши представления об основных законах природы, то можно предполагать, что из всех мыслимых носителей информации радиоволны являются наиболее экономичными и способными переносить наибольший объем информации.

Возможно, конечно, что с помощью радиоволн посылаются лишь сообщения типа «позывных», но уже это делает поиски искусственных космических радиосигналов отнюдь не бесперспективными.

Другие пути

Но являются ли вообще поиски космических сигналов искусственного происхождения единственным способом обнаружения инопланетных цивилизаций? Нет ли какой-либо иной возможности? Оказывается, такая возможность существует.

Представьте себе, что разумные обитатели какой-либо другой планеты на своем корабле прилетают в нашу солнечную систему и совершают посадку на поверхности естественного спутника Земли — Луны. Медленно шагают они в своих причудливых скафандрах среди лунных гор и долин, внимательно разглядывая незнакомую местность. Но что это там впереди? Какая-то странная конструкция, напоминающая раскрывающийся лепесток. Внутри лепестка контейнер непонятного назначения.

В его верхней части прозрачный глазок. К небу торчат какие-то гибкие прутики. Что это? Причудливая игра природы? Один из ее удивительных капризов?

Вы, конечно, догадываетесь, что речь идет о советской космической станции «Луна 9». Но и космонавты с другой планеты не верят в чудеса. А случайное объединение атомов и молекул в подобный аппарат было бы самым настоящим чудом. Вывод один: здесь побывал разум. Этот аппарат — посланец разумных существ. Он сделан их руками...

Точно так же, если бы мы с вами, высадившись на поверхности незнакомого небесного тела, увидели там, скажем, автомобиль, мы, без всякого сомнения, могли бы сказать, что это проявление разума.

В предыдущей главе мы уже говорили о том, что окружающая нас Вселенная как бы подразделяется на две части: на неживую природу и мир живых организмов, среди которых высшее положение занимают разумные существа.

Мы отметили тогда, что одной из самых характерных особенностей деятельности разумных существ является способность создавать такие состояния, которые с точки зрения обычного хода природных процессов весьма маловероятны.

В рамках процессов неживой природы подобные состояния являются просто-напросто «чудом».

Но «чудеса» способны создавать только разумные существа. Они познают законы природы и, опираясь на эти знания, добиваются все более и более удивительных результатов. Не мифические религиозные чудеса, а подлинные чудеса — результат деятельности человеческого разума и работы человеческих рук, — окружают нас, служат нам на каждом шагу.

Представьте себе нашу планету в те далекие времена, когда на ее поверхности еще не было живых организмов, не было человека. Пустынная и безжизненная, неслась она в мировом пространстве. Чередовались времена года, сменялись дни и ночи, из недр то и дело выбрасывались потоки раскаленной лавы, появлялись и разрушались горы. Однообразный, суровый мир. Однообразной чередой текли миллионы лет. Но вот на поверхности Земли появились люди, и за какие-нибудь тысячелетия человек сумел преобразовать лик планеты. Он построил города,

мости, плотины, изменил течения рек, создал искусственные моря. Он завоевал водные пространства, покорил атмосферу, начал штурм космоса.

Чем выше уровень развития цивилизации, чем большими энергетическими ресурсами она располагает, тем заметнее могут быть результаты ее созидательной работы в определенной области Вселенной. Пока еще, к сожалению, этот вопрос мало изучен астрономами и физиками. Если же отдельные загадочные явления во Вселенной и наблюдаются, то при попытках их объяснения возможность искусственного влияния разумных существ, как правило, полностью исключается. Но ведь возможность того, что отдельные проявления деятельности разумных существ во Вселенной происходят у нас «на глазах», отнюдь не исключена.

Любопытно, что если бы представители другой космической цивилизации проникли внутрь нашей солнечной системы и стали наблюдать за планетами, обращающимися вокруг Солнца, они могли бы обнаружить, что Земля обладает некоторыми характерными свойствами, которые представляют собой прямое следствие деятельности человека. Другими словами, деятельность человечества уже сегодня представляет собой фактор космического масштаба.

Так, например, благодаря развитой системе телевидения Земля излучает в мировое пространство на метровых волнах весьма значительную мощность. В этом диапазоне она приблизительно в миллион раз превосходит мощность радиоизлучения Венеры и Марса и уступает в солнечной системе только мощности радиоизлучения Солнца.

Как известно, в настоящее время прогрессивные силы человечества добились запрещения ядерных взрывов в атмосфере и космическом пространстве. Однако и те взрывы, которые уже были произведены на большой высоте, оказали существенное влияние на физические процессы в околоземном космосе, и, в частности, на структуру радиационных зон. Не исключена возможность, что некоторые из этих изменений носят даже необратимый характер. Таким образом, современное человечество располагает уже такими энергетическими ресурсами, которые позволяют ему влиять на ход космических процессов.

Таким образом, одна из возможностей обнаружения удаленных цивилизаций состоит в том, чтобы попытаться обнаружить во Вселенной проявления космической деятельности разумных существ. Эти проявления должны представлять собой «космическое чудо», т. е. какие-либо процессы, течение которых не подчиняется законам неживой природы.

В связи с этим интересно выяснить, не зарегистрированы ли в науке подобные случаи, не приходилось ли ученым уже сталкиваться с «необыкновенными» явлениями?

Прежде всего привлекают к себе внимание необычные результаты опытов, которые проводили в 1928 г. известный исследователь полярных сияний Карл Штермер и инженер Иерген Халль. Исследования, о которых идет речь, были предприняты после того, как Халль случайно заметил, что некоторые радиосигналы, посланные с Земли, сопровождаются непонятным «эхом».

По просьбе Штермера одна из крупных радиостанций того времени, расположенная в Эндховене, периодически посылала коротковолновые сигналы, а Штермер, находившийся в это время на другой радиостанции близ Осло, пытался зарегистрировать их «отголоски». Первые опыты не дали никаких результатов. Но когда через несколько месяцев Штермер вместе с выдающимся голландским физиком ван дер Полем повторил эксперимент, «эх» удалось зарегистрировать.

Сигналы, которые посылала станция в Эндховене, передавались на волне 31,4 м и состояли каждый из трех тире. После очередного сигнала делался перерыв продолжительностью в 20 секунд. Что же касается сигналов «радиоэхо», то они были разделены неодинаковыми промежутками. Так, например, в одной из серий, зарегистрированных Штермером, эти промежутки составляли 15, 9, 4, 8, 13, 8, 12, 10, 9, 5, 8, 9 и 6 секунд. Таким образом, каждый сигнал затрачивал на путь «туда» и «обратно» разное время.

Это и есть самое удивительное. Если предположить, что радиосигналы отражались от какого-либо космического тела, то уже при задержке, равной 10 сек, оно должно было находиться на расстоянии 1,5 млн. км от Земли, поскольку радиоволны движутся со скоростью 300 тыс. км/сек. Это значило бы, что уже при изменении

задержки хотя бы на две секунды расстояние до отражающего тела должно было бы измениться ни много, ни мало на 300 тыс. км. Но такие перемещения отражающего тела за ничтожные промежутки времени на столь огромные расстояния не только необъяснимы, но просто противоречат законам природы.

К тому же нельзя не учитывать, что маломощная радиоаппаратура 20-х годов, конечно, была бы не в состоянии зарегистрировать слабые сигналы, отраженные каким-либо телом, находящимся на расстоянии в сотни тысяч километров.

Позднее были сделаны попытки объяснить загадочное «радиозхо» отражением радиоволн от электропроводящих слоев, расположенных в верхних слоях атмосферы — ионосфере. Но в этом случае невозможно объяснить столь большую задержку в поступлении сигналов-эхо.

Конечно, не исключена возможность, что мы встретились здесь с каким-то неизвестным нам природным феноменом. А может быть, это и есть то самое «чудо» — непонятное с точки зрения чисто природных процессов, явление, которое требует для своего объяснения допустить возможность вмешательства разумных существ.

В 1960 г. уже знакомый нам австралийский радиоастроном Р. Брайсуэлл высказал смелое предположение о том, что таинственное «радиозхо», зарегистрированное Штермером, представляло собой не что иное, как искусственные радиосигналы автоматического космического зонда, присланного в солнечную систему с какой-либо далекой обитаемой планеты.

Уловив земные радиосигналы, зонд переизлучал их с задержкой, величина которой специально менялась для того, чтобы обратить внимание жителей Земли на искусственный характер происходящего. Не исключена также возможность, что в этих изменениях заключался какой-либо код.

Мы уже говорили о том, что посылка радиозондов является одним из возможных и притом эффективных способов установления контактов с инопланетными цивилизациями. Но если это так, то подобным методом могут воспользоваться и наши далекие братья по разуму. Во всяком случае, много удовлетворительного объяснения

явление, открытое Халлем и Штермером, пока не получило.

Другое явление, которое заставляет задуматься о возможности вмешательства разумных существ — загадочные спутники Марса. В движении ближайшего к Марсу спутника Фобоса наблюдается торможение, необъяснимое с точки зрения законов небесной механики.

Пытаясь найти причину этого странного явления, советский астроном И. С. Шкловский пришел к выводу, что Фобос должен быть пустотелым, т. е. состоящим только из одной оболочки. Но поскольку мы не знаем естественных процессов, которые приводили бы к образованию пустот внутри небесных тел, остается предположить, что Фобос, а возможно, и Деймос — искусственные спутники Марса, созданные миллионы лет назад разумными существами, когда цивилизация на Марсе достигла высокого уровня развития. Однако подобное предположение, разумеется, относится к области научной фантастики. Что же касается самой гипотезы проф. Шкловского о пустотелом Фобосе, то она является вполне правильной научной гипотезой и ее не надо смешивать с предположениями писателей-фантастов, появляющимися на страницах научно-фантастических произведений. Гипотеза Шкловского исходит из наблюдений и приходит к выводам путем математических выкладок. Дальнейшая судьба ее будет такова же, как и судьба любых других гипотез. Она будет либо опровергнута, либо подтверждена.

Правда, справедливость требует отметить, что недавно было высказано интересное предположение о том, что малая масса при данных размерах Фобоса объясняется не пустотелостью, а представляет собой результат обработки спутника метеоритами, благодаря которой его вещество приобрело сильную пористость подобно веществу верхнего слоя поверхности Луны.

Таким образом, связь загадочных явлений, о которых идет речь, с разумными обитателями других миров, по меньшей мере проблематична. Вообще, в распоряжении современной астрофизики нет прямых данных, которые указывали бы на то, что где-либо во Вселенной происходят явления, необъяснимые с точки зрения естественных природных процессов. Между тем если возраст галактик составляет около 10 млрд. лет, то можно ожидать, что по крайней мере в каждой из них имеется хотя бы

одна цивилизация третьего типа, а это значит, что количество «чудес» во Вселенной должно быть достаточно велико.

Поэтому тот факт, что мы их фактически не наблюдаем, говорит о том, что либо вероятность возникновения цивилизаций не так уж велика и поэтому высокоразвитые цивилизации существуют далеко не в каждой галактике, либо уровень развития общества разумных существ по каким-то неизвестным причинам принципиально ограничен. Однако методы изучения Вселенной, которыми мы располагаем, еще не настолько совершенны, чтобы мы имели право делать какой-то окончательный вывод. Во всяком случае, даже то, что мы знаем, не исключает возможности существования высокоразвитых цивилизаций в отдельных галактиках, в том числе и в нашей Галактике.

К тому же указать на присутствие разумных существ могут не только труднообъяснимые явления. Стоит задуматься и над тем, в чем еще может проявиться деятельность инопланетных цивилизаций.

Несколько лет назад американский астроном Дайсон высказал интересную идею. Очевидно, развитие любой цивилизации связано с использованием источников сырья и энергетических ресурсов. Например, для земного человечества главным источником энергии является Солнце. Ежесекундно наше дневное светило излучает такое количество энергии, которого хватило бы на то, чтобы растопить слой льда толщиной в 1000 км, окружающий шар, равный по размерам Земле. Однако подавляющая часть солнечной энергии рассеивается в пространство, на долю нашей планеты приходится всего лишь одна ее двухмиллионная часть.

Поэтому можно предположить, что со временем, когда человечеству может понадобиться дополнительное жизненное пространство, одно из возможных решений этой задачи будет состоять в том, чтобы окружить Солнце сферической поверхностью, полностью улавливающей его лучи, и расположить на ее внутренней поверхности города, заводы, дороги и т. п. Дайсон считает, что материалом для изготовления такой «сферы жизни» могло бы послужить вещество необитаемых планет.

В случае, если бы «сфера Дайсона» была создана, она полностью перехватила бы все световое излучение

Солнца и тогда для стороннего наблюдателя Солнце как обычная звезда погасло бы. Однако сфера, прогреваемая изнутри солнечными лучами, стала бы сама излучать в окружающее пространство, но уже в инфракрасном диапазоне.

Сфера Дайсона в принципе может быть и незамкнутой. В таком случае к световому излучению центральной

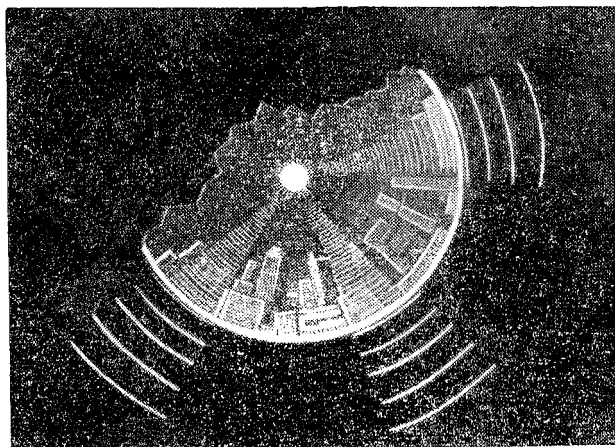


Рис. 55. Сфера жизни.

звезды должно присоединиться инфракрасное излучение, идущее из окружающей ее области пространства.

Правда, некоторые ученые считают сферу Дайсона технически неосуществимой. Но нельзя не учитывать, что к этой проблеме мы подходим с точки зрения наших современных знаний и современного технологического уровня. У науки и техники будущего могут открыться новые возможности. Поэтому идея Дайсона привлекают несомненный интерес к поискам инфракрасных звезд.

В 1964 г. американский астроном Р. Лоу, работающий на Национальной радиоастрономической обсерватории Грин Бэнк, обнаружил интенсивное инфракрасное излучение, источник которого расположен в окрестностях яркой звезды Бетельгейзе из созвездия Ориона. При

ном яркость, размеры и форма светящейся области менялись из ночи в ночь.

В дальнейшем Лоу обнаружил инфракрасные оболочки еще двух звезд. Механизм этого загадочного явления остается неясным. В связи с этим невольно напрашивается сопоставление со сферами жизни Дайсона. Но, с другой стороны, звезды, о которых идет речь, относятся к так называемым переменным — их световое излучение испытывает колебания. Между тем возникновение жизни на планетных системах переменных звезд вообще мало вероятно. К тому же характер инфракрасного излучения, обнаруженного Лоу, свидетельствует о том, что оно, скорее всего, имеет нетепловую природу.

Обмен информацией

Таково в общих чертах состояние проблемы поисков разумных цивилизаций. Но допустим на минуту, что эти поиски увенчались успехом и между земным человечеством и другой цивилизацией произошел обмен информацией. Может ли эта информация представлять какой-либо практический интерес для человечества? На этот вопрос заранее трудно дать исчерпывающий ответ, ибо мы не знаем ни уровня развития наших будущих «радиопартнеров», ни тех специфических условий, в каких они живут. К тому же человечество само уже достигло достаточно высокого уровня развития, оно овладело могучими силами природы и вполне способно самостоятельно решать возникающие перед ним задачи. Тем не менее, обмен информацией с другими цивилизациями намного увеличил бы возможности разумных существ в их борьбе за овладение силами природы. Развитие научных знаний и их практических приложений — это процесс, последовательно разворачивающийся во времени. Могут происходить известные «забегания» вперед по отдельным направлениям, но в целом состояние науки и техники в данную эпоху определяется некоторым средним уровнем знаний и достигнутыми технологическими возможностями. На заре развития наших знаний научная догадка гениального одиночки, намного опережающая свой век, могла довольно быстро найти себе довольно широкий круг применений, ибо эти применения не требовали каких-либо особенных технических средств.

Их возможность и осуществимость почти непосредственно вытекали уже из одного лишь нового знания. Но при достаточно высоком уровне развития цивилизации между открытием и принципиальной теоретической разработкой проблемы, с одной стороны, и практическим применением, — с другой, пролегает немалая дистанция. Чтобы преодолеть ее, необходимо решить ряд конкретно-научных, а также технических и технологических проблем, т. е. «подтянуть» общий уровень науки и техники. Кроме того, необходимо учитывать, что осуществление современных практических приложений часто связано с большими материальными и энергетическими затратами и вообще требует значительного экономического напряжения. Не случайно, что, несмотря на то, что принцип устройства ракетных двигателей и ракет достаточно хорошо известен, только немногие страны современного мира способны организовать их серийное производство. Цивилизация при условии самостоятельного развития не может перескакивать через последовательные этапы развития производительных сил.

Иное дело, если речь идет об использовании информации, полученной от инопланетной цивилизации. Если разумные обитатели другой планеты передадут человечеству данные о научных открытиях, намного опережающих достигнутый людьми уровень знаний, то вместе с тем они передадут и всю информацию, необходимую для осуществления практических приложений этих открытий. В результате получения подобной широкой информации человечество может двинуться вперед ускоренным темпом.

Научная информация, содержащаяся в радиопередачах других цивилизаций, была бы весьма ценной для земной науки даже в том случае, если бы эта цивилизация находилась на таком же уровне развития и познания природы, как и земная. Подобная информация, полученная нами от разумных существ, обитающих в другой области пространства, в другом районе нашей Галактики или Метагалактики, помогла бы нам сравнить физические условия и физические явления, существующие и протекающие в различных точках космического пространства. В частности, мы могли бы получить весьма ценные и важные для нас сведения о центральной звезде другой планетной системы, солнце нашего косми-

ческого абонента. Подобные сведения приблизили бы нас к пониманию физической природы звезд и решению проблемы управления термоядерными процессами, а также овладению новыми силами природы и новыми источниками энергии.

Пожалуй, еще более важное значение имела бы информация об инопланетных формах жизни. Современная биология достигла такого уровня, когда появилась реальная возможность осуществить качественный скачок в развитии этой науки на основе достижений смежных точных наук — физики, математики, кибернетики, астрономии и т. д. Одним из важных путей решения подобной задачи могло бы явиться изучение космических форм жизни. Исследование внеземных живых организмов, их структуры, химического состава и происходящих в них химических и физических процессов, их приспособления к необычным с земной точки зрения условиям значительно расширили бы наши представления о жизни вообще и помогли бы решить целый ряд практических задач земной биологии, медицины и сельского хозяйства.

