


ПОПУЛЯРНАЯ ЭНЦИКЛОПЕДИЯ



АСТРОНОМИЯ

ПОПУЛЯРНАЯ  ЭНЦИКЛОПЕДИЯ

Сергей Бердышев

АСТРОНОМИЯ



МОСКВА
ТЕРРА - КНИЖНЫЙ КЛУБ
2001

УДК 52
ББК 22.65
Б48

Разработка оформления серии художника
И. МАРЕВА

Издание подготовлено при участии
ИЧП «Александр Николаевич Шабанов»

Бердышев С. Н.
Б48 **Астрономия.** — М.: ТЕРРА—Книжный клуб,
2001. — 432 с.: ил. — (Популярная энциклопедия).
ISBN 5-275-00241-6

В энциклопедии интересно и доступно изложены основополагающие сведения об устройстве и эволюции Вселенной: о планетах, метеоритах, звездах и галактиках, о месте Земли в устройстве мироздания.

Вы узнаете самое главное об истории изучения и освоения космоса, о современной астрономической технике, космических программах и аппаратах.

УДК 52
ББК 22.65

ISBN 5-275-00241-6

© С. Бердышев, 2001
© ИЧП «Александр Николаевич Шабанов», 2001
© ТЕРРА—Книжный клуб, 2001

Введение

Человек — маленькая часть большой Вселенной, он не может существовать без этой бесконечной космической среды, что создала его и взрастила. Великий, необъятный мир, открывающийся за порогом нашего планетного «дома», Земли, властно вмещивается в жизнь цивилизации. Очень многие и очень разные составляющие нашего образа жизни, так или иначе, связаны с космосом: романтические прогулки под луной, поиски северного полюса по Полярной звезде, установка спутниковой антенны на крыше своего дома, астрологические прогнозы и даже головные боли во время вспышек на Солнце.

Пожалуй, незачем направлять подзорную трубу на естественный бледно-молочный спутник нашей прекрасной планеты в поисках лунных кратеров, чтобы понять исключительную роль Вселенной в нашей судьбе. Мы дети космоса, в чем легко убедиться, достаточно просто пристально осмотреться вокруг. Книга, которую вы держите в руках, приглашает вас совершить захватывающее путешествие в таинственный, почти нереальный из-за своей недостижимости мир Пустоты и Вечности. Популярная форма изложения не требует от читателя почти никаких познаний в математике и физике. Это, однако, не мешает

любителям смотреть на звезды узнать из энциклопедии об устройстве мироздания, о занимаемом в нем нашей планетой месте и, наконец, о том, как велись и ведутся научные изыскания, благодаря которым мы так много знаем о космосе. Легко и занимательно излагаются великие вселенские законы, рассказывается о природе звезд и об условиях на далеких планетах и спутниках.

Любознательному читателю небезынтересно будет услышать о величайших горах Солнечной системы, о загадках спутников Марса, о необъяснимом исчезновении воды на Венере, о ледяном панцире юпитерианской луны Европы и о многих других чудесах природы, существующих за миллионы километров от Земли. Да и сама бело-голубая Земля из космоса не кажется обычной и скучной, напротив, она открывает себя с новой стороны. Попутно практически мыслящий читатель может узнать, какая большая материальная выгода стоит за космическими программами, а настроенный романтически найдет подробнейшие материалы о покорении человечеством мирового пространства. В книге детально, но доступно рассказано о полетах космических аппаратов к другим планетам. О том, как человек, опираясь на силу научного знания, преодолел земное притяжение ради великого будущего нашей цивилизации. Об успехах и проектах отечественных, американских и других ученых, работавших над космическими программами.

Книга содержит статьи, рассчитанные на самые разнообразные интересы. Из нее можно узнать о строении галактик, происхождении Вселенной, ранних этапах эволюции звезд. Для читателя, находящего в математике особую прелесть — прелесть научной точности, строгости и достоверности, энциклопедия предлагает отдельные статьи, где рассмотрены физические, астрономические и прочие связанные с математикой понятия и величины.

Для увлеченных историей науки тщательно подобраны материалы о развитии человеческих представлений на устройство Вселенной от первобытных времен и далее, через эпоху античности, средневековья, нового времени до настоящего момента. Показано, благодаря каким изысканиям и открытиям человек пришел к современной космологической картине, создавая при этом новые отрасли знания: селенологию, селенографию, планетологию, космогонию и т.д.