Первоначальные сведения о внеземной жизни мы можем получить методами астроботаники и астробиологии. Межпланетные полеты и космические экспедиции на поверхность других небесных тел позволят добыть экспериментальный материал. Но наиболее широкие сведения в этой области мы можем получить в результате обмена информацией с другими цивилизациями.

Мир познаваем. Чем дальше будут развиваться наши наука и техника, тем более глубокие и сложные явления природы будет познавать и подчинять себе человек, и чем продолжительнее существование той или иной космической цивилизации, тем выше достигнутый ею уровень развития, тем больше должен быть объем добытых ею знаний.

Высокоорганизованным разумным существам, как жителям Земли, так, вероятно, и обитателям любых других планет, присуще стремление понять смысл своего существования. Стремление это в конечном итоге продиктовано отнюдь не отвлеченными соображениями, а желанием в возможно большей степени оправдать само свое существование. И чем выше уровень развития общества, тем ярче должно быть выражено это желание.

Но если развитие цивилизации ограничено во времени, если оно имеет предел, если гибель цивилизации в конце концов неизбежна, то, рассуждают некоторые философы, все устремления сменяющихся друг друга поколений в итоге теряют какой бы то ни было смысл — они становятся бесперспективными.

Однако подобная пессимистическая точка зрения ничем не оправдана. Ведь каждый отдельный человек тоже смертен и срок его жизни неизмеримо короче продолжительности существования земной цивилизации. Почему же на этом основании пессимистические построения не овладевают каждым отдельным человеком, как только он осознает свою смертность? Потому что каждый человек живет и трудится не только для себя, но и для общества, является частью общества. Когда он уйдет из жизни, на Земле будут продолжать жить другие люди — его потомки и потомки его современников. И так поколение за поколением. Что же оставляет человек обществу, своим потомкам? Конечно, те материальные ценности, которые он создает и которыми будут пользоваться грядущие поколения. Но прежде всего он оставляет потомкам добытую им информацию. Здесь имеется в виду не только собственно научно-техническая информация, но и производственный опыт, литература, искусство, музыка и т. д.

Чтобы оценить значение информации, достаточно привести такой пример. Представьте себе на минуту, что в один далеко не прекрасный момент исчезла бы вся информация, накопленная человечеством, все сведения, содержащиеся в книгах и сознаниях людей. В этом случае человечество, располагая машинами, механизмами, самолетами, поездами и т. п., не смогло бы ими пользоваться и они вскоре пришли бы в полную негодность.

Утерев же материальные ценности, но сохранив необходимую информацию, человечество в сравнительно короткий срок могло бы восстановить эти ценности. Здесь мне всегда вспоминается замечательный роман Жюль Верна «Таинственный остров», один из главных героев которого, инженер Сайрус Смит, оказавшийся со своими друзьями на необитаемом острове, благодаря необходимым знаниям вскоре смог обеспечить колонистов всем необходимым.

Мы часто употребляем выражения «бессмертный Ломоносов», «бессмертный Ньютон» и т. д. Это не простой литературный образ. Подобные высказывания имеют, между прочим, и прямой смысл. Ломоносов умер, но добытая им в течение жизни информация осталась в распоряжении человечества и продолжала служить ему. И так из поколения в поколение не только гении, но и каждый трудящийся член общества оставляет ему в наследство некоторую дополнительную информацию.

Но если естественная ограниченность жизни отдельного человека не повергает людей в пучину безысходного пессимизма, то почему же должна вызывать пессимистические настроения естественная ограниченность существования отдельной цивилизации (если это имеет место)?

Мир познаваем. Человеческое познание будет вскрывать все более глубокие и сложные явления, открывать все новые законы природы. Но так как Вселенная бесконечно разнообразна, то познание никогда не сможет исчерпать ее полностью. Однако надо принимать во внимание, что в природе существует не только одно человеческое познание. Любое общество разумных существ, любая цивилизация также познает окружающий мир, и если бы эти усилия были объединены, то общий объем информации о законах природы, которым располагают разумные обитатели Вселенной, намного бы увеличился. Но для этого необходимо, чтобы информация, накопленная той или иной цивилизацией, не пропала бесследно. Даже в случае исчезновения этой цивилизации она должна становиться достоянием других цивилизаций. Если это условие будет выполнено, то разумная деятельность космической цивилизации окажется «бессмертной» в том же смысле, в каком являются бессмертными результаты деятельности отдельного человека в рамках человеческого общества.

Осознание этого, понимание своей ответственности перед другими разумными существами Вселенной должно с необходимостью сопутствовать достижению той или иной цивилизацией высших ступеней. Кроме того, характерной чертой развития цивилизаций, подобных земной, являются коллективные усилия. Взаимодействие как можно большего числа разумных существ и обмен информацией между ними намного увеличивает эффективность их деятельности. Это обстоятельство также должно

служить важным стимулом для установления космических контактов.

Иногда, правда, высказываются и опасения. Не стремятся ли хотя бы некоторые из высокоразвитых инопланетных цивилизаций к установлению космических контактов с теми или иными агрессивными целями?

Недавно на русский язык был переведен еще один роман английского астрофизика Фреда Хойла, написанный в соавторстве с Д. Эллиотом «Андромеда». На Земле с помощью только что построенного гигантского радиотелескопа принята таинственная радиопередача, идущая из космоса из области созвездия Андромеды. Вскоре выясняется, что пойманные радиосигналы — искусственные. Они переданы какой-то инопланетной цивилизацией. Ученые приступают к расшифровке. Один из научных сотрудников, работающих на радиотелескопе, высказывает предположение, что принятая из космоса передача не что иное, как своеобразная программа, для которой необходимо построить специальную электронно-вычислительную машину. Догадка оказывается верной. Начав действовать, машина синтезирует разумное живое существо — прекрасную девушку, обладающую высокоразвитым интеллектом и психологией разумных существ другой цивилизации. Как выясняется далее, вся эта операция предпринята инопланетчиками с агрессивными целями. Они хотят таким необычным способом (транслируя с помощью радиосигналов через космические просторы на Землю свой разум и наделяя им искусственно создаваемые на Земле живые организмы) покорить человечество. Однако, к счастью, эта невиданная космическая диверсия терпит крах. Во-время появив, чем грозит людям построенная по «космической подсказке» вычислительная машина, один из ученых уничтожает ее.

Соображение о том, что один лишь высокий уровень развития науки и техники не способен сам по себе, независимо от социальных условий, обеспечить торжество гуманных идей, — бесспорно, справедливо.

У советского писателя П. Багряка есть фантастическая повесть «Кто». Герой этой повести, талантливый ученый, профессор Миллер, живущий в одном из капиталистических государств, делает важное открытие, имеющее военное значение. Миллер понимает, что реализация его изобретения может привести к развязыва-

нию войны правящими кругами страны. Миллер колеблется... И тут происходит неожиданное. Миллер случайно попадает под действие одной из экспериментальных установок, в результате чего оказывается синтезированной его точная копия. При этом, как выясняется дальше, двойник Миллера не знает колебаний. Цель его совершенно ясна — как можно скорее испытать изобретение и извлечь из него наибольшую выгоду. В конце концов ситуация становится настолько острой, что каждый из двух Миллеров приходит к мысли о необходимости избавиться от своего второго «я». Оба одновременно стреляют друг в друга. Один из Миллеров убит. Но какой остался в живых — «хороший» или «плохой» — неизвестно. Писатель как бы хочет сказать: талант и способности ученого еще не гарантируют его высоких моральных и человеческих качеств. А от них зависит многое. И все же, как показывают дальнейшие события повести, определяющую роль играют социальные условия. Какой бы Миллер ни остался, «хороший» или «плохой», в капиталистическом обществе его трудами все равно воспользуются хозяева этого общества, т. е. капиталисты. Они будут решать. А если даже Миллер попытается просто уйти в сторону (как это сделал другой герой повести, профессор Чвиз), найдутся другие миллеры, готовые служить тем, кто их оплачивает.

И все же общий высокий уровень развития той или иной цивилизации в конечном итоге должен иметь определяющее значение для ее устремлений. На примере развития человечества мы видим, что наука на определенном этапе превращается в могучую производительную силу. А так как именно развитие производительных сил играет решающую роль в развитии социальных отношений, то становится очевидным, что достижение высокого научно-технического уровня приближает цивилизацию к созданию общества, основанного на идеалах справедливости и гуманности.

Поэтому представляется вполне естественным, что разумные цивилизации второго и третьего типа выделяют значительную часть имеющихся в их распоряжении энергетических ресурсов для осуществления передач, несущих накопленную информацию другим разумным обитателям Вселенной, и делают они это не с агрессивными, а прежде всего с гуманными целями.

Таким образом, поиски сигналов инопланетных цивилизаций, к которым приступает земная наука, не должны вызывать каких-либо опасений. Они могут сослужить человечеству важную службу и, что особенно заманчиво, они способны в случае успеха быстро принести колоссальные по своим последствиям результаты.

Дело в том, что пропускная способность высокочастотного радиоканала весьма велика. Она позволяет передавать в короткие сроки весьма большой объем сведений. Как показывают вычисления, вся научная информация, имеющаяся в распоряжении современного человечества (она заключается в 10^8 печатных и рукописных изданиях), может быть в принципе передана по каналу с полосой пропускания, равной 10^9 гц в течение 10^5 сек, т. е. за сутки. А если исключить избыточную и повторяющуюся информацию, та же самая передача может быть осуществлена всего за 100 сек.

Это значит, что, приняв передачу другой цивилизации и расшифровав ее, человечество в короткий срок могло бы стать обладателем ценнейшей информации. Поэтому, видимо, не будет большим преувеличением утверждать, что решение проблемы контактов с внеземными цивилизациями имело бы ничуть не меньшее значение для прогресса человечества, чем, скажем, решение проблемы управления термоядерными реакциями. Недаром поиски других космических цивилизаций все чаще и чаще называют «Проблемой века».

На протяжении многих веков богословы и теологи занимались поисками во Вселенной высшего разума. Теперь разум ищут ученые. Но разница состоит в том, что мировой разум религии — бог — это бесплотный дух, стоящий над материей, а разум, поисками которого занимается современная наука, это свойство высокоорганизованной материи, достигшей в ходе естественной эволюции такого уровня развития, при котором материя приобретает способность познавать саму себя.

Методы астрономических наблюдений бурно развиваются, неудержимо растет объем информации о космических явлениях. И это вселяет в нас надежду, что увлекательная проблема контактов с инопланетными цивилизациями может получить свое решение уже в ближайшем будущем.

Быть может, ждать осталось недолго!

В мире Галактик

Ядра галактик и радиогалактики

Одной из интереснейших проблем современной астрономии, возникшей буквально в последние годы, является изучение плотных образований, расположенных в центральных частях многих галактик, так называемых галактических ядер. Они служат центрами обращения звезд, но этим, как теперь становится ясно, их значение далеко не исчерпывается. Все говорит о том, что ядра галактик играют не только чисто механическую, но и немаловажную физическую роль. Наблюдения, в частности, показывают, что с ядрами многих галактик связаны спиральные «рукава», состоящие из звезд и межзвездного газа.

Более того, было обнаружено, что ядра некоторых галактик выбрасывают вещество. Эти выбросы настолько мощны, что часто имеют форму прямолинейных струй, внутри которых были найдены самостоятельные звездные системы небольших размеров. При этом количество выброшенного вещества иногда достигает нескольких миллионов солнечных масс.

Советским астрономам удалось обнаружить несколько случаев выброса вещества из центральной части крупных галактик, имеющих сферическую форму. Оказалось, что в конце таких струй располагаются отдельные небольшие галактики, отличающиеся от обычных голубым цветом.

Впоследствии «голубые галактики» были найдены в окрестностях многих других сферических галактик, и хотя в этих случаях струй, исходящих из ядер, обнаружить не удалось, представляется весьма вероятным,

что и такие объекты возникли в результате выброса вещества из ядер «материнских» галактик.

Все это не оставляет сомнений в том, что галактические ядра играют чрезвычайно важную роль в эволюции звездных систем и их составных частей. Не исключена возможность, что они являются своеобразными центрами формирования космических тел. Вероятно, здесь происходит, и притом в грандиозных масштабах, переход

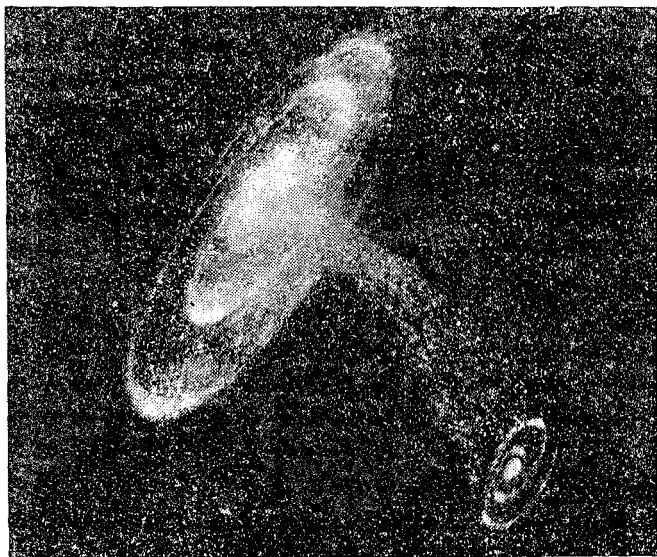


Рис. 56. Выброс из ядра галактики.

материи из одной формы в другую. Но подобные переходы должны сопровождаться преобразованиями колоссальных количеств энергии. Поэтому можно предположить, что галактические ядра являются могучими аккумуляторами энергии, способными выделять ее при определенных условиях.

Весьма вероятно, что мы столкнулись здесь с неизвестным видом энергии, изучение которого в дальнейшем сможет пролить свет на «скрытые пружины» многих космических процессов.

В пользу предположения о том, что физические явления, происходящие в галактических ядрах, сопровождаются выделением больших количеств энергии, свидетельствуют работы последних лет по исследованию так называемых радиогалактик.

В последние десятилетия было установлено, что многие космические объекты являются источниками радиоволн.

Таковыми естественными радиостанциями служат планеты солнечной системы, газовые туманности, атмосферы звезд, а также многие галактики. Одним из источников радиоизлучения является и наша Галактика. Но мощность этого источника не идет ни в какое сравнение с ее световым излучением, которое приблизительно в миллион раз мощнее.

Однако в 1951 г. в созвездии Лебедя, в том месте, где находится одна из самых мощных естественных космических «радиостанций», была обнаружена галактика, точнее, две галактики, тесно «прижавшиеся» друг к другу.

Поток радиоволн, идущий от этой «пары», примерно в шесть раз сильнее светового. Об удивительной силе этого радионисточника говорит то, что хотя он находится от нас на огромном расстоянии, около 600 млн. световых лет, его радиоизлучение, принимаемое на Земле, имеет такую же мощность, как и радиоизлучение спутничного Солнца. А ведь расстояние до Солнца составляет всего около восьми световых минут! Впоследствии было обнаружено большое число и других «радиогалактик», но галактика в Лебеде до сих пор является своеобразным рекордсменом. Лишь немногие звездные острова могут сравниться с ней по своей «радиосветимости», а подавляющее большинство примерно в тысячу раз слабее.

Тщательное сравнение радиогалактик с обычными показало, что по строению и оптическим свойствам они не представляют собой ничего исключительного. Для любой радиогалактики можно найти похожую на нее «нормальную» галактику, которая отличается только отсутствием радиоизлучения. Это наводит на мысль, что способность излучения мощных потоков радиоволн возникает лишь на некотором этапе эволюции галактик

определенного типа, а может быть, подобная стадия в «жизни» галактики повторяется несколько раз.

В 1950 г. была выдвинута любопытная гипотеза, которую в дальнейшем развили в своих работах советские ученые В. Л. Гинзбург, Г. Г. Гетманцев и И. С. Шкловский. Согласно этой гипотезе источником космического



Рис. 57. Пара галактик в созвездии Лебедя.

радиоизлучения являются «быстрые» электроны, движущиеся в межзвездных магнитных полях со скоростями, близкими к скорости света. Справедливость подобного предположения была подтверждена и целым рядом астрофизических наблюдений.

Теория указывает, что подобное излучение, получившее название «синхротронного», должно быть определенным образом поляризовано. Действительно, радиоастрономические наблюдения подтверждают, что соот-

ответствующая поляризация радиоизлучения от радиогалактик действительно имеет место.

Более того, еще в 1953 г. И. С. Шкловский высказал предположение, что свечение радиогалактик в видимом диапазоне электромагнитных волн также имеет синхротронную природу. Дело в том, что механизм синхротронного излучения способен порождать не только радио-, но и оптические частоты. Справедливость гипотезы Шкловского была бы подтверждена, если бы удалось показать, что оптическое излучение радиогалактик также поляризовано. В настоящее время благодаря ряду наблюдений этот факт можно считать доказанным. Таким образом, синхротронная природа излучения радиогалактик в настоящее время не вызывает сомнений.

Расчеты показывают, что суммарная энергия релятивистских частиц, порождающих радиоизлучение галактик, может достигать колоссальной величины. Так, например, для радиогалактики в созвездии Лебедь эта энергия в десятки раз больше, чем энергия притяжения всех составляющих ее звезд, и в сотни раз больше, чем кинетическая энергия ее вращения.

Но тогда возник новый вопрос: откуда и при каких обстоятельствах в галактике может появиться огромное количество быстрых частиц и возникнуть достаточно мощные магнитные поля? Открытие двойной радиогалактики в Лебедь породило на первых порах гипотезу о столкнувшихся звездных островах. Было выдвинуто предположение, что в результате подобной катастрофы, длящейся десятки миллионов лет, в районе столкновения могут возникнуть физические процессы, сопровождающиеся мощным радиоизлучением.

Одним из первых эту гипотезу подверг критике В. А. Амбарцумян. Он высказал интересную мысль о том, что в созвездии Лебедь и в других радиогалактиках мы наблюдаем не столкновение двух случайных галактик, а рождение этих звездных систем путем деления галактик или их ядер или картину образования новой галактики из материи, выброшенной ядром «материнского» звездного острова. Подобная точка зрения подтверждается тем обстоятельством, что среди радиогалактик встречаются не только двойные, но и одиночные звездные системы. Это означает, что быстрые частицы рождаются в самой галактике в резуль-

тате каких-то внутренних процессов. Но каких именно?

В 1959 г. И. С. Шкловский предложил гипотезу, согласно которой источником быстрых частиц в галактике могут служить вспышки так называемых сверхновых звезд. Известно, что подобные вспышки действительно порождают мощные потоки радиоволн. Однако подсчеты показали, что для того, чтобы обеспечить наблюдаемую мощность излучения гигантских радиогалактик, потребовалось бы несколько десятков тысяч вспышек сверхновых звезд ежегодно. Между тем в нормальных галактиках происходит в среднем одна вспышка сверхновой звезды за несколько сотен лет.

Тогда Шкловский предположил, что ядра галактик при известных условиях могут «вбрасывать» в себя горячий разреженный газ, заполняющий межгалактическое пространство. При этом должно освобождаться большое количество энергии, которое может вызвать ускорение заряженных частиц. Остроумное обобщение этих двух гипотез было предложено известными астрофизиками англичанином Ф. Хойлом и американцем В. Фаулером.

Загадка сверхзвезд

До недавнего времени в звездной астрономии считалось, что масса звезд не может превосходить массу Солнца более чем в 100 раз. В противном случае звезда окажется неустойчивой и распадется. Однако Хойл и Фаулер предположили, что временами внутри ядер галактик, вследствие сгущения межзвездного газа, могут возникать «сверхзвезды» с массами, превосходящими солнечную в сотни тысяч и даже сотни миллионов раз. Такие сверхзвезды (ибо подобный объект не является звездой в обычном смысле этого слова), как показывают расчеты, должны постепенно сжиматься, что ведет к выделению огромного количества энергии, по сравнению с которым вспышка обычной сверхновой все равно, что вспышка спички по сравнению со взрывом водородной бомбы. Одна такая вспышка может породить вполне достаточное количество быстрых частиц, чтобы целая галактика стала радиогалактикой.

При фотографировании на обычную фотопластинку многие радиогалактики выглядят как слабые звезды. В 1963 г. голландский астрофизик Шмидт, работающий в США, исследовал одну из таких звезд ЗС 48, расположенную в созвездии Треугольника. Он обнаружил, что она находится на расстоянии полутора миллиардов световых лет от Земли и удаляется с колоссальной скоростью, составляющей около одной шестой скорости света.

Вскоре еще один аналогичный объект — ЗС 273, который является своеобразным рекордсменом по количеству излучаемого света, заинтересовал советских астрономов А. С. Шарова и Ю. Н. Ефремова. Они изучили ряд фотографий соответствующего участка звездного неба, выполненных в разное время, и обнаружили, что таинственный объект то и дело менял свою яркость в течение коротких промежутков времени. Аналогичные наблюдения были сделаны и американскими астрономами. Казалось бы, на огромном расстоянии, превосходящем миллиард световых лет, обнаружить отдельную звезду вообще невозможно. Можно наблюдать только большую совокупность звезд — звездную систему — галактику. Однако яркость целой галактики не может испытывать столь быстрых одновременных изменений. Это позволило астрономам сделать заключение, что объект ЗС 273 является единым телом — сверхзвездой. Интересно отметить, что поток электромагнитной энергии, излучаемой этим объектом, в 100 раз превосходит общий поток энергии всей нашей Галактики. Он составляет около 10^{47} эрг/сек.

Уже одно это говорит о том, что сверхзвезда не может быть скоплением звезд. Чтобы обеспечить такую мощность излучения, надо было бы сосредоточить в каждом кубическом парсеке 10^8 звезд. Между тем в среднем на один кубический парсек приходится 1/10 звезды.

Что же касается полной энергии, выделяющейся в момент образования сверхзвезды, то она достигает 10^{60} эрг. Чтобы выделить такую энергию с помощью ядерных реакций, пришлось бы переработать массу вещества, сравнимую с массой галактики средних размеров.

Интересно отметить, что, вообще говоря, открытие сверхзвезд не было абсолютной неожиданностью. Как мы видели, изучение радиогалактик с необходимостью

приводило к выводу о том, что во Вселенной должны существовать какие-то источники энергии, намного превосходящие по своей мощности все, что нам было известно.

В дальнейшем сверхзвезды получили название квазизвездных объектов (т. е. объекты, похожие на звезды, но все же не звезды), или квазаров. В настоящее время обнаружено свыше ста квазаров. Более чем для пятидесяти из них удалось получить оптические спектры, позволяющие достаточно уверенно определить смещение спектральных линий и тем самым измерить ту скорость, с которой загадочные объекты перемещаются в пространстве. Скорости эти оказались чрезвычайно большими (один из квазаров, например, движется со скоростью, достигающей 80% скорости света). Как мы уже знаем, картина расширения нашей области Вселенной такова, что более далекие объекты удаляются с большими скоростями. Это позволяет по величине красного смещения определять расстояние до далеких космических объектов.

Подобным методом удалось выяснить, что квазары находятся от нас на колоссальных расстояниях в несколько миллиардов световых лет. Но это означает, что наблюдая квазары, мы наблюдаем объекты, которые относятся к той самой эпохе, к которой, согласно современным представлениям, относится начальная стадия образования Метагалактики. Уже одно это делает квазары необычайно интересными объектами научного исследования.

Наблюдение за движением и распределением квазаров в пространстве может также дать известные указания на то, какая модель Метагалактики ближе к реальному положению вещей: «неограниченно расширяющаяся» или «пульсирующая».

Правда, справедливость требует отметить, что существует и другая точка зрения, согласно которой красное смещение в спектрах квазаров объясняется не космологическими причинами (т. е. участием этих объектов в общем расширении Метагалактики), а какими-то другими. Так, например, некоторые исследователи считают, что квазары — это объекты, которые выбрасываются со скоростями, близкими к скорости света (релятивистскими скоростями), из многих центров взрывов, более или

менее равномерно распределенных в пространстве. Однако в подобном случае хотя бы некоторые квазары должны были бы к нам приближаться, в результате чего в их спектрах должно было бы наблюдаться не красное, а синее смещение. Однако до сих пор ни одного квазара с синим смещением не обнаружено.

Другие ученые в связи с этим высказывают мысль о том, что квазары были выброшены из ядра нашей собственной галактики и поэтому удаляются от нас в различных направлениях.

Однако трудно представить себе физическую природу таких взрывов, при которых возможно ускорение больших плотных тел до скоростей, сравнимых со скоростью света.

Поэтому большинство астрономов все же придерживается мнения, что квазары — далекие объекты.

В пользу такого предположения говорит и очень интересное исследование, выполненное молодым бюраканским астрономом М. Аракеляном. Ему впервые в результате изучения 60 ближайших квазаров удалось показать, что частоты распределения их красных смещений как раз таковы, какими они должны быть при условии, что эти красные смещения связаны с участием квазаров в расширении Метагалактики.

Недавно было сделано еще одно открытие, воспринятое многими астрономами как сенсация. Оно связано с наблюдениями квазара 3C 297, который, если судить по красному смещению, расположен на расстоянии нескольких миллиардов световых лет от Земли.

В 1965 г. этот квазар наблюдался как обособленное образование. Однако уже в 1966 г. астрономы обнаружили, что вокруг него появилась светящаяся туманность, угловые размеры которой составляют около 2 секунд дуги.

Почему же ее не наблюдали раньше? На этот вопрос может быть два ответа: либо вещество туманности выброшено квазаром в самое последнее время, либо оно существовало и раньше, но находилось в тени, а теперь излучение квазара заставило ее светиться.

Как нетрудно сообразить, «цена» каждой секунды дуги, если перевести ее в линейные меры, растет с увеличением расстояния. С другой стороны, процесс расширения или освещения туманности не мог происходить со скоростью, превосходящей скорость света. Отсюда

путем несложных подсчетов получается, что квазар ЗС 287 должен находиться от нас не дальше чем 100 000 световых лет (т. е. вблизи нашей Галактики или даже внутри нее). Правда, справедливости ради следует отметить, что имеется и другая, довольно фантастическая возможность: предположить, что в дальнем космосе возможны процессы, распространяющиеся со скоростью, большей скорости света.

А может быть, существует и какое-либо третье объяснение? Вероятно, мы узнаем об этом уже в недалеком будущем.

Колоссальный интерес для науки, — не только для астрономии, но и для физики, — представляет собой физическая природа самих квазаров. Здесь возникают два основных вопроса: каковы источники сверхмощной энергии квазизвездных объектов и каким образом эта энергия трансформируется в энергию космических лучей и магнитного поля, взаимодействие которых и порождает радиоизлучение?

Согласно первоначальной идее Хойла и Фаулера сверхзвезды образуются в результате сгущения межзвездного газа. Но дело в том, что сжатие очень больших газовых масс, происходящее под действием собственной гравитации, как показал советский академик Я. Б. Зельдович, может при определенных условиях происходить без задержки. Повышение температуры и давления внутренней зоны такого сгустка оказывается недостаточным, чтобы воспрепятствовать дальнейшему сжатию. Происходит так называемый гравитационный коллапс — неуправляемое сжатие всей массы газа. Любопытно, что масса вещества, принимающего участие в гравитационном коллапсе, должна составлять 10^7 — 10^8 солнечных масс.

Таким образом, источник колоссальной энергии квазаров как будто бы ясен. Это — сжатие. Но какими путями энергия сжатия переходит в другие виды энергии? В этом и состоит одна из главных загадок сверхзвезд.

С другой стороны, если выделение энергии сверхзвезд осуществляется за счет коллапса, то, как показывают расчеты, излучение света сверхзвездами будет происходить лишь в течение очень короткого времени. Вскоре силы тяготения сжавшегося вещества сделаются на-

столько мощными, что перестанут выпускать световые лучи. Между тем квазары, обнаруженные астрономами, излучают на наших глазах свет в течение длительного времени.

В связи с этим высказывается предположение, что со временем коллапс может смениться антиколлапсом, т. е. катастрофическим расширением, и что именно эту стадию в жизни квазаров мы и наблюдаем.

Другие астрономы считают, что у квазаров имеются особые источники энергии, о которых мы пока еще просто не можем судить из-за трудности наблюдений и недостаточности имеющихся данных.

Но как бы там ни было, открытие квазаров — бесспорно, одно из самых замечательных достижений астрономии начала второй половины двадцатого столетия, которое может привести к пересмотру многих привычных представлений. Во всяком случае, построить удовлетворительную теоретическую картину этого явления, оставаясь в рамках современных физических теорий, до сих пор не удастся. Разумеется, это вовсе не означает, что встретившись с каким-либо непонятным явлением, следует немедленно отказаться от попыток объяснить его с точки зрения уже известных представлений. Но, с другой стороны, нельзя забывать и о том, что всякая новая теория берет свое начало именно с таких фактов, которые не укладываются в рамки прежних представлений.

Поскольку выяснение физической природы квазаров наталкивается на существенные трудности, мы вправе уже сейчас задуматься над вопросом: а что, если такого объяснения в рамках современных представлений получить не удастся? Очевидно, это будет означать, что переход энергии сжатия в энергию электромагнитного излучения в квазарах совершается какими-то еще не известными нам путями либо наши представления о самой природе квазаров и источниках их собственной энергии не вполне соответствуют действительности. Только дальнейшие астрономические исследования могут разрешить эту проблему.

Во всяком случае, не исключена возможность того, что обнаружение квазаров относится к числу такого рода фактов, которыми открываются новые страницы истории науки.

Квazarы и радиогалактики

Прежде всего необходимо установить, являются ли квазары самостоятельными, обособленными объектами или они связаны с процессами, протекающими в так называемых галактических ядрах, т. е. центральных сгущениях вещества, имеющих в целом ряде звездных островов Вселенной. Чтобы решить эту задачу, нужно самым тщательнейшим образом проанализировать существующие в настоящее время данные астрономических и радиоастрономических наблюдений с тем, чтобы постараться выяснить физическую сущность процессов, происходящих в квазизвездных объектах.

Не так давно было обнаружено, что один из первых открытых астрономами квазаров, 3С 273, обладает довольно сильным инфракрасным излучением. Согласно подсчетам Шкловского мощность этого излучения примерно в 100 раз превосходит мощность светового излучения 3С 273. Анализируя данные наблюдений, ученый пришел к выводу, что источник инфракрасного излучения совпадает с оптическим ядром квазара. Это наводит на мысль, что инфракрасное и оптическое излучения 3С 273 имеют общую природу.

Как уже упоминалось выше, мощность, которая генерируется у 3С 273 в инфракрасном и субмиллиметровом диапазонах, чрезвычайно велика, а размеры центрального ядра весьма незначительны. Но это означает, что исключительно велика и плотность излучения. При такой плотности должно иметь место особое явление, называемое обратным эффектом Комптона. Оно состоит в том, что фотоны невидимых электромагнитных излучений, взаимодействуя с электронами, движущимися со скоростями, близкими к скорости света (релятивистские электроны), рассеиваются с изменением длины волны. В результате получается электромагнитное излучение в оптическом диапазоне. Таким образом, согласно выводам Шкловского инфракрасное и оптическое излучения квазара 3С 273 тесно связаны между собой.

Подобное заключение позволяет сделать одно любопытное предсказание. Дело в том, что согласно наблюдениям оптическое излучение 3С 273 носит переменный характер. Но если оптическое излучение порождается более длинноволновым, невидимым инфракрасным из-

лучением, то это последнее, очевидно, также должно быть переменным. Дальнейшие наблюдения покажут, справедливо ли подобное предсказание.

Анализ электромагнитного излучения квазаров позволяет установить явную аналогию между этими удивительными объектами и ядрами галактик, находящихся в активном состоянии — так называемых сейфертовских галактик. Ядра таких галактик имеют весьма малые размеры, сравнимые с размерами квазизвездных объектов, и подобно им обладают чрезвычайно мощным электромагнитным излучением. Правда, это излучение главным образом сосредоточено в инфракрасном диапазоне, но точно такое же явление, как мы уже видели, наблюдается и у типичного квазара 3C 273. Это дает все основания предполагать, что в ядрах сейфертовских галактик, например, галактики NGC 1275, находятся «невидимые квазары».

Астрономические наблюдения показывают, что ядра сейфертовских галактик содержат большое количество возбужденного и ионизованного газа, т. е. такого газа, частицы которого потеряли часть своих электронов и приобрели благодаря этому электрический заряд. Но какова причина подобной ионизации, что ее вызывает? Эта проблема, весьма важная для понимания физических явлений, происходящих в радиогалактиках, до недавнего времени была довольно далека от своего решения. Однако наличие квазаров в ядрах сейфертовских галактик проливает определенный свет на этот вопрос.

Как мы уже знаем, благодаря высокой плотности излучения квазаров в них действует обратный комптон-эффект. Подсчеты, проведенные Шкловским для галактики NGC 1275, показывают, что в результате рассеяния инфракрасных и субмиллиметровых фотонов здесь должно возникать весьма мощное рентгеновское излучение. Этого жесткого излучения вполне достаточно для ионизации газов в ядре любой сейфертовской галактики. Можно предполагать, что аналогичные явления должны иметь место также и в ядрах других сейфертовских галактик, например NGC 1068, NGC 7469 и NGC 3227. В связи с этим, по мнению Шкловского, было бы интересно попытаться обнаружить излучение их ядер в диапазоне 8 и 4 мμ.

Всесторонний анализ материалов, имеющихся в распоряжении современной оптической и радиоастрономии, по мнению Шкловского, позволяет сделать вывод, что квазары и ядра сейфертовских галактик представляют собой сходное явление. Во всяком случае, физическая природа этих объектов одинакова, а отличия сводятся к масштабам происходящих процессов. Не исключена также возможность, что эти объекты находятся в разных фазах своей эволюции.

Какова же физическая сущность активности галактических ядер? Вероятно, в таких ядрах происходят взрывы, которые сопровождаются сильными выбросами больших газовых масс. Мощность подобного взрыва для различных галактик может изменяться в довольно широких пределах. Но, видимо, явление, о котором идет речь, должно происходить в любой галактике на определенной стадии ее эволюции. В частности, вполне возможно, что в свое время наша Галактика, так же как и другие подобные ей гигантские спиральные звездные острова, переживала стадию активности ядра и относилась, таким образом, к классу сейфертовских галактик.

О явном сходстве квазаров с явлениями, происходящими в ядрах некоторых галактик, говорят и результаты исследований бюраканского астронома Б. Е. Маркаряна. Еще в 1963 г. он опубликовал интересную работу, посвященную изучению особого класса галактик. Эти звездные системы обладают ядрами, которые значительно голубее, чем ядра большинства других галактик, имеющих такую же форму.

Маркарян пришел к выводу, что голубые ядра исследованных им галактик отличаются также аномально сильным излучением в ультрафиолетовой части спектра.

Чем же можно объяснить необычный характер излучения и цвет центральных областей таких галактик? На этот вопрос может быть два ответа: либо эти звездные системы обладают необычным звездным составом либо в их ядрах происходят необычные процессы. Очевидно, и в том и в другом случаях подобные звездные системы заслуживают особенно пристального внимания.

В первой работе Маркаряна было исследовано 40 аномальных галактик. Однако чтобы получить возможность сделать какие-либо выводы, следовало не только рас-

ширить этот список, но попытаться выяснить, нет ли подобных галактик в отдаленных областях пространства.

С этой целью в Бюраканской обсерватории был начат систематический обзор неба с помощью метрового рефлектора, снабженного специальными призмами для изучения спектров слабых космических объектов. Первая серия наблюдения охватила области созвездий Большой Медведицы и Жирафа и район северного полюса нашей Галактики. В результате помимо аномальных «ультрафиолетовых» галактик, входивших в прежний список, было обнаружено еще 70 объектов подобного типа. И вообще, статистические подсчеты показывают, что галактики с необычным ультрафиолетовым излучением составляют, по-видимому, не менее 5% от общего числа всех галактик.

Любопытно, что у многих «ультрафиолетовых» галактик наблюдаются слабые оболочки или короны, отростки или небольшие хвосты, а иногда и слабые голубые спутники. Подобные придатки, видимо, могли возникнуть в результате выброса вещества из ядер таких звездных систем. Это говорит о том, что значительная часть «ультрафиолетовых» галактик в настоящее время переживает последующую за выбросом эпоху, как говорят астрономы, постсуперновную стадию.

Наибольший интерес представляет вопрос о происхождении аномального ультрафиолетового излучения. Хотя окончательный ответ на него может быть получен лишь в результате всестороннего тщательного изучения необычных звездных систем, уже и на основании имеющихся данных можно сделать некоторые предварительные выводы.

Оказалось, что все «ультрафиолетовые» галактики по характеру их спектров можно разделить на две группы. У галактик одной группы спектры похожи на спектры некоторых звезд и квазаров, у галактик другой — на спектры ярких ассоциаций.

Анализ спектров показывает, что ультрафиолетовое излучение ядер галактик второй группы может иметь чисто звездное происхождение.

Что же касается ядер первой группы, то их излучение также в какой-то степени напоминает комбинацию излучения звезд определенных типов, а именно, голубых и красных гигантов. Однако весьма трудно

предположить, что такие образования, как галактические ядра, могут состоять из этих двух типов звезд, представляющих противоположные этапы звездной эволюции.