Параллельно приводятся данные о работе современной техники — телескопов, радиотелескопов, орбитальных телескопов и прочего астрономического «вооружения». Другие разделы удовлетворят запросы человека, знакомого с физикой и техникой. Здесь эйнштейновская модель Вселенной соседствует с методами нейтринной астрономии, а природа вакуума — со свойствами планетных атмосфер.

Однако и на этом не исчерпывается перечень сведений, собранных в эту книгу. Знаменитый французский астроном К. Фламмарин в свое время приводил незамысловатый анекдот о том, как любопытный невежда выпытывал у ученого, откуда тому известно о названиях небесных светил. Ответ на этот вопрос предельно прост, напоминает Фламмарин: сами люди дают названия космическим объектам. В этом — наша власть над космосом и его приближение к земному миру.

Наверное, не только гуманитариям, но и читателям, более склонным к точным наукам, будет интересно, тем не менее, познакомиться с историей возникновения традиции давать собственные имена светилам. Зачем им дают имена, почему их называют именно так, как вообще это делается, читатель узнает в соответствующих разделах, посвященных астрономике, астрономии и т.п. Там же рассказано, в честь кого и по каким правилам космическим объектам присваиваются имена людей и сказочных персонажей. Читателя ждет знакомство с косми-

ческой картой, на которой можно найти плато Снегурочки, кратер Жюль Верн и астероид Джон Леннон.

Некоторые не очень известные даже специалистам сведения скрасят сухость отдельных слишком серьезных статей. Читатель, скорее всего, с улыбкой прочтет о том, почему, с точки зрения науки, «ничто не вечно под луной», и где, по ее же мнению, находится «тридевятое царство». Кроме того, читателя ждут почти не встречающиеся в печати материалы о проблеме жизни во Вселенной, в частности в нашей планетной системе. Основное внимание автора уделяется природе объектов Солнечной системы и космическим исследованиям с помощью искусственных спутников, межпланетных станций и шлютируемых аппаратов. Эти темы представляются наиболее интересными.

Автор выражает твердую надежду, что каждый увлеченный темой космоса человек с интересом прочитает эту книгу и сможет извлечь из нее, как и из любой энциклопедии, массу полезных сведений. Остается только пожелать вам приятного чтения и поблагодарить за внимание к моему скромному труду.

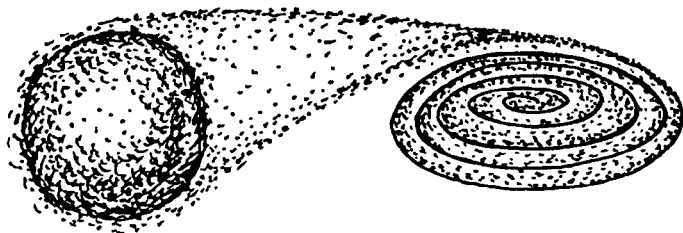
А

Аккреция

Аккрецией в планетологии называют процесс роста космического тела за счет присоединения к нему новых частиц. Аккреция, происходящая в протопланетном облаке, — это процесс объединения твердых частиц материи, который приводит в конечном итоге к образованию планет.

Аккреция была также обнаружена в «тесных» двойных системах, образованных обычной звездой и нейтронной звездой или «черной дырой». В такой системе вещество перетекает с обычной звезды на черную дыру или нейтронную звезду. Поток частиц обладает вращательным моментом, который сообщается ему обычной звездой, и при приближении ко второй компоненте закручивается вокруг нее, образуя газовое кольцо или диск. Этот процесс и называют аккрецией в теоретической звездной астрономии.

Явление, называемое аккрецией, трудно назвать рядовым для звездно-планетных систем: оно характерно преимущественно для нейтронных звезд с массой, не более чем в 3,2 раза превышающей массу Солнца, и черных дыр. В отдельных случаях аккрецию можно наблюдать и у планет-гигантов (например, у Сатурна). Газовое кольцо (диск) может существо-



Красный гигант

Аккреционный диск

Рис. 1. Три варианта развития тесной двойной системы

вать бесконечно долго, если в нем не возникнет турбулентных движений. Одна из гипотез происхождения колец Сатурна основана как раз на явлении аккреции. Если же газ приобретает со временем большую вязкость, угловые скорости вращения вещества в кольце (диске) выравниваются, и вещество постепенно оседает на центральное тело, пополняет оболочку нейтронной звезды или же «втягивается» в черную дыру. При этом материя сжимается и нагревается необычайно сильно, так, что возникает мощный поток рентгеновского излучения.