В связи с этим Б. Е. Маркарян пришел к заключению, что ультрафиолетовое излучение ядер этого типа имеет незвездное происхождение. Другими словами, подтверждается гипотеза академика Амбарцумяна о наличии в ядрах некоторых галактик активных тел незвездной природы.

Подобный вывод хорошо согласуется с результатами радионаблюдений галактик Маркаряна, которые были проведены бюраканским астрономом Г. Товмасыаном с помощью больших австралийских телескопов. Удалось установить два весьма любопытных факта. Во-первых, оказалось, что радиоизлучение ультрафиолетовых галактик заметно превосходит радиоизлучение обычных звездных островов. Во-вторых, что это радиоизлучение исходит главным образом из их центральных областей.

Но из центральных областей галактик Маркаряна исходит и необычное ультрафиолетовое излучение. Это дает основание предполагать, что и то и другое излучения непосредственно связаны с какими-то процессами, протекающими внутри ядер.

Видимо, такие процессы представляют собой одну из форм активной деятельности ядер, характерную для определенной стадии эволюции галактик, форму внешне менее заметную, но более распространенную, чем взрывы, выбросы и деление ядер.

Возможно, что именно эта форма деятельности приводит к образованию в галактиках спиральных рукавов.

В свете полученных данных особенно большой интерес приобретает сходство излучения ядер галактик Маркаряна с излучением квазаров. Кстати сказать, объекты, о которых идет речь, обладают и другими сходными признаками: высокой светимостью, большими массами, способностью создавать вокруг себя обширные газовые облака, а также облака частиц высокой энергии, которые являются источниками мощного радиоизлучения.

Исследования Б. Маркаряна были продолжены другим бюраканским астрономом Э. Хачикяном, который совместно с американскими астрономами тщательно про-

анализировал спектры 35 «галактик Маркаряна». Среди этих галактик оказались две сейфертовские, причем более яркие, чем все остальные галактики этого типа, известные до сих пор. Ядро одной из них обладает почти такой же яркостью, как квазары. Кроме того, среди всех сейфертовских галактик «галактики Хачикяна» отличаются и самыми большими красными смещениями.

Активные процессы, происходящие в ядрах сейфертовских галактик, согласно точке зрения, развиваемой бюраканскими астрономами, указывают на молодость этих космических объектов. Квазары, видимо, еще более молоды.

Таким образом, есть все основания предполагать, что «галактики Хачикяна» по своим физическим свойствам являются промежуточным эволюционным звеном между квазизвездными источниками радионизлучения и обычными сейфертовскими галактиками.

Чрезвычайно интересные радионаблюдения квазаров были проведены в последние годы. До недавнего времени радиотелескопы по своей разрешающей способности значительно уступали оптическим инструментам.

Так, например, при оптических наблюдениях Солнца разрешающая способность достигала долей секунды дуги, в то время как даже самые крупные радиотелескопы давали в лучшем случае доли минуты. Чтобы преодолеть это затруднение, радиофизики пошли по пути создания так называемых радиоинтерферометров, т. е. системы радиотелескопов, разнесенных на некоторое расстояние.

Важный шаг в этом направлении сделали английские ученые. Они построили интерферометр с базой в несколько сотен километров. Телескопы были связаны специальным кабелем и их одновременные показания непосредственно сопоставлялись с помощью телевизионных устройств. Затем был осуществлен следующий шаг: создан интерферометр с гигантской базой около 8 тыс. километров. Один из радиотелескопов находился в Англии, а другой в США в Калифорнии. При таком расстоянии прямая связь по кабелю оказалась невозможной. Поэтому каждая обсерватория в условленное время наблюдала определенный объект самостоятельно. Результаты измерений фиксировались на магнитной

пленке вместе с сигналами точного времени. Затем производилась совместная обработка обеих записей.

Наблюдения показали, что многие квазары обладают весьма малыми угловыми размерами, меньшими 0,5 секунды дуги. А у некоторых угловые размеры предположительно составляют около 0,1 секунды дуги. Эти данные подтверждают точку зрения, согласно которой квазары не являются галактиками, а представляют собой сравнительно небольшие образования, напоминающие ядра галактик, находящиеся в особо возбужденном состоянии.

Мы уже говорили о том, что многие гипотезы связывают образование квазаров с концентрацией межгалактического газа. Однако Шкловский считает, что подобная возможность совершенно исключена. Дело в том, что химический состав оболочек квазаров существенно отличается от химического состава межгалактической среды. Эта среда бедна тяжелыми элементами, а в оболочках квазаров они присутствуют. Такой вывод подтверждается, в частности, наличием квазара в ядре уже упоминавшейся галактики NGC 1275. Галактика, о которой идет речь, заведомо относится к числу весьма «старых» объектов, сформировавшихся в отдаленные времена. Квазар здесь намного моложе самой галактики.

Таким образом, возникновение квазизвездных объектов, существование радиогалактик и процессы, происходящие в сейфертовских галактиках, по мнению Шкловского, представляют собой проявления различной степени активности галактических ядер. Это обстоятельство еще раз подтверждает, что проблема галактических ядер становится в настоящее время одним из центральных вопросов изучения Вселенной.

В самое последнее время изучение спектров квазаров привело И. С. Шкловского и его сотрудников к весьма интересному выводу о том, что расширение Метагалактики происходило не непрерывно, а с «остановкой» приблизительно на 50 млрд. лет. В таком случае, по расчетам Н. С. Кардашева, возраст нашей области Вселенной составляет не 10 млрд. лет, как считалось раньше, а около 70 млрд. лет. Если подобные предположения оправдаются, это приведет к радикальному изменению многих представлений о Вселенной.

Квazarы и незвездная материя

Что же могут представлять собой квазары и какова физическая природа активности галактических ядер?

В современной астрономии имеются некоторые данные, позволяющие подойти к объяснению этих явлений. Мы уже познакомились с представлениями об особом состоянии вещества — дозвездной материи, развиваемыми академиком В. А. Амбарцумяном. Амбарцумян впервые выдвинул и обосновал предположение о возможности

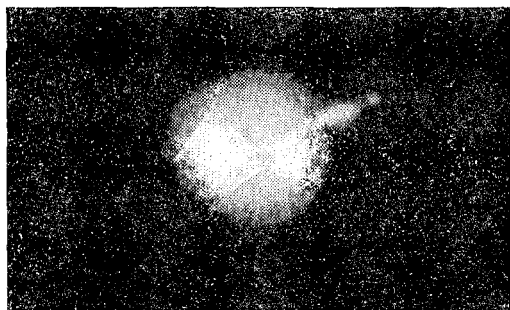


Рис. 58. Взрыв в ядре галактики М 82.

образования космических тел не путем сгущения (или не только путем сгущения) разреженной среды, а путем распада первичных сверхтвердых тел. Как мы уже видели, эти дозвездные, или, лучше сказать, незвездные (ведь звезды могут из них и не образоваться) тела являются могучими аккумуляторами энергии. Поэтому вполне можно предположить, что квазары представляют собой не что иное, как одну из форм проявления незвездной материи, хотя справедливость требует отметить, что и подобная точка зрения сталкивается с целым рядом трудностей.

В 1963 г. американский астрофизик А. Сандейдж завершил работу по изучению движения газа в сравнительно близкой к нам галактике М 82. Сандейдж пришел к выводу, что характер этого движения указывает на то, что приблизительно 1,5 млрд. лет назад из ядра М 82 произошел выброс газовых масс, более чем в миллион раз превосходящих массу Солнца. Эти и

другие подобные им факты и привели академика Амбарцумяна к мысли, что в состав галактических ядер входят сверхплотные тела из незвездной материи.

До последнего времени о палочках в природе подобных материальных образований можно было судить только чисто теоретически, поскольку в устойчивом состоянии незвездная материя практически не излучает и, следовательно, не может быть обнаружена при обычных наблюдениях. Но вполне вероятно, что с открытием сверхзвезд мы впервые получили возможность наблюдать незвездную материю в таком состоянии, когда она бурно излучает (т. е. в момент взрыва). Подобное предположение подтверждается еще и тем обстоятельством, что обнаружены галактические ядра, которые находятся в «промежуточном» состоянии — «возбужденные» ядра. Светимость их выше, чем у спокойных ядер, но значительно ниже, чем у сверхзвезд. Спектральные наблюдения показали, что возбужденные ядра выбрасывают потоки газового вещества со скоростями, достигающими десяти тысяч километров в секунду. Можно предполагать, что активность галактических ядер, а также мощные взрывы — все это проявления находящихся в них незвездных тел. Что касается направления эволюции ядер, то окончательный ответ на этот вопрос могут дать лишь дальнейшие исследования. Но, согласно предположениям академика Амбарцумяна, не исключена возможность, что исходным пунктом развития являются изолированные незвездные тела, которые переходят в активное состояние, испускают огромное количество энергии и в конце концов переходят в спокойное состояние.

Были сделаны попытки связать эту точку зрения с гипотезой «расширяющейся Вселенной». Не являются ли незвездные тела сгустками первоначального сверхпланетного вещества, которые по тем или иным причинам отстали от общего процесса эволюции и в течение некоторого времени находились в устойчивом состоянии? Подобное предположение вполне допустимо, хотя в то же время вряд ли возможно уложить все многообразие явлений, происходящих в мире галактик, в упрощенную схему расширяющейся Вселенной. В частности, не исключена возможность, что незвездная материя образуется в наше время из каких-то других ее форм. Интересно упомянуть и о соображениях советского

ученого В. Л. Гинзбурга, который считает, что важную роль в выделении мощной энергии квазаров могут играть сверхплотные магнитные поля. Подсчеты показывают, что при определенных условиях энергия таких полей может превосходить ядерную энергию.

Высказывается также предположение, что в квазарах происходит аннигиляция вещества и антивещества.

Имеются интересные предположения также и относительно механизма радиоизлучения квазаров, основанные на результатах радиоастрономических наблюдений. Некоторые ученые считают, что в центральной части квазара располагается сравнительно небольшой источник излучения, обладающий сильным магнитным полем, в котором движутся электроны высоких энергий. Этот источник даст уже знакомое нам синхротронное излучение. Отмеченные наблюдателями колебания яркости центральной области квазаров, возможно, объясняются пульсациями и образованием ударных волн.

Во всех направлениях от центрального источника разлетается газовая оболочка, состоящая из сравнительно плотных волокон. На еще больших расстояниях от центра движутся релятивистские электроны, т. е. электроны, обладающие скоростями, близкими к скорости света. Они тоже дают синхротронное излучение, но уже в слабых полях. Многие астрономы в настоящее время придерживаются мнения, что квазар — это газовая масса, внутри которой происходят крупномасштабные движения вещества со скоростями, достигающими одной десятой скорости света. Как показывают расчеты, такие движения должны повышать устойчивость. По той же причине должно происходить и общее вращение квазара, причем внутренние слои должны вращаться быстрее, а внешние медленнее. Только при таком условии не будет происходить центробежное сбрасывание вещества.

Видимо, современная астрономия стоит на пороге открытий величайшей важности, открытий, которые явятся дальнейшим и притом весьма существенным шагом на пути познания Вселенной в целом.

В одном из своих выступлений президент Академии наук СССР академик М. В. Келдыш особо подчеркнул, что наблюдая физические явления, которые происходят в необъятной Вселенной, мы можем многому научиться и для реализации новых процессов на Земле.

Существуют ли микровселенные?

Мы уже говорили о том, что согласно теории относительности геометрические свойства пространства зависят от распределения в нем вещества и что вблизи очень больших масс происходит искривление пространства.

Астрономические наблюдения последних лет дают основания предполагать, что во Вселенной в принципе могут существовать объекты, обладающие столь сильным полем тяготения, что пространство вблизи них искривляется до такой степени, когда световые лучи начинают распространяться по замкнутым линиям. Пространство как бы «захлопывается»: из него не существует выхода. Другими словами, ни одна частица, ни один сигнал, в том числе и световой, не может преодолеть огромного притяжения и вырваться изнутри подобного образования наружу (хотя в то же время любой сигнал может проникнуть внутрь). Подобное явление (мы о нем также упоминали в связи с квазарами) получило название гравитационного коллапса. Коллапс возникает в тех случаях, когда некоторая масса вещества занимает объем меньше критического (для данной массы). Для Солнца, например, «критический радиус» равен 250 м. При этом условии начинается катастрофическое сжатие вещества под действием собственного тяготения.

Самой собой разумеется, что обнаружить сколлапсированные объекты обычными методами астрономических наблюдений мы не можем. Поэтому представление о гравитационном коллапсе пока еще носит чисто теоретический характер. Тем не менее вполне вероятно, что подобные тела во Вселенной реально существуют.

Советские ученые академик М. А. Марков и проф. К. П. Станюкович независимо друг от друга выдвинули оригинальную идею, согласно которой устойчивые сколлапсированные образования могут существовать не только в космосе, но и в микромире. В честь знаменитого физика Макса Планка проф. Станюкович назвал эти гипотетические образования «планкеонами». Акад. Марков называет их «максимонами».

Подсчеты показывают, что для возникновения микроколлапса, например, масса порядка 10^{-5} г (т. е. одна сотысячная доля грамма) должна обладать радиусом

порядка 10^{-33} см, что во много раз меньше радиуса электрона. Плотность подобного образования будет поистине чудовищна — в каждом кубическом сантиметре 10^{95} г! Для сравнения можно напомнить, что средняя плотность вещества Земли составляет всего 5 г/см³.

По существу «планкеоны» — это замкнутые в себе эйнштейновские микровселенные. Находящиеся внутри планкеонов частицы движутся не по прямым линиям, а по замкнутым траекториям, которые нигде не выходят за пределы их поверхности.

По этой причине обнаружить существование планкеонов экспериментальным путем так же сложно, как и существование находящихся в состоянии коллапса космических объектов, так что в настоящее время планкеоны существуют лишь «на кончике пера». Однако история физики знает немало случаев, когда гипотетические элементарные частицы оказывались впоследствии реально существующими.

Кстати, планкеоны независимо от их массы тоже можно считать своеобразными элементарными частицами. Впрочем, точнее, их надо было бы назвать «мертвыми», или «спящими» — законсервированными частицами.

Поскольку сколлапсированные микрообразования не испытывают гравитационных взаимодействий с окружающими массами, а размеры планкеонов намного меньше размеров элементарных частиц, они способны совершенно свободно проникать сквозь обычное вещество. Поэтому планкеоны могут существовать и внутри твердого вещества, и в жидкости, и в межпланетном пространстве.

Что произойдет, если по каким-нибудь причинам планкеон расколлапсируется и его вещество перейдет в нормальное состояние?

Теория говорит, что при этом выделится огромная энергия — порядка 10^{16} эрг. Это приблизительно эквивалентно взрыву тонны самого сильного взрывчатого вещества.

Подсчеты показывают, что планкеоны больших энергий должны встречаться во Вселенной чрезвычайно редко — приблизительно один планкеон на десять тысяч кубических километров пространства.

Однако планкеонов, в которых заключены небольшие энергии, может быть значительно больше. Не

исключена возможность, что они входят в состав протонов и нейтронов, в качестве центральных ядер этих частиц. Но это, разумеется, лишь самое предварительное предположение.

Есть и другая гипотеза, согласно которой планкеоны — это не что иное, как кварки — гипотетические фундаментальные частицы с дробными электрическими зарядами, из которых построены многие элементарные частицы и поисками которых сейчас заняты физики.

Однако может оказаться, что связь между планкеонами и обычными элементарными частицами носит совсем иной характер.

Академик Марков и проф. Станюкович высказали оригинальную гипотезу, согласно которой обычные элементарные частицы представляют собой не что иное, как наблюдаемую часть планкеонов. Эти частицы с очень большой частотой, если можно так выразиться, периодически «высовываются» из своих планкеонов и прячутся обратно.

Но так как масса ненаблюдаемого вещества, заключенного в планкеонах, во много раз больше массы «высовывающихся» из него наблюдаемых частиц, то это может означать, что ненаблюдаемая масса нашей Метагалактики во много раз больше наблюдаемой.

Таким образом, есть основания предполагать, что природа сконцентрировала в сверхплотных образованиях колоссальное количество энергии. Удастся ли ее практически использовать? В настоящее время об этом можно лишь гадать. Но если планкеоны когда-нибудь действительно будут обнаружены, то можно не сомневаться, что человечество рано или поздно найдет путь к ее применению.

Еще один существенный вопрос: как и при каких обстоятельствах образуются планкеоны?

По мнению проф. Станюковича не исключена возможность, что сверхплотное вещество Метагалактики до начала расширения находилось как раз в состоянии гравитационного коллапса, т. е., по существу, представляло собой не что иное, как гигантский планкеон. Когда же сверхплотное вещество каким-то образом прорвало оковы гравитации и стало расширяться, то среди осколков гигантского взрыва оказались и сгустки вещества, сами находящиеся в состоянии коллапса, не успевшие про-

реагировать. Кроме того, в процессе расширения могли возникнуть такие зоны, где вещество необычайно сильно уплотнялось и возникали новые планкеоны.

Очень возможно, — полагает проф. Станюкович, — что такие реликтовые планкеоны и есть та незвездная материя, о которой говорит акад. Амбарцумян. С другой стороны, не исключена возможность, что планкеоны образуются и в наше время. Правда, для этого должны возникать соответствующие условия, ведущие к гравитационному коллапсу. Но можно предполагать, что, хотя и редко, подобные условия иногда создаются благодаря неизбежным неравномерностям — флуктуациям гравитационного поля.

Согласно гипотезе проф. Станюковича планкеоны, взаимодействуя с обычными частицами, должны время от времени «раскрываться». При таком раскрытии во Вселенную выбрасывается некоторое количество элементарных частиц, находившихся до этого в скрытой неуловимой форме. «Спящая» материя просыпается...

В свое время некоторые физики и астрофизики пришли к выводу, что расширяющаяся Вселенная должна непрерывно пополняться материей. Однако не видя реального источника, откуда могла бы черпаться новая материя, они пришли к парадоксальному выводу о том, что она рождается «из ничего».

Таким источником пополнения Вселенной новыми элементарными частицами и могут быть планкеоны. Согласно расчетам проф. Станюковича один современный планкеон при своем раскрытии может породить до 10^{20} обычных элементарных частиц.

Итак, в окружающем нас мире могут существовать маленькие замкнутые Вселенные — планкеоны.

Не говорит ли это о том, — высказывает смелую мысль проф. Станюкович, — что и вся наша Вселенная — не что иное, как гигантский планкеон, за пределами которого существует множество других подобных же «планкеонов—вселенных», обладающих бесконечно разнообразными свойствами?..

Вселенная и атомы

В лаборатории космоса

Температуры в сотни миллионов градусов, скопления вещества, в миллиарды миллиардов раз превосходящие массу Солнца, невообразимые плотности, когда в ничтожном объеме помещаются миллиарды тонн вещества, колоссальные, ни с чем не сравнимые энергии, дикий превращения вещества и излучения — все это мы можем встретить в бесконечных просторах Вселенной.

Лаборатория — одно из самых распространенных понятий, связанных с научными исследованиями. Физические, химические, биологические лаборатории — святая святых науки. Здесь ученые — исследователи — осуществляют разнообразнейшие наблюдения, ставят хитрые эксперименты, раскрывают законы природы, проникают в тайны мироздания. Но в последнее время наряду с этим научные исследования все чаще и чаще совершаются еще в одной лаборатории, лаборатории, созданной самой природой — лаборатории Вселенной.

Вселенная — это совокупность бесконечно разнообразных процессов, состояний вещества, превращений материи, источников энергии. В этой лаборатории человек получает возможность исследовать неизвестные явления, изучать объекты, которые нельзя искусственным путем воспроизвести в земных условиях. И хотя проникновение в лабораторию Вселенной, по существу, только начинается, космос уже принес науке множество ценнейших сведений, которые значительно расширили наши представления о строении материи и, в частности, о различных состояниях вещества.

Еще сравнительно недавно все наши представления о физических явлениях покоились на трех основных состояниях вещества: твердом, жидком и газообразном. Трудно было даже представить себе, что наряду с этими «традиционными» состояниями возможно какое-либо еще — неизвестное. Однако исследование космических явлений показало, что подобные состояния действительно существуют.

Первым было обнаружено четвертое состояние — плазма. Плазма — это газ, атомы которого потеряли часть своих электронов и превратились в заряженные атомы — ионы. Смесь ионов и электронов и есть плазма.

Как выяснилось, плазма — необычайно распространенное в природе состояние. В состоянии плазмы находится вещество Солнца и звезд, верхних слоев земной атмосферы, радиационных поясов Земли и космических туманностей. Наконец, плазма заполняет межпланетное пространство.

Обнаружив плазму в просторах космоса, человек научился сам создавать подобное состояние и уже нашел ему немало практических применений. Можно упомянуть, например, о плазменных горелках, о плазменной сварке, о магнитогидродинамических генераторах электрического тока (МГД-генераторы). Наконец, плазма будет, видимо, играть главную роль в будущих термоядерных реакторах.

Пятое состояние вещества, нейтронное, было предсказано около тридцати лет назад известным советским физиком Л. Д. Ландау. На основе теоретических расчетов Ландау пришел к выводу, что при очень больших давлениях, способных вдавить электроны внутрь протонов — ядер атомов водорода, может возникнуть еще одно сверхплотное, нейтронное, состояние вещества.

В одной из предыдущих глав мы уже говорили о том, что недавно благодаря успехам рентгеновской астрономии были обнаружены космические объекты (один из них расположен в созвездии Скорпиона), которые многие астрономы склонны считать нейтронными звездами.

Еще одно чрезвычайно интересное состояние материи — так называемое дозвездное или незвездное вещество, гипотеза о существовании которого была высказана В. А. Амбарцумяном. В отличие от плазмы, которую удается получать в земных условиях, дозвездное

вещество никто никогда непосредственно не наблюдал. Но теоретические соображения на этот счет основаны на вполне реальных фактах.

В 1945—1946 гг. академиком Амбарцумяном и его сотрудниками были открыты особые неустойчивые звездные группы, названные звездными ассоциациями. Наблюдения показали, что звезды в ассоциациях как бы

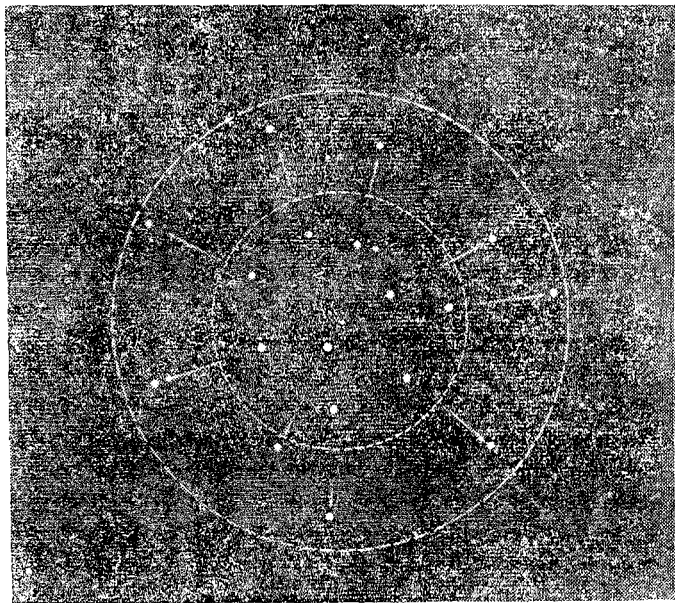


Рис. 59. Разбегание звезд в ассоциациях.

разбегаются во все стороны от некоторого общего центра. Это наводило на мысль, что в прошлом вещество ассоциаций было сосредоточено в сравнительно небольшом объеме. Амбарцумян высказал смелую мысль о том, что новые звезды рождаются в результате распада на части сверхплотного дозвездного тела—протозвезды. Это не простое механическое деление: дозвездное, или незвездное, вещество имеет особые свойства, которыми звезды не обладают. Так, например, отличительной осо-

бенностью звезд является непрерывное излучение больших количеств энергии, а дозвездные тела хотя и «начинают» энергией, почему-то ее не излучают... Образно говоря, незвездное вещество — это своеобразный аккумулятор, созданный природой. Обладая колоссальными запасами энергии, протозвезды способны длительное время пребывать в устойчивом состоянии.

В последние годы физики обнаружили существование особых ядерных частиц — гиперонов, образующихся при таких взаимодействиях нейтронов с другими ядерными частицами, в результате которых они оказываются как бы впрессованными друг в друга. В обычных условиях гипероны неустойчивы — не успев появиться на свет, они почти сразу же распадаются. Вся их жизнь исчисляется триллионными долями секунды. Однако, как показали В. А. Амбарцумян и Г. С. Саакян, внутри звезд возможны такие состояния материи, при которых гиперонное вещество длительное время будет находиться в устойчивом состоянии. Плотность вещества гиперонных звезд в десятки миллионов раз выше, чем у нейтронных. Солнце, доведенное до такой степени уплотнения, превратилось бы в шарик меньше километра поперечником.

Согласно выводам Амбарцумяна и Саакяна гиперонные звезды при определенных условиях могут распадаться на отдельные «куски», которые превращаются затем в обычные звезды. В свете этих исследований представляется вполне вероятным, что дозвездная материя и есть не что иное, как гиперонное вещество.

Многочисленные наблюдения галактических скоплений показали, что и в мире галактик также существуют неустойчивые скопления, которые находятся в состоянии быстрого расширения и распада. Не значит ли это, что и галактики рождаются в результате «деления» гигантского сгустка дозвездной материи?

Если сопоставить эти выводы с полученными за последние годы данными о генерации новых космических тел из вещества галактических ядер, т. е. плотных образований, расположенных в центральной части некоторых галактик, то создается впечатление, что в ядрах галактик должна содержаться дозвездная материя. Подобный вывод подтверждается и таким недавно обнаруженным фактом. С помощью радиоастрономических

наблюдений было установлено, что из ядра нашей собственной Галактики выбрасывается водород. Его ежегодное истечение составляет приблизительно одну массу Солнца. Это значит, что время существования Галактики из материи, исторгнутой ядром, могли образоваться миллиарды звезд. Но если такое количество вещества помещалось в сравнительно небольшом ядре,



Рис. 60. Скопление галактик.

то это значит, что оно должно было находиться там в сверхплотном состоянии.

Можно ожидать, что со временем будут найдены эффективные способы исследования необычных физических процессов, происходящих в ядрах галактик и прото-звездах. Это позволит изучить закономерности строения и поведения незвездной материи.

Представление еще об одном состоянии вещества возникло в связи с попыткой объяснить причины чудовищных космических катастроф — вспышек сверхновых звезд. Во время такой вспышки звезда раздувается,

сбрасывает свою газовую оболочку и в течение нескольких суток выделяет столько же энергии, как несколько миллиардов солнц.

Какие физические процессы способны приводить к выделению столь грандиозных количеств энергии? Может быть, это хорошо знакомые нам термоядерные реакции, подобные тем, которые протекают в недрах Солнца? Но нет, неопровержимые расчеты показывают, что количество энергии, выделяющееся при вспышках сверхновых, никакие термоядерные реакции не смогли бы «обеспечить».

В попытках создать стройную теорию загадочных взрывов не было недостатка. Но увы, все они малоубедительны. Не так давно появилась еще одна гипотеза. Ее выдвинул известный советский физик профессор Д. А. Франк-Каменецкий. В основе этой гипотезы лежит представление о новом состоянии вещества — «эпиплазме».

Что же такое «эпиплазма»? Это название было предложено ученым для смеси частиц и так называемых «античастиц». Как известно, частицы и античастицы — это «заклятые враги», которые неспособны мирно «уживаться» друг с другом. Стоит только античастицам прийти в соприкосновение с обычными частицами, как происходит так называемая аннигиляция — и те и другие сейчас же превращаются в электромагнитное излучение.

Но может ли в таком случае существовать эпиплазма — устойчивая смесь частиц и античастиц? Как показывают расчеты Франк-Каменецкого, при определенных условиях это возможно.

Подсчитано, что при аннигиляции частицы и античастицы выделяется огромное количество энергии. Но точно такое же количество необходимо затратить для их образования. Энергия эта во много раз превосходит энергию термоядерных реакций. Поэтому если для поддержания в устойчивом состоянии обычной водородной плазмы достаточна температура порядка десятков и сотен миллионов градусов, то для образования и поддержания в устойчивом состоянии эпиплазмы необходима чудовищная температура — в десятки миллиардов градусов.

Но где же в природе могут существовать подобные температуры? По мнению Франк-Каменецкого, они как

раз и реализуются в недрах некоторых сверхновых звезд.

Теория эволюции звезд говорит о том, что звезда, теряя энергию на излучение, постепенно сжимается, и если первоначальная масса звезды достаточно велика, то подобное сжатие может привести к тому, что в центральном ядре вещество окажется в состоянии весьма высокой плотности. Как показали вычисления, при этом в ядре могут возникать пары частиц и античастиц. В конце концов, вся энергия сжатия уходит на образование эиплазмы, которая накапливается в ядре в значительном количестве. В таком состоянии эиплазма может длительное время находиться в равновесии. Но все же тело, содержащее эиплазму, не может быть достаточно устойчивым. Оно напоминает собой бомбу замедленного действия. Стоит в недрах звезды появиться хотя бы небольшому местному разрежению, как начинается аннигиляция. Возникает «роковой» импульс, который в конечном счете приводит к взрыву всей звезды. Освободившаяся при этом энергия переходит в энергию «жестких», т. е. весьма коротковолновых невидимых электромагнитных излучений и энергию разлета вещества.

Интересно отметить, что этот теоретический вывод профессора Франк-Камецецкого находит хорошее подтверждение в астрономических наблюдениях. При вспышках сверхновых некоторых типов действительно отмечается весьма большая энергия разлета вещества и весьма незначительное испускание видимого света.

Расчеты показывают, что вещество, выброшенное в момент вспышки сверхновой, должно содержать значительное количество эиплазмы. Известно, что после вспышки разлетевшаяся оболочка звезды быстро расширяется. Видимо, этому расширению как раз и способствует выброшенная в момент взрыва эиплазма, в которой продолжается процесс медленной аннигиляции с выделением энергии. Действительно, в последнее время в непосредственной близости от тех мест, где происходили вспышки сверхновых, были обнаружены источники жесткого ультрафиолетового излучения.

Для более детальной проверки гипотезы Франк-Камецецкого потребуются разработать специальную методику регистрации жестких электромагнитных излучений

и с ее помощью выяснить наличие подобных излучений при вспышках сверхновых.

Имеет ли изучение новых физических состояний вещества во Вселенной какое-либо практическое значение?

Имеет, и немаловажное. Дело не только в том, что оно вооружает нас новыми знаниями о строении материи и космических процессах. Одной из самых важных задач, которая стоит перед человечеством, является овладение новыми источниками энергии. Ведь обычные энергетические ресурсы нашей планеты ограничены, а развитие общества и прогресс техники требуют все больших энергетических затрат. И речь идет не только о том, чтобы шире использовать такие источники, как энергия ветра, Солнца, приливов и внутреннее тепло Земли, но и об изучении некоторых космических процессов, которые затем человек мог повторить в искусственных условиях и направить выделяющуюся энергию на полезные цели.

Вот с этой-то точки зрения и представляют огромный интерес новые состояния вещества. Ведь выделение энергии как раз и происходит в тех случаях, когда вещество переходит из одного состояния в другое или превращается в другие формы материи.

Значит, новые состояния вещества — это новые источники энергии.

Вакуум, пространство, время

Очень интересные идеи высказываются в последнее время физиками и относительно природы так называемого вакуума. В свое время считалось, что вакуум — это просто ничто, пустота, пространство, полностью лишённое материи, своеобразная арена, на которой разыгрываются все происходящие в природе вещественные процессы.

Но этим, на первый взгляд таким естественным, само собой разумеющимся представлениям суждено было со временем претерпеть весьма серьезные изменения. Сначала выяснилось, что полной пустоты в природе не существует. Ее нет даже там, где совершенно отсутствует какое бы то ни было вещество. Уже в XVIII столетии Фарадей утверждал, что «материя присутствует везде

и нет промежуточного пространства, не занятого ею»^{*}).

Любая область пространства всегда заполнена если не веществом, то какими-либо другими видами материи — различными излучениями и полями (например, магнитным полем тяготения).

Но даже с такой поправкой пространство все еще оставалось просто гигантским вместилищем, содержащим бесчисленное количество материальных объектов.

Однако вскоре выяснились еще более поразительные вещи. Представьте себе на минуту, что нам каким-то образом удалось совершенно опустошить некоторую область пространства, изгнать из нее частицы, излучения и поля. Так вот даже в этом случае все равно осталось бы «нечто». Определенный запас энергии, который у вакуума нельзя отобрать никакими способами.

Обнаружились и вовсе «крамольные» факты. Оказалось, что вакуум способен рождать элементарные частицы, рождать вещество...

Мало того, с самим вакуумом могут происходить различные физические превращения: он способен взаимодействовать с чем-то и даже сам с собой.

Частицы из пустоты? Пустота взаимодействует с пустотой? Значит ли это, что рушится один из самых основных законов природы — закон сохранения материи?

Разумеется, нет. Просто вакуум оказался еще значительно сложнее, чем мы это себе представляли.

Сейчас у физиков есть все основания рассматривать вакуум как нечто материальное, особую форму существования материи, а некоторые даже предлагают считать его особым состоянием вещества.

Надо ли говорить, что эта проблема представляет собой не только чисто физический, но и философский интерес. Ведь вакуум представляет собою нечто более универсальное и всеобъемлющее, чем любая другая известная нам форма существования материи. Может быть, вакуум и есть та «протосреда», из которой могут образовываться все другие виды вещества и материи. В частности, советский ученый Г. Наан высказал интересное предположение о том, что вакуум представляет

^{*}) М. Фарадей, Избранные произведения по электричеству, ГОНТИ, 1939, стр. 212.

собой не что иное, как бесконечно большой запас энергии одного знака, компенсированный энергией другого знака. Таким образом, вакуум — это как бы совокупность, своеобразное единство противоположностей. Когда же из вакуума образуются другие формы материи, которые и составляют то, что мы называем Вселенной, эти противоположности разделяются. Не исключена возможность, что с подобной точки зрения удастся объяснить такие явления, как образование космических лучей высоких энергий, вспышки сверхзвезд, образование радиогалактик, а также начало расширения Метагалактики.

О том, что вакуум — не пустота, а сложная физическая система, лучше всего свидетельствует открытие одного из самых поразительных явлений — так называемой «поляризации вакуума», к которому пришла квантовая электродинамика.

Квантовая электродинамика, или квантовая теория электромагнитного поля, — один из сравнительно молодых и наиболее сложных разделов современной физики. Она занимается изучением всевозможных взаимодействий фотонов электромагнитного поля с заряженными частицами.

В вакууме, который рассматривается как особое состояние материи, скрыты не только электроны и позитроны, но и пары «протон—антипротон». Такие пары, если к ним подвести энергию в форме, например, фотонов, становятся реальными: их можно зарегистрировать.

Если в вакууме покоится заряженная частица — протон, то согласно законам квантовой механики вокруг него будут непрерывно рождаться и уничтожаться электроны и позитроны. Создается своеобразная «плазма» наподобие той, которая возникает в газовом разряде. Поэтому вблизи протона вакуум приобретает суммарный отрицательный заряд, а на большом расстоянии от него — суммарный положительный. В результате заряд протона несколько уменьшается — «экранируется». Это и есть поляризация.

Следовательно, частица, оказавшаяся в вакууме, расталкивает вокруг себя заряды, расталкивает «плазму». Именно это обстоятельство и дает возможность наблюдать эффект, о котором идет речь.

Хотя возникающие в «плазме» заряженные частицы «живут» лишь десять в минус двадцать первой степени секунды и наблюдать их нельзя, свойства электронного поля вблизи протона, как уже говорилось, изменяются. Это явление можно наблюдать экспериментально. Однако расчет величины подобного эффекта долгое время наталкивался на непреодолимые трудности.

Однако благодаря работам американских физиков Р. Фейнмана и Ю. Швингера и японского физика С. Томонаги, разработавших необычайно стройную, хотя и весьма сложную теорию, вычисление упомянутого эффекта стало возможным и благодаря этому его удалось обнаружить и экспериментально.

Тем самым представления о сложной материальной природе вакуума получили непосредственное опытное подтверждение.

Есть основания предполагать, что в будущем на смену современной физической картине мира, оперирующей всевозможными полями — электромагнитным, гравитационным и т. д. — придет вакуумная картина. Такая картина должна исходить из того, что основой всего во Вселенной является вакуум, а все существующее, по меткому выражению одного известного ученого, не более как «легкая рябь» на его поверхности. Обычное вещество может оказаться в определенном смысле конечным, а суть всех вещей заключаться именно в вакууме.

Развитие вакуумной картины может иметь и более далеко идущие последствия для наших представлений о строении мира.

Еще с появлением теории относительности была обнаружена тесная связь между свойствами материи и свойствами пространства и времени. При этом до сих пор мы исходили из предположения, что определяющую роль играют свойства материи (т. е. вещества, частиц, полей), а свойства пространства и времени являются вторичными, производными. Однако в принципе не исключена возможность, что в действительности все обстоит наоборот, т. е. свойства материи представляют собой не что иное, как проявление определенных геометрических свойств, так сказать, пространственно-временного «каркаса».

Во всяком случае, в распоряжении современной науки уже имеются определенные данные, свидетельствующие о том, что вакуум, возможно, играет весьма большую роль во многих природных процессах. В частности, академик Наан обратил внимание на один любопытный факт, обнаруженный при изучении гравитационных взрывов — особых процессов, происходящих во Вселенной, при которых происходит неудержимое катастрофическое сжатие или разлет больших масс вещества.

Как показывают расчеты, в районе таких взрывов имеются области, в которых, с точки зрения современной физической теории, вообще нет ничего — ни вещества, ни пространства, ни времени, ни движения. Но, с другой стороны, как это ни покажется странным, удивительные области, о которых идет речь, существуют вполне реально и как раз на их границе начинается история объекта, находящегося в состоянии катастрофического расширения. Другими словами, складывается впечатление, что здесь происходит возникновение из ничего и обращение в ничто. Но так как подобное явление невозможно, то, видимо, столкнувшись с гравитационными взрывами, наука вплотную подошла к познанию совершенно новых форм существования материи, нам еще не известных. И очень может быть, что одной из таких форм является именно вакуум.

Это обстоятельство во многом увеличивает интерес к дальнейшему изучению свойств пространства и времени.

Академик Г. Наан считает, что открытие во Вселенной сверхплотных объектов, а также мощных источников энергии — квазаров, указывает на то, что эти свойства могут оказаться гораздо более сложными, чем представлялось раньше.

Согласно современным физическим воззрениям реальное пространство Вселенной, в котором мы живем, является «трехмерным» и «односвязным». Первое из этих свойств означает, что в нашем пространстве через одну точку можно провести только три взаимно перпендикулярные прямые линии. Правда, согласно теории относительности Альберта Эйнштейна в природе существует и еще одно, четвертое измерение: время. Но это четырехмерное «пространство — время» теории относительности фактически является лишь математическим приемом,

позволяющим в удобной форме описывать различные физические процессы. Поэтому говорить о том, что мы с точки зрения теории относительности живем в четырехмерном мире, можно лишь в том смысле, что все происходящее в природе события совершаются не только в пространстве, но и во времени.

Что же касается односвязности, то это свойство отражает тот факт, что в нашем пространстве любой замкнутый контур может быть непрерывной деформацией, т. е. без нарушения его целостности стянут в произвольную точку, находящуюся внутри этого контура. Другими словами, это означает, что во Вселенной нет «оторванных» друг от друга «кусков», разделенных непреодолимыми «пропастями».

Если бы внутри замкнутого контура располагалась некая «дырка», не принадлежащая к нашему пространству, то задача непрерывного стягивания в точку, очевидно, оказалась бы неразрешимой.

Как показывают теоретические выкладки, в районе, где происходят гравитационные взрывы, пространство и время могут приобретать удивительные с нашей привычной точки зрения свойства.

Так, например, здесь есть области, в которых время течет с необыкновенной быстротой. Для наблюдателя (разумеется, гипотетического), оказавшегося в такой области, целая вечность от бесконечно далекого прошлого до бесконечно далекого будущего длилась бы всего лишь какое-нибудь мгновение. Иными словами, здесь вообще нет ни будущего, ни настоящего, ни прошлого, т. е. фактически вообще не существует времени.

В том же районе гравитационного взрыва можно указать и такие области, в которых пространство стягивается в точку, т. е. фактически не существует пространства.

Есть и зоны, где происходит явления, которые вообще трудно даже себе представить: здесь временная координата мнется ролями с одной из пространственных, т. е. время как бы превращается в расстояние, а расстояние — во время. Это можно пояснить следующей, хотя и довольно натянутой аналогией. Шофер, ведущий автомобиль по шоссе, достигнув определенной точки, вдруг обнаруживает, что шоссе превратилось в течение времени, а течение времени — в шоссе. К сожалению, на

этом наша аналогия и заканчивается, ибо что означают эти события практически, мы не можем сказать даже приблизительно — для этого просто не хватает известных нам понятий.

Есть также основания предполагать, что в области очень сильных гравитационных полей, в частности, в районе все тех же гравитационных взрывов, нарушается и свойство односвязности пространства. А если пространство становится многосвязным, т. е. состоящим как бы из отдельных «кусков», то в каждом из этих «кусков» течение времени может происходить независимо друг от друга и в разных направлениях. Но в таком случае в момент перехода из одного «куска» в другой, если, разумеется, такой переход вообще возможен, наблюдатель обнаружил бы, что время потекло иначе, чем раньше, например, вспять.

Представьте себе, что вы попадаете в такую область, перейдя по подземному тоннелю с одной стороны улицы на другую. Возможно, что внешне вы ничего не заметите, потому что для существ, обитающих в этой области, время тоже течет от прошлого к будущему: от «них» прошлого к «ним» будущему.

И все же оно течет вспять по сравнению с временем на другой стороне улицы. Совершив свой переход, скажем, в полдень, и проведя в этом мире несколько часов, вы, вернувшись обратно, обнаружили бы, что вновь возвратилось со всеми событиями уже минувшее для вас утро того же дня.

В области гравитационных взрывов возможен и такой случай, когда пространство теряет так называемое свойство ориентируемости, присущее нашему обычному пространству. Практически это означает, что наблюдатель, движущийся в таком пространстве по замкнутому контуру, вернувшись в исходную точку, мог бы обнаружить, что в результате «кругового» путешествия течение времени изменилось на обратное.

Вообще интересно отметить, что с теоретической точки зрения можно представить себе самые различные миры, отличающиеся от нашего (назовем их «антимирами» или «псевдомирами»). Это — миры с обратным течением времени, миры, в которых все частицы заменены античастицами и т. п. Таких гипотетических миров

уже сейчас можно насчитать около десятка. Вопрос в том, могут ли они реально существовать?

В математике объект считается существующим, если предположение о его существовании не вступает в противоречие с другими положениями. Однако для того чтобы доказать существование физического объекта, одной лишь логической непротиворечивости недостаточно. Необходимы реальные факты, экспериментальные подтверждения.

Но, с другой стороны, у нас нет оснований отрицать реальность того или иного объекта, если известные нам физические законы не запрещают его существования.

Применительно к нашей проблеме это означает, что либо со временем какие-нибудь из гипотетических миров будут экспериментально обнаружены либо будут открыты новые физические законы сохранения, накладывающие запреты на их существование.

Очевидно, любой из этих вариантов имел бы колоссальное значение для понимания окружающего нас мира. Поэтому исследования в такой, казалось бы, весьма отвлеченной, абстрактной области могут оказаться весьма плодотворны МП.

Все явления, о которых идет речь, на первый взгляд представляются парадоксальными. По парадоксы возникают именно тогда, когда наука вплотную подходит к неизвестному. А познание неизвестного неизбежно влечет за собой переоценку привычных взглядов.

Поэтому мы должны быть готовы к тому, что многие положения, которые в настоящее время кажутся нам незыблемыми, а также некоторые законы, которые мы считаем «абсолютными» (например, законы сохранения), по мере дальнейшего развития наших знаний окажутся вовсе не такими «незыблемыми» и не столь «абсолютными».

Но, разумеется, это не означает, что такие законы начисто «отменяются» — просто они окажутся частным, предельным случаем еще более общих законов.

Современная астрономия и физика тесно смыкаются с философией. Если в прошлом философия естествознания ограничивалась главным образом интерпретацией результатов, полученных точными науками, то в настоящее время она становится полноправной участницей ес-

мого процесса научного исследования. Это объясняется тем, что современная физика и астрономия вплотную подошли к решению таких фундаментальных проблем мироздания, разработка которых требует глубокого философского осмысления. Когда дело касается фундаментальных исследований, бессмысленно говорить о физике и философии отдельно. Единый философско-физический подход к решению научных проблем становится все более важным. В дальнейшем же значение такого подхода еще более возрастет.

По меткому выражению одного советского физика, в практике научного исследования физический и философский аспекты переплетаются, образуя единый сплав, определяющий переднюю кромку нашего знания.

Философия занимается уже не только обобщающими выводами и не только общей методологией процесса познания. В целом ряде случаев именно философские соображения позволяют делать выбор между различными физическими гипотезами и предположениями. Можно сказать, что в подобных ситуациях общеполитические положения выступают в роли физических критериев.

Разумеется, в любом случае высшим и окончательным судьей истинности или ложности любой теории остается эксперимент. Но, тем не менее, физический анализ способен оказывать весьма существенную помощь при оценке тех или иных ситуаций, складывающихся в процессе изучения природы и выборе наиболее эффективных путей дальнейшего исследования.

Микро- и мега-

На первый взгляд может показаться, что, несмотря на довольно тесное сотрудничество, астрономию и физику должны интересовать прямо противоположные задачи. Для исследователей Вселенной — это выяснение поведения объектов и процессов большого масштаба, раскрытие закономерностей мегакосмоса, который характеризуется колоссальными расстояниями до 10^{27} см и огромными промежутками времени до 10^{17} сек. Наоборот, исследователи строения материи занимаются изучением элементарных частиц и явлений, познанием закономерностей микромира, проникая в ультрамалые субатомные интервалы до 10^{-17} см и до 10^{-27} сек.

Однако было бы неверно думать, что задачи, о которых идет речь, исключают друг друга, что между ними нет ничего общего. Микромир и мегакосмос — две стороны одного и того же процесса, который мы с вами называли Вселенной. Какими бы гигантскими размерами ни обладала та или иная космическая система, она в конечном итоге состоит из элементарных частиц. С другой стороны, многие ядерные процессы являются отражением космических явлений, охватывающих колоссальные области пространства.

Необходимость совместного изучения микромира и мегакосмоса, исследования тех глубоких связей, которые существуют между микроизменениями и мегапроцессами, диктуется еще и тем обстоятельством, что в том мире, в котором мы живем, в макромире, свойства «большого» и «малого» скрещиваются словно лучи проектора. Ведь и мы сами, и все окружающие нас предметы состоят из элементарных частиц, и в то же время мы являемся частью мегакосмоса. Поэтому для того, чтобы понять и заставить работать на себя природные процессы (а в этом состоит главная задача любой науки), необходимо стремиться к тому, чтобы познать наиболее глубокие закономерности, связывающие микромир и мегакосмос. К тому же астрономия, по крайней мере на данном этапе, может дать больше фактов, необходимых для развития физических представлений, чем даже ядерная физика. Хотя свойства микромира также неисчерпаемы, как и свойства мегакосмоса, опыт показывает, что при достигнутом уровне знаний получение принципиально новых фактов в области строения вещества требует значительно больших усилий, чем в области изучения Вселенной.

До сравнительно недавнего времени наиболее общими и глубокими законами природы считались законы сохранения. Эти законы действуют как на уровне элементарных частиц (например, закон сохранения электрического заряда), так и на уровне макромира (закон сохранения количества движения), так, наконец, и на уровне мегакосмоса (закон сохранения материи).

Однако открытия последнего времени приводят к выводу, что, видимо, в природе действуют закономерности еще более общие, закономерности, из которых законы

сохранения вытекают как одно из следствий. Это так называемые законы симметрии.

Хорошо известно, что в математике понятие симметрии связано с чисто геометрическими свойствами рассматриваемых объектов. Но в данном случае речь идет о симметрии в широком значении этого слова. Симметрия — это равновесие, пропорциональность, обратимость и т. п.

Принципы симметрии — это не что иное, как принципы инвариантности, о которых у нас уже шла речь. Если на первой ступени познания человек добывает у природы отдельные факты, на следующей выясняет связи между этими явлениями, т. е. открывает законы природы, то принципы инвариантности — это третья ступень познания: они устанавливают связи между законами природы.

Поэтому не удивительно, что именно свойство инвариантности, симметрии из всех известных современной науке закономерностей связывает микро- и мегаявления в наибольшей степени.

Одна из наиболее фундаментальных проблем современной науки, непосредственно связанная с принципом симметрии — проблема вещества и антивещества. Как известно, наряду с элементарными частицами, из которых состоят все предметы, окружающие нас, существуют и так называемые античастицы. При этом в природе действует фундаментальный закон — частицы и античастицы могут возникать или исчезать (превращаться в иные формы материи) только парами. Другими словами, рождение частицы всегда сопровождается появлением соответствующей античастицы и наоборот. Более того, любое изменение количества вещества в природе обязательно должно сопровождаться соответствующим изменением количества антивещества. Если этот закон действительно является всеобщим, то во Вселенной существует симметрия относительно вещества и антивещества и общее число частиц должно быть равно числу античастиц. Изучение этой проблемы имеет важное значение для понимания многих явлений, происходящих в природе.

В частности, в связи с симметрией Вселенной относительно вещества и антивещества возникает весьма интересный вопрос. Если наша Земля, наша солнечная

система, а возможно, также наша Галактика и Метагалактика целиком состоят из вещества, то где находится «уравновешивающее» количество антивещества? Была сделана попытка решить эту проблему с помощью гипотезы об антимирах, т. е. космических объектах, целиком состоящих из антиматерии. Дальнейшее развитие методов наблюдений позволит проверить обоснованность этих предположений. Но независимо от результатов подобной проверки возникает еще один вопрос: каким образом и на каких стадиях образования космических объектов могло произойти разделение вещества и антивещества, которое привело к образованию однородных космических тел типа Солнца или Земли, целиком состоящих из одних только «частиц»? Ведь не отличаясь друг от друга по своим физическим и химическим свойствам, вещество и антивещество не могут сосуществовать. При соприкосновении друг с другом частицы и античастицы немедленно аннигилируют с выделением большого количества энергии, превращаясь в частицы излучения.

Но пока механизм разделения вещества и антивещества нам неизвестен. Проблема весьма трудная, и поскольку ее удовлетворительного решения до сих пор нет, многие исследователи выражают сомнение в самой возможности существования обособленных антимиров и антиобъектов.

С другой стороны, не исключено также, что представления о мирах и антимирах, существующих в различных частях Вселенной и удаленных друг от друга на определенное расстояние, являются чересчур наивными. Может быть и так, что мир и антимир сосуществуют в одной и той же области Вселенной во взаимно «вывернутых» пространствах и при противоположных направлениях течения времени.

В микромире действуют и другие законы симметрии, имеющие чрезвычайно важное значение для судеб Вселенной.

До 1957 г. в физике микромира существовал так называемый закон сохранения четности. Закон этот состоял в следующем. Представим себе какую-либо систему взаимодействующих элементарных частиц. Если заменить эту систему другой, которая будет ее зеркальным отражением, то согласно закону сохранения чет-

ности характер происходящих процессов не изменится.

Однако в 1959 г. работавшие в США физики Ли и Янг обнаружили, что при так называемых слабых взаимодействиях (т. е. взаимодействиях, возникающих при распадах и столкновениях частиц со средними и малыми массами) зеркальная симметрия нарушается. В связи с этим известный советский физик академик Л. Д. Ландау предложил более общий закон симметрии — закон сохранения комбинированной четности. Согласно этому закону зеркальное отображение микропроцессов не изменяет физической картины лишь в том случае, если все частицы будут заменены соответствующими античастицами. Однако в 1964 г. американские физики открыли явление, противоречащее и этому обобщенному закону. Был экспериментально обнаружен распад элементарной частицы нейтрального ка-два-мезона на два пи-мезона. Это явление оказалось несовместимым с законом комбинированной четности.

Нарушение комбинированной симметрии при элементарных взаимодействиях влечет за собой далеко идущие следствия. Дело в том, что в физике микромира действует еще один, более общий принцип инвариантности, известный под названием *СТР*-теоремы. Пусть у нас имеются какие-либо уравнения теоретической физики, описывающие поведение некоторой системы, состоящей из элементарных частиц. Предположим далее, что все частицы этой системы мы заменим античастицами (*С*-преобразование), затем изменим пространственные положения новых частиц с таким расчетом, чтобы конфигурация получившейся в результате этого системы была отражением прежней (*Р*-преобразование), и, наконец, заменим в уравнениях время T на минус T (T -преобразование). Оказывается, что при таких условиях уравнения теоретической физики не меняют своего вида, или, как говорят математики, они являются инвариантными относительно произведения указанных преобразований. Это утверждение и называется *СТР*-теоремой.

Эта теорема представляет собой универсальное положение, опирающееся на основные свойства физических процессов, и не вызывает каких-либо сомнений. Считалось также само собой разумеющимся, что ничего не

меняется и в результате одного T -преобразования. Но если не выполняется закон комбинированной четности, т. е. уравнения меняют свой вид в результате преобразования CP , то остается предположить, что в физике микропроцессов прямое и обратное течения времени обладают какими-то существенными различиями, т. е. имеет место необратимость элементарных процессов.

Чтобы лучше себе представить, что это означает, можно привести такой, хотя, быть может, несколько упрощенный пример. Предположим, что произошел взрыв какого-нибудь объекта, скажем, железнодорожного моста. Так вот необратимость процессов во времени означает, что если бы можно было пустить время вспять, то осколки, образовавшиеся при взрыве, собрались бы не в мост, а во что-то другое.

Чтобы найти выход из создавшейся ситуации, было предложено наряду с известными видами взаимодействий — ядерными (или сильными), электромагнитными, слабыми и гравитационными — ввести пятый вид, обусловленный действием неизвестных сил, еще более слабых, чем гравитационные. Если бы такие силы действительно существовали, то их действием можно было бы объяснить явления, подобные распаду ка-два-мезона. Однако последующие экспериментальные исследования не подтвердили подобного предположения.

Не годится в данном случае и предположение, что в явлении распада ка-два-мезона принимают участие какие-то новые, еще неизвестные нам частицы.

Загадочно также, что ни в каких других ядерных процессах нарушений теории, подобных «случаю» с ка-два-мезоном, пока обнаружить не удалось.

Вопрос остается открытым. Но несомненно, что современная наука вплотную подошла к таким явлениям, объяснение которых может иметь чрезвычайно важное значение для понимания основных свойств пространства и времени.

Вселенная и кварки

На протяжении многих лет физики мечтали о такой «единой» теории, которая смогла бы объединить все существующие представления об элементарных частицах вещества. В последние годы подобная теория или, точ-

нее сказать, гипотеза, наконец, появилась. Это гипотеза об особых фундаментальных частицах с дробными электрическими зарядами — «кварках», из которых построены все основные частицы, в том числе протоны, нейтроны и античастицы, а также мезоны, т. е. частицы с массами, превосходящими массу электрона, но меньшими массы протона. Наряду с этим появилась аналогичная гипотеза о других фундаментальных частицах — «трионах». От кварков трионы отличаются тем, что первые обладают дробными электрическими зарядами, в то время как вторые имеют заряд, величина которого выражается в целых числах.

Хотя гипотеза кварков представляет собой чисто логическое построение, она не только хорошо объясняет все известные современной науке факты, но и позволяет предсказывать новые явления, а это уже немаловажное свидетельство в пользу ее справедливости. Во всяком случае, все происходит именно так, как если бы кварки действительно существовали.

За последнее время был предпринят ряд попыток обнаружить кварки с помощью ускорителей элементарных частиц. Однако даже самые тщательные исследования продуктов столкновения нуклонов, разогнанных до весьма высоких энергий, не привели к желаемым результатам. Возможно, это объясняется тем, что кварки тяжелы. Не исключено, что их масса в несколько раз превышает массу протона — ядра атома водорода. А если это действительно так, то для того, чтобы «разбить» какую-либо элементарную частицу на кварки, необходимы фантастические энергии, намного превосходящие возможности современных ускорителей.

Как же все-таки найти кварки? Где их искать?

Один из возможных путей состоит в том, чтобы попытаться обнаружить существование кварков в природе по их косвенным проявлениям. В принципе такая возможность имеется, так как из-за необычно большой для элементарных частиц массы кварков (по некоторым данным от 5 до 10 протонных масс) их превращения должны быть связаны с преобразованиями колоссальных количеств энергии. Так, например, согласно теории один протон, т. е. одно ядро атома водорода, состоит из трех кварков. Но так как масса кварков в 30 раз больше массы одного протона, то при образовании протона из кварков

«лишние» 29 единиц массы должны перейти в излучение с выделением энергии. Таким образом, получается чудовищный «дефект массы» — 97%!, что приблизительно в 140 раз превосходит дефект массы при термоядерных реакциях. Это уже приближается к полному превращению вещества в излучение, которое должно происходить при аннигиляции вещества и антивещества.

В связи с этим невольно напрашивается сопоставление между энергетическим выходом превращений материи с участием кварков и обнаруженными за последнее время во Вселенной мощными энергетическими процессами, связанными со сверхзвездами и ядрами галактик. Эти процессы носят взрывной характер и сопровождаются выделением столь грандиозных количеств энергии, что их не удастся объяснить известными нам физическими явлениями.

Согласно современным теоретическим представлениям сжатие звезды после прекращения в ее недрах термоядерных реакций должно приводить к вдавливанию электронов в протоны, развалу атомных ядер и образованию так называемой нейтронной звезды. Дальнейшее сжатие приводит к образованию еще более плотных частиц — гиперонов, которые при определенных условиях могут находиться в устойчивом состоянии. При последующем сжатии в недрах подобной, как ее называют, барионной звезды могут возникать еще более тяжелые частицы.

По мнению советского физика Д. Д. Иваненко, не исключена возможность, что одним из звеньев в цепи таких превращений может являться образование кварков или других подобных им фундаментальных частиц.

Расчеты показывают, что для того, чтобы барионы могли распасться на кварки, необходима чрезвычайно высокая плотность. Но именно такая плотность, согласно современным представлениям, реализуется, в частности, в недрах барионных звезд.

Процесс перехода барионов в кварки идет с поглощением кинетической энергии, вследствие чего звезда продолжает сжиматься и становится еще более плотной. Однако сосуществование барионов и кварков в недрах звезды, вообще говоря, не будет устойчивым. Если благодаря самопроизвольным колебаниям плотности

(флуктуациям), которые всегда могут иметь место в недрах звезды, в какой-либо области плотность барионов окажется меньше той, при которой барионы могут переходить в кварки, процесс пойдет в обратном направлении. Другими словами, начнется переход кварков в барионы с выделением огромных количеств энергии, что может привести к взрыву.

Как считает Иваненко, в частности, не исключена возможность, что незвездная материя может представлять собой как раз не что иное, как своеобразные кварковые состояния. Возможно, таким же было и первоначальное состояние материи в нашей области Вселенной, материи, взрыв и расширение которой привели к образованию Метагалактики.

Однако для того, чтобы окончательно убедиться в том, что кварки не просто удачный математический прием, а реально существующие частицы, их надо обнаружить, зарегистрировать точными физическими приборами.

Это обстоятельство заставило физиков обратить внимание на космические лучи. Как известно, в космических лучах встречаются частицы весьма высоких энергий, для которых большая масса кварков не должна служить препятствием. В связи с этим появилась идея попытаться зарегистрировать кварки, которые должны возникать в результате столкновения высокоэнергичных частиц космических лучей с ядрами атомов в земной атмосфере или в специально изготовленных фльтрах.

В силу целого ряда обстоятельств подобные поиски связаны с преодолением весьма значительных трудностей. Тем не менее, как показали советские ученые, космические лучи являются той природной лабораторией, в которой кварки все же могут быть обнаружены.

Как мы уже говорили, современная астрофизика пришла к выводу, что в отдаленном прошлом наша область Вселенной находилась в состоянии высокой температуры и высокой плотности. В то время в ней присутствовало большое число пар сколь угодно тяжелых частиц и античастиц. По мере расширения и «остывания» этой системы, из которой впоследствии образовалась наша Метагалактика, концентрация таких частиц постепенно понижалась и вследствие быстроты расширения наступил момент, когда она сделалась настолько низкой, что

частицы пар практически уже не могли аннигилировать друг с другом. Поэтому в дальнейшем число подобных пар должно было оставаться уже неизменным.

Обнаружение реликтовых радиоволн, возникших на первых стадиях расширения Метагалактики и равномерно заполняющих пространство, закономерно приводит к мысли о том, что оно может быть заполнено и другими реликтовыми образованиями, в частности, кварками и антикварками.

Какова же возможная концентрация подобных частиц в настоящее время? Ответ на этот вопрос весьма сложен, так как в «холодных» и «горячих» (т. е. недрах звезд) областях кварки аннигилируют с различными скоростями, а закономерности перехода материи между такими областями нам известны лишь приблизительно.

Тем не менее академик Я. Б. Зельдович, произведя соответствующие подсчеты, пришел к выводу, что в современной Метагалактике на один стабильный нуклон в среднем приходится 10^{-10} — 10^{-13} кварка. Эти реликтовые кварки и могут присутствовать в космических лучах.

В самом деле, если кварки входят в состав различных космических объектов на равных правах с нуклонами и атомными ядрами, то, обладая электрическими зарядами, они могут испытывать точно такие же ускорения, какие испытывали частицы космических лучей.

При этом их содержание в космическом излучении, как показал советский физик Е. Л. Фейнберг, должно определяться двумя обстоятельствами. Во-первых, начальной реликтовой распространенностью кварков и, во-вторых, тем, что эффективность их ускорения несколько отличается от эффективности ускорения нуклонов и ядер.

В частности, некоторые механизмы ускорения, которые для обычных космических лучей играют второстепенную роль, для кварков могут играть роль довольно существенную. Подсчеты показали, что «реликтовый» источник кварков в космических лучах может быть более существенным, чем образование кварков в атмосфере под воздействием высокоэнергичных космических частиц.

Вместе с тем проф. Фейнберг пришел к выводу, что содержание кварков в космических лучах зависит прежде всего от концентрации еще неускоренных — «холодных» кварков в источниках излучения.

Поиски же «холодных» кварков на Земле пока еще не принесли успеха. В частности, было установлено, что средняя концентрация кварков на один нуклон для метеоритов ниже, чем 10^{-17} , для воздуха $5 \cdot 10^{-27}$ и для воды $3 \cdot 10^{-29}$. Это, конечно, чрезвычайно низкие концентрации, сильно усложняющие поиски фундаментальных частиц. Однако еще рано делать вывод о том, что содержание кварков столь же невелико и для других космических объектов. Не исключена возможность, что вещество Земли прошло в отдаленном прошлом через горячую стадию, вследствие чего все или почти все кварки «выгорели».

Таким образом, попытки обнаружения кварков в составе космического излучения представляются вполне оправданными. Однако сколько-нибудь надежных практических результатов в этом направлении до сих пор получить не удалось. Возможно, это связано с тем, что соответствующие измерения проводились на высотах, не превышающих 2600 м над уровнем моря. Между тем подобные эксперименты могут иметь шансы на успех лишь в том случае, если кварки не являются сильно взаимодействующими частицами. Только при этом условии они способны «пробиваться» в нижние слои атмосферы.

Значительный интерес представляют собой исследования группы советских ученых под руководством академика Зельдовича, связанные с поисками кварков в графите. С помощью специально разработанной остроумной методики измерялась величина электрических зарядов у мельчайших графитовых пылинок с поперечником от 10 до 25 микрон и с массой около $0,3 \div 2,0 \cdot 10^{-8}$ г. Из 26 исследованных пылинок шесть вели себя таким образом, как если бы у них были дробные электрические заряды, близкие к одной трети заряда электрона, а именно такое значение дает теория для электрического заряда кварка.

Однако и в этом случае, возможно, влияние различных посторонних факторов, которые пока еще не поддаются точному учету, не дает возможности сделать определенный вывод о существовании или отсутствии кварков. Единственное, что можно сказать с достаточной степенью уверенности, это то, что средняя концентрация кварков в исследовательском образце графита меньше 10^{-16} кварков на один нуклон.

Существует еще один путь. Он основан на том, что отрицательно заряженный свободный кварк должен застревать в атомных ядрах. Очевидно, такие «кваркоатомы» уже не будут электрически нейтральными. Из-за дробности заряда кварка они превратятся в своеобразные ионы.

При этом заряд ядра кваркоатома меньше, чем заряд обычного ядра того же химического элемента. В результате связь между ядром и электронами оказывается ослабленной, а это в свою очередь должно приводить к определенным изменениям в спектрах.

Это обстоятельство привело советских ученых С. Б. Пикельнера и Л. А. Вайнштейна к идее поиска кваркоатомов на Солнце. Как известно, на Солнце методами спектрального анализа мы находим почти все химические элементы, которые имеются на Земле. Почему бы не попытаться обнаружить на Солнце и кваркоатомы?

Путем весьма сложных расчетов ученые вычислили положение спектральных линий гипотетических кваркоатомов и сравнили их с имеющимися в каталогах спектрах дневного светила. Надо сказать, что в этих спектрах есть целый ряд «беспризорных» линий — до сих пор не известно, какому элементу они принадлежат.

Оказалось, что некоторые из этих линий хорошо совпали с расчетными линиями дважды ионизованного «кваркомагния».

Американские ученые, произведя соответствующие расчеты для далекой ультрафиолетовой области, также обнаружили в солнечном спектре линии, подходящие для «кваркоуглерода».

Однако все эти данные нуждаются в дальнейшей тщательной проверке. Ведь не исключена возможность, что подозрительные линии имеют каких-то других хозяев.

В глубины материи

Мы видели, что многие свойства мегакосмоса самым тесным образом переплетаются со свойствами микромира, а это значит, что наступление на сокровенные тайны Вселенной ведется не только в астрономических обсерваториях, но и в физических лабораториях, где

изучаются закономерности строения материи. Каждый новый успех ядерной физики позволяет глубже понять и космические явления, выяснить новые неизвестные ранее грани окружающего нас мира. Поэтому развитие астрономии во многом зависит от того, в каком состоянии находится в настоящее время физика микромира, физика элементарных частиц. Эти науки развиваются в значительной степени параллельно, и, вероятно, далеко не случайно, что обе они примерно в одно и то же время подошли к таким рубежам, которые могут оказаться важными поворотными пунктами в их дальнейшем развитии.

Но если в науке о Вселенной достижение этих рубежей связано главным образом со значительным расширением пространственной области исследований, с изучением явлений все более и более крупных масштабов, то в физике элементарных частиц возникновение новых принципиальных проблем вызвано прямо противоположным процессом — проникновением в чрезвычайно малые пространственно-временные области.

С какими же явлениями столкнется современная физика, когда она заглянет внутрь атомного ядра, в ультрамалые субатомные области? Предвидеть это заранее во всей полноте не представляется возможным. Единственное, что можно сказать, не боясь ошибиться, — это то, что здесь ученых обязательно ждут совершенно неожиданные открытия. Что же касается теоретических прогнозов, то они скорее могут представить собой попытку предсказать не то, «что есть», а то «чего нет», т. е. от каких привычных представлений нам придется отказаться при проникновении в сверхмалые области. Подобные прогнозы, бесспорно, представляют значительный интерес, хотя, разумеется, их справедливость сможет подтвердить только эксперимент.

В частности, некоторые физики считают, что в пространственно-временных областях порядка 10^{-16} см и 10^{-26} сек понятие обособленной элементарной частицы вообще теряет смысл.

Хотя подобное предположение противоречит нашим привычным представлениям, оно тем не менее является вполне правдоподобным. Хорошо известно, что по мере все более глубокого проникновения в тайны строения материи физика XX столетия неоднократно сталкивалась

со многими явлениями, которые на первый взгляд казались парадоксальными. Так, например, теория относительности Альберта Эйнштейна обнаружила, что масса тел не является неизменной, а растет с увеличением скорости движения. Было также установлено, что не существует единого абсолютного времени, что его течение происходит по-разному в различных материальных системах, движущихся друг относительно друга.

С не менее удивительными фактами столкнулась и атомная физика. В частности, выяснилось, что в области так называемых молекулярно-атомных процессов, характеризующейся пространственно-временными интервалами 10^{-6} — 10^{-11} см и 10^{-17} — 10^{-22} сек, невозможно одновременно точно определить скорость движения микрочастицы и ее положение в пространстве. Таким образом, оказалось, что движение микрочастиц, например, электронов в атомах, весьма существенным образом отличается от движения обычных микроскопических тел, которые всегда в тот или иной определенный момент времени занимают вполне определенное положение в пространстве и обладают вполне определенной скоростью.

Тем самым уже на одном из первых этапов проникновения в микромир обнаружилось, что привычные нам понятия классической механики не только не могут быть автоматически перенесены на микроявления, но и являются недостаточными для их описания.

Проникновение в тайны строения атомов потребовало экспериментов с энергиями от нескольких электрон-вольт до сотен тысяч электрон-вольт. Когда же были достигнуты еще более высокие энергии до сотни миллионов и, наконец, миллиардов электрон-вольт, то оказалось, что при таких энергиях поведение микрочастиц отличается уже не только от поведения обычных микроскопических тел, но и от поведения элементарных частиц, например, электронов в атомах.

Было обнаружено, что при достижении определенного уровня энергии, соответствующего расстоянию 10^{-12} — 10^{-13} см, начинают происходить сложные взаимопревращения частиц. Частицы одних типов превращаются в частицы других типов. Все в большей степени сказывается влияние их внутренней структуры. Однако и в этих условиях еще сохраняют смысл привычные нам понятия движения частиц, их взаимодействия друг с дру-

гом и т. п. Мы вправе еще говорить, что та или иная частица существует в пространстве или во времени, что при переходах от одного состояния к другому она остается сама собой или, как говорят физики, остается тождественной самой себе.

Таким образом, опыт, имеющийся у современной физики в изучении микропроцессов, убеждает нас в том, что при переходе ко все более малым пространственным областям мы всякий раз встречаемся с новыми явлениями.

Поэтому есть основания ожидать, что в области еще более высоких энергий мы столкнемся с еще более существенными отличиями от привычного положения вещей.

Некоторые ученые считают, что в ультрамалых субатомных областях на расстояниях 10^{-16} — 10^{-17} см отдельных частиц, которые возникают, существуют во времени, перемещаются от точки к точке, уже нет. По мнению этих авторов, существование и движение частиц в этих условиях уже нельзя отделить от их взаимодействий друг с другом. Вероятно, область ядра — это область непрерывных, непрекращающихся взаимодействий и взаимопревращений, в которой все «кипит» и «бурлит» и в которой нет неизменяющихся частиц.

Но если частица не может в последовательные моменты времени появляться в различных точках пространства, то утрачивает смысл деление пространства и времени на части, которое осуществляют классическая и обычная атомная физика при описании различных процессов. Видимо, новые явления потребуют и совершенно новых методов описания.

Как известно, основная задача всякой физической теории состоит в том, чтобы на основе изучения современного состояния материальной системы предсказывать ее будущее.

В классической механике достаточно знать положение и скорости всех частиц системы в данный момент времени, чтобы с абсолютной точностью предвидеть, как она будет вести себя в дальнейшем. Обычная атомная физика позволяет, отталкиваясь от современного состояния системы, вычислять вероятности ее последующих состояний, т. е. подсчитывать, какие из возможных состояний способны осуществляться скорее других.

Но не исключено, что в области сверхвысоких энергий даже вероятностные оценки могут оказаться невозможными или, по крайней мере, недостаточными. Очень может быть, что здесь мы столкнемся с совершенно иной цепью причин и следствий, чем та, с которыми мы имели дело до сих пор. Другими словами, может случиться, что в области, занимаемой атомным ядром, меняется не только понятие частицы, но и понятие причинности.

В то же время не вызывает сомнений, что ядерные явления в конечном итоге должны смякаться с микропроцессами, изучаемыми обычной атомной физикой. Выявить и проследить эту зависимость на всех ее этапах и научиться предвидеть последующие этапы на основе знания предыдущих — вот главная задача современной физики высоких энергий.

Заранее можно предсказать, что решение этой и других проблем, связанных с изучением внутриядерных процессов, столкнется с целым рядом принципиальных затруднений. Самое серьезное из них заключается в том, что в области атомного ядра теряют смысл основные физические понятия, с помощью которых мы описываем окружающий нас мир.

Однако физика уже не раз находила выход из подобных затруднений. Несомненно, так будет и на этот раз. Но каким именно явится этот выход, сейчас сказать еще нельзя. Не исключена возможность, что потребуются разработка совершенно нового математического аппарата и новой физической теории.

Ясно одно: пропикая вглубь атомного ядра, мы можем обнаружить такие явления, изучение которых позволит значительно расширить наши представления о закономерностях строения материи.

Пока имеются лишь отдельные разрозненные экспериментальные данные, относящиеся к ультрамалым областям. Но уже удалось обнаружить некоторые «странные» явления.

Одно из них — так называемые «огненные шары». Было замечено, что при столкновении частиц с энергиями, превосходящими несколько тысяч *Бэв*, могут возникать необычные образования, существующие лишь на протяжении чрезвычайно коротких промежутков времени и затем распадающиеся одинаково по всем направлениям на большое число вторичных частиц. Любопытно,

между прочим, что это явление в какой-то мере в миниатюре напоминает рождение звезд в звездных ассоциациях.

Правда, пока еще нельзя с уверенностью утверждать, что это и другие подобные явления, обнаруженные в ультрамалых областях, не найдут себе объяснения с точки зрения привычных представлений.

Но во всяком случае явления эти в достаточной степени необычны.

Дальнейшее проникновение в сверхмалые области будет способствовать не только дальнейшему познанию микромира, но и более глубокому пониманию явлений космического масштаба.

Быстрее света

На страницах этой книги мы уже не раз встречались с одной из наиболее фундаментальных физических теорий—теорией относительности Эйнштейна. Согласно этой теории многие характеристики физических объектов, такие, как масса, энергия, а также характер течения времени зависят от изменения системы отсчета, являются относительными. Отсюда и само название: теория относительности.

Однако, по мнению некоторых физиков, название это не совсем удачно.

Знакомясь с проблемой бесконечности Вселенной, мы уже говорили о том, что с точки зрения современной науки любое утверждение имеет физический смысл только тогда, когда оно инвариантно, т. е. не зависит от выбора системы отсчета или может быть выражено в форме, не зависящей от выбора системы отсчета. Поэтому и в теории относительности главным, основным является не столько изучение понятий, которые изменяются при переходе от одной системы отсчета к другой, сколько выявление физических величин, которые остаются при подобных преобразованиях неизменными, инвариантными. В связи с этим гораздо точнее было бы назвать теорию относительности теорией инвариантности.

Одним из главных инвариантов теории относительности является скорость света в вакууме, которая постоянна и одинакова в любых системах отсчета, независимо от того, с какими скоростями они движутся друг

относительно друга. В то же время теория относительности утверждает, что никакие физические воздействия не могут распространяться со скоростями, превосходящими скорость света. Это фундаментальное требование получило целый ряд убедительных подтверждений, и в той мере, в какой оно относится к космическим, макроскопическим и молекулярно-атомным явлениям, оно не вызывает каких бы то ни было сомнений. Вообще, следует отметить, что данные, которыми располагает современная экспериментальная физика, указывают на то, что известные нам пространственно-временные отношения сохраняются вплоть до расстояний, равных $2 \cdot 10^{14}$ см.

Что же касается еще более малых областей, то, по мнению ряда ученых, не исключено, что для описания происходящих там явлений придется создать особую теорию, отличающуюся определенным образом от теории относительности.

Предвидеть заранее, как она будет выглядеть, к сожалению, нельзя. Но одно можно утверждать совершенно точно. Какова бы ни была новая теория, она должна удовлетворять чрезвычайно важному требованию, вытекающему из фундаментального принципа физики — принципа соответствия. Требование это заключается в следующем: как бы сильно ни отличалась новая теория от теории относительности на ультрамалых расстояниях, при увеличении расстояний до обычных молекулярно-атомных она должна переходить в теорию относительности или, во всяком случае, согласовываться с ней.

Как и любая физическая теория, теория внутриядерных процессов нуждается для своего развития в соответствующих экспериментальных данных. Однако теоретический поиск разведывательного характера не только возможен, но и правомерен уже и на современном уровне знаний.

Разумеется, на данном этапе этот поиск приходится осуществлять главным образом путем разного рода логических построений. Поскольку делаются попытки построения такой теории, которая должна заведомо отличаться от теории относительности, то они, очевидно, должны быть связаны с отказом от некоторых положений теории относительности при переходе к ядерным расстояниям.

Одна из таких попыток заключается в том, что в ультрамалых областях допускается распространение физических воздействий со скоростями, превосходящими скорость света в вакууме. Над разработкой этой оригинальной теории, получившей название «нелокальной», в настоящее время трудятся многие ученые, в том числе советские физики.

Отказываясь от запрета сверхсветовых скоростей, нелокальная теория сохраняет все остальные положения специальной теории относительности. В частности, сохраняется инвариантность основных уравнений при переходе от одной системы отсчета к другой, движущейся относительно нее равномерно и прямолинейно.

Но если физические воздействия могут распространяться со скоростями, превосходящими скорость света, то это означает, что в сверхмалых областях пространства возможны нарушения так называемой причинности.

Принцип причинности — одно из фундаментальных положений современной науки. Наиболее общая формулировка этого принципа была дана известным советским физиком академиком Н. Н. Боголюбовым. Любое событие, происходящее в физической системе, может оказывать влияние на эволюцию этой системы лишь в будущем и не может оказывать влияния на поведение системы в прошлом.

В обычных условиях принципа причинности никогда не нарушается (по крайней мере нам такие случаи неизвестны). Но если допустить возможность сверхсветовых скоростей передачи сигналов, то временной порядок событий окажется неопределенным — он будет зависеть от выбора системы отсчета. Другими словами, причины и следствия могут в этом случае меняться местами.

Но, как уже было сказано, мы вправе ожидать, что если даже в субатомных областях действительно происходят столь «странные» явления, то при переходе к обычным молекулярно-атомным расстояниям должен вновь вступить в силу запрет сверхсветовых скоростей.

Следовательно, для того чтобы нелокальная теория имела право на существование, необходимо доказать, что отказ от микропричинности не приводит к нарушениям макропричинности.

Однако именно в этом вопросе новая теория сталкивается с весьма серьезными трудностями, так как строго

доказать положение, о котором идет речь, в общем виде пока не удастся. Это может означать, что либо такое доказательство просто еще не найдено, либо новая теория недостаточно совершенна, либо, наконец, что существуют такие пока еще абсолютно неизвестные нам условия, при которых макропричинность действительно может нарушаться.

Разумеется, нелокальная теория весьма необычна с точки зрения устоявшихся физических представлений. Но именно такой и должна быть новая теория, претендующая на объяснение неизвестного.

А что говорит по этому поводу эксперимент?

Есть некоторые физические соотношения (в частности, так называемые дисперсионные соотношения), вывод которых существенно основан на предположении о том, что принцип причинности строго выполняется. Все физические величины, входящие в эти соотношения, можно измерить с достаточно большой точностью уже при современном уровне техники. Если бы оказалось, что соотношения, о которых идет речь, практически не выполняются, то это означало бы, что микропричинность действительно в чем-то нарушается.

Подобные эксперименты были не так давно проведены на ускорителе в Брукхейвене. Выяснилось, что результаты измерений согласуются с физическими расчетами не вполне точно. Следовательно, имеет место одно из двух: либо неверен эксперимент либо на расстояниях, меньших 10^{-14} см, действительно имеют место нарушения принципа причинности (по крайней мере в той формулировке, которая была использована при выведении проверяемых соотношений).

Необходимы дальнейшие исследования, и очень возможно, что окончательный ответ на этот волнующий вопрос, имеющий чрезвычайно важное значение для развития наших представлений о строении материи и закономерностях окружающего нас мира, будет получен уже в ближайшем будущем.

На протяжении этой книги мы не раз приводили самые смелые и оригинальные идеи и гипотезы, казалось бы, противоречащие здравому смыслу, т. е. всему тому, к чему мы привыкли. Появление таких идей и гипотез характерно для современного состояния науки.

Кто-то из историков естествознания условно разделил всех исследователей природы на реалистов и романтиков. Первые признают только точно установленные, хорошо проверенные факты, последовательно и терпеливо движутся от одного к другому. Вторые — постоянно стремятся к новому, неизведанному, они склонны к оригинальным обобщениям, смелым прогнозам. Они не боятся идти наперекор общепринятым научным представлениям...

Видимо, эти два типа ученых существуют не случайно и не только потому, что есть люди с разными склонностями и различным строем мышления. Их породил сам процесс развития науки: и те и другие необходимы для ее успешного движения вперед.

Если тщательное и всестороннее освоение достигнутых рубежей и постепенное, последовательное возведение очередных ступеней лестницы познания составляет фундамент науки, то смелые теоретические догадки и захватывающие воображение невероятные идеи, какими бы фантастическими они порой ни казались, обладают колоссальной эвристической силой (т. е. способствуют открытию нового) и способны оказывать на процесс научного исследования существенное влияние.

В изучении Вселенной эти два подхода к исследованию природы особенно заметны. У некоторой части ученых существует явное стремление любой вновь открытый факт во что бы то ни стало объяснить с точки зрения надежно апробированных привычных теорий. Вероятно, в какой-то степени подобный подход является следствием господствовавшей не так давно в астрономии точки зрения, согласно которой все законы и закономерности физических явлений, происходящих во Вселенной, уже изучены настолько хорошо, что исходя из них можно чисто логическим путем построить модель любого космического объекта и процесса его развития.

Однако само существование непредсказуемых, специфических явлений, т. е. явлений, которые невозможно было предвидеть, исходя из того, что уже известно (а при изучении Вселенной мы встречаемся с ними постоянно), показывает ограниченность подобного метода.

Действительно, в эвристическом отношении модели, построенные чисто логическим путем на базе известных фактов, как правило, давали лишь незначительные

результаты. Так, например, развиваемая подобным путем теория происхождения звезд в результате сгущения межзвездного газа, по существу, не предсказала ни одного сколько-нибудь важного явления. Более того, открытые в последние годы нестационарные процессы оказались для подобной теории настолько большой неожиданностью, что ее сторонники долгое время просто отрицали их существование.

Если Вселенная неисчерпаема, а физические законы сводятся не только к тем, которые нам уже известны, то на первое место выдвигаются реальные факты, те процессы и явления, которые мы наблюдаем в космосе и которые, как мы уже отмечали, во многих случаях нельзя предвидеть, исходя из одних лишь теоретических предпосылок. В частности, в космических масштабах могут проявляться такие свойства материи, такие свойства элементарных частиц, которые незаметны в обычных земных условиях.

Поэтому для объяснения «неожиданных» результатов наблюдений наука вправе привлекать и «неожиданные» гипотезы, выходящие за рамки известных в настоящее время законов физики.

Определенный риск, разумеется, есть, но он вполне оправдан. «Невероятные» идеи уже не раз приводили к выдающимся результатам. Во всяком случае новейшие открытия в астрономии все в большей и большей степени подтверждают справедливость именно такого подхода к изучению Вселенной.

Разумеется, для того, чтобы «создавать» «безумные» идеи, необходимо прежде всего освоить весь предыдущий объем знаний. Кроме того, во всем должно соблюдаться чувство меры. Одно лишь «безумство» идеи само по себе еще не может служить свидетельством ее плодотворности. В фундаменте любой идеи, даже самой экстравагантной, всегда должны лежать реальные факты. Но, разумеется, и одних фактов, пусть даже самых удивительных, еще мало для того чтобы родилась новая теория. Теории не рождаются сами собой — их создают люди. В науке нередко бывает так, что все необходимые факты налицо, а соответствующая теория создается лишь много лет спустя. Создается тогда, когда появляется человек, способный это сделать. Опыты Майкель-

сопа, которые легли в основу теории относительности, были сделаны в 80-х годах прошлого столетия. Но эта теория была создана лишь в начале XX столетия, когда появился Эйнштейн.

Современные астрономия и физика находятся в ожидании новых обобщающих теорий. И очень возможно, что все необходимые наблюдательные и экспериментальные данные для этого уже есть. Дело за теоретиками...

В одной из первых глав этой книги мы говорили, что согласно подсчетам ученых в современную эпоху объем научной информации, которой располагает человечество, удваивается примерно за каждое десятилетие. Это значит, что в ближайшие десять-пятнадцать лет нам предстоит стать свидетелями открытий, достижений и коренных преобразований научных представлений, равных по значению всему тому, что произошло в естествознании за все предшествующие долгие века.

А произошло ведь немало. Только в области астрономии и физики — это революционное учение Коперника, геометрия Лобачевского, теория относительности Эйнштейна, квантовая механика, теория происхождения Земли и планет, гипотеза кварков, кибернетика, открытие звездных ассоциаций и квазаров и многое-многое другое...

Революция в физике, которая произошла на рубеже XIX и XX вв., в основных чертах уже завершилась. Успехи физики нашего времени — результат применения уже известных теорий. И хотя революция в физике еще продолжается в форме проникновения физических методов в другие науки, роль лидера естествознания, возможно, переходит к какой-то другой науке.

Немалые шансы сделаться в ближайшие годы таким лидером имеет астрономия, ибо именно астрономические наблюдения приносят нам наиболее частые сообщения о совершенно новых объектах, попытки объяснения которых с точки зрения фундаментальных физических теорий встречаются с огромными, быть может, принципиальными трудностями.

Каскад открытий ждет нас в недалеком будущем. Возможно, эти открытия будут связаны с фактами, которые еще предстоит обнаружить и которые пока еще мы не можем предвидеть даже приблизительно. Но не

исключено, что факты, необходимые для создания принципиально новых теорий, в распоряжении современной науки уже имеются и дело только за новыми идеями.

Ближайшее будущее покажет.

Ведь это будущее — космическое будущее и оно уже не за горами. Как сказал в одном из своих выступлений президент Академии наук СССР академик М. В. Келдыш:

«Надо полагать, что пройдет не так много времени, и люди достигнут других планет, узнают очень многое о неживой и живой природе других миров. Наступит и такое время, когда ракеты проложат линии межпланетных сообщений; все зависит от развития техники и в первую очередь от наращивания новых энергетических возможностей.

Мог ли кто-либо предполагать, скажем, сотни или тысячу лет назад, когда люди на плотах или парусниках переплывали с одного острова или с одного континента на другой, что между континентами будут ходить караваны судов с нефтью и другими грузами? Также и сейчас трудно предсказывать все последствия развития космической техники, но принципиальные возможности здесь уже открыты».

Каждый может стать астрономом

(вместо заключения)

Наш рассказ об успехах и проблемах современной астрономии подошел к концу. Не имея возможности охватить в равной степени все разделы науки о Вселенной, мы постарались рассказать о наиболее интересных вопросах, волнующих астрономов, о наиболее перспективных направлениях астрономических исследований.

Современная астрономия — одна из самых «живых» наук в том смысле, что она необычайно быстро движется вперед, открытия следуют одно за другим, происходит быстрое развитие новых представлений, рождаются все новые и новые задачи. Астрономия — на марше, и если ее сегодняшний день необыкновенно увлекателен, то завтрашний обещает быть еще интереснее.

Пожалуй, у астрономии есть еще одна особенность, которая отличает ее от большинства других наук и делает ее популярной. В ее развитие могут внести ощутимый вклад не только специалисты-ученые, но и энтузиасты-любители.

Как-то после запуска в Советском Союзе очередного космического корабля у входа в Московский Планетарий, как обычно в таких случаях, собралось большое количество посетителей. У кассы образовалась довольно длинная очередь. Случайно оказавшийся здесь американский турист, наблюдая эту картину, заметил: «Теперь я понимаю, почему Советский Союз достиг таких грандиозных успехов в освоении космоса. У вас всеобщее космическое образование».

Наш заокеанский гость был совершенно прав: в нашей стране науке о небесных телах действительно уделяется весьма большое внимание и, в частности, созданы

все условия для того, чтобы люди, интересующиеся астрономией, хотя и не являющиеся профессионалами в этой области, могли бы в свободное время заниматься изучением небесных тел.

Еще в 1934 г. на основе существовавших в то время Нижегородского кружка любителей физики и астрономии, Московского общества любителей астрономии, Русского общества любителей мироведения и других аналогичных кружков и обществ было организовано Всесоюзное астрономо-геодезическое общество при Академии наук СССР. В настоящее время это общество имеет 44 местных отделения и объединяет около 3,5 тыс. любителей астрономии, около 1200 юных астрономов и свыше 100 коллективных членов. В работе одного только Московского отделения общества участвует около 500 человек, Ленинградского — около 350 человек, Киевского и Харьковского — около 200 человек в каждом.

Общество располагает специальными обсерваториями, большим количеством телескопов и других приборов. Кроме того, членам общества предоставляется возможность работать на обсерваториях местных планетариев, педагогических институтов и других учреждений. В распоряжение членов общества предоставляется разнообразная аппаратура, а также фотографические и другие материалы, необходимые для астрономических наблюдений.

Едва ли не самой характерной особенностью общества является то обстоятельство, что в его состав на равных правах входят как астрономы-любители, так и астрономы-профессионалы, ученые. Это позволяет начинающим астрономам и энтузиастам-любителям периодически встречаться с крупными учеными, получать от них полезные советы и квалифицированное руководство. Тем самым создаются превосходные условия для быстрого творческого роста, и не случайно, что многие вчерашние любители и члены юношеских астрономических кружков сегодня стали известными астрономами. В частности, из рядов астрономов-любителей вышли такие всемирно известные ученые, как проф. П. П. Паренго, проф. Б. В. Кукаркин, проф. Б. А. Воронцов-Вельямнцов и многие другие.

Работая в рядах общества, любители астрономии не только могут удовлетворить свою страсть к изучению не-

бесных светил, но и оказывать немалую помощь развитию астрономической науки. Разумеется, это вовсе не означает, что сделавшись астрономом-любителем, можно сразу выдвигать необычайные гипотезы, ниспровергающие общепринятые представления. Чтобы выдвигать гипотезы, прежде всего необходимы глубокие и разносторонние знания. Но наука и не ждет от астрономов-любителей потрясающих гипотез. Зато существует целый ряд проблем, в изучение которых они действительно могут внести и вносят свой полезный вклад.

Специальные экспедиции Общества принимают систематическое участие в наблюдении полных солнечных затмений, видимых на территории СССР. Во время последнего великого противостояния Марса в 1956 г. любители-астрономы осуществили ряд интересных наблюдений таинственной планеты на обсерватории Волгоградского планетария, располагающей превосходным телескопом-рефрактором. В результате этих наблюдений был получен обширный фотографический материал, который позволил проследить особенности таяния южной полярной шапки Марса, а также изменения цвета и яркости отдельных областей поверхности планеты. Недавно Академия наук СССР выпустила из печати «Атлас рисунков Марса», в котором, кроме рисунков специалистов, использовано около 200 зарисовок, выполненных астрономами-любителями из различных городов страны.

Астрономами-любителями осуществлен также ряд уникальных наблюдений планет Юпитера и Венеры. Дело в том, что на фотографиях планет, полученных с помощью больших телескопов, как правило, можно хорошо различить лишь сравнительно небольшое количество деталей. Это объясняется тем, что качество фотографических изображений во многом зависит от состояния атмосферы в момент съемки. Между тем терпеливые и внимательные наблюдатели могут дожидаться тех редких моментов, когда воздух становится прозрачным, и сделать в это время ценные зарисовки. В ряде случаев подобным способом удалось получить интересные результаты, имеющие научное значение. Так, любители в течение многих лет вели зарисовку полос, пересекающих диск планеты Юпитер. Сравнивая полученные рисунки

между собой, они обнаружили, что наибольшая ширина северной экваториальной полосы совпадает с минимальной шириной южной полосы, и наоборот.

Особенно ценны любительские наблюдения метеоров. Центром подобных наблюдений является Крымская метеорная станция ВАГО. В период Международного геофизического года здесь побывали метеорные экспедиции многих отделений Общества и было выполнено в общей сложности около 20 тысяч квалифицированных наблюдений, а также получено большое число фотографий.

Во время проведения Международного геофизического года и Международного года спокойного Солнца астрономы-любители целого ряда отделений ВАГО осуществляли наблюдения за серебристыми облаками, т. е. облаками, образующимися на больших высотах (около 80 км).

Одним из основных разделов работы Общества является изучение переменных звезд. Эти звезды, физические характеристики которых претерпевают быстрые изменения, представляют большой интерес для науки.

Немалую помощь астрономам могут оказать в свое свободное время и специалисты в области таких наук, как радиотехника, электроника, приборостроение.

Одним словом, энтузиасты изучения Вселенной, любители астрономии — эта наука ждет вас!