При наличии аккреции процесс развития двойной звездной системы протекает совсем иначе. У наиболее горячих и массивных звезд эволюция полностью протекает за несколько сотен тысяч лет, а нейтронный спутник, окруженный плотной газовой туманностью, заметен только благодаря аккрецирующему потоку частиц. В результате в паре с обычной звездой оказывается белый карлик (в настоящее время известны две такие звездные системы). Кроме того, возможно развитие двойной системы с постепенным заполнением частицами материи всего внутреннего пространства системы. Такая эволюция чаще

всего приводит к образованию плотной туманности, в которой на основе нейтронной звезды возникает протозвезда, со временем превращающаяся в настоящую звезду второго поколения. Все описанные выше процессы могут быть усилены очень быстрым вращением одной из частей двойной системы. Неустойчивость и потеря вещества обычной звездой в такой системе может наступить значительно раньше.

Подробнее по отдельным вопросам см.: *Астрофизика, Величины астрономии, Геология космическая, Планеты, Солнечная система, Спутники естественные.*

Амальтея

Амальтея – V спутник Юпитера, сравнительно не крупный на фоне четырех так называемых галилеевых спутников того же гиганта. Амальтею открыл Барнард в 1892 г., а имя спутнику было дано в честь нимфы, вскормившей Зевса молоком козы Адрастеи.

Яркий свет Юпитера не позволяет проводить полноценные наблюдения Амальтеи, и поэтому о ней очень мало известно. Многие в судьбе Амальтеи определяют ее размеры. Для того места, которое она занимает в системе Юпитера – около 180 тыс. км от планеты – Амальтея слишком мала.

В конце 60-х гг. XX в. астроном П. В. Садбери собрал все данные визуальных наблюдений Амальтеи и все фотопластины с ее изображением; в результате он пришел к выводу, что орбита этого спутника сильно вытянута и заметно наклонена к плоскости эклиптики. Однако в 70-х гг. уже было установлено, что орбита Амальтеи представляет собой почти правильный

круг. Это важно, в частности, потому, что параметры орбиты Амальтеи многое могут рассказать ученым о самом Юпитере — его силе притяжения, степени сплюснутости и т. д.

Слагающий Амальтею «материал» необычен. Какие породы входят в состав того или иного спутника, зависит от температуры, царившей в дни его появления на свет. Амальтея и сейчас расположена очень близко к Юпитеру, а в прошлом «прото-Юпитер», т. е. тот гигантский сгусток материи, из которой образовался он сам и его ближайшее окружение, вообще был так велик, что едва вмещался в нынешнюю орбиту Амальтеи. На формирование Амальтеи его тепловое излучение действовало особенно сильно. Температура в этой области могла достигать 1200°C (если допустить, что туманность, окружавшая прото-Юпитер, была непрозрачной и не выпускала тепло наружу). Но даже если эта туманность обладала высокой прозрачностью, то, по вычислениям Дж. Поллака из центра НАСА, температура сгустка была не ниже 200°C.

Амальтея, следовательно, должна состоять из очень тугоплавкого вещества. В тугоплавких породах, как правило, содержится много радиоактивных изотопов. Распадаясь, они еще сильнее разогревают вмещающую их породу. Если бы не это, остывание спутника шло бы очень быстро: у Амальтеи отношение площади поверхности к массе значительное, а ее относительно большая поверхность очень интенсивно отдает тепло. Однако радиоактивный распад частично пополняет эту убыль.

Под воздействием силы притяжения близкого Юпитера на спутнике постоянно происходят мощные приливы. Они вытягивают тело Амальтеи по направлению к гигантской планете и сплющивают его с полюсов. Поэтому Амальтея, по-видимому, «горбата», хотя в данное время этот «горб» наблюдениями с Земли обнаружить не удастся. Если такое «искривление тела» будет измерено, появится возможность судить о составе Амаль-

теи, поскольку лед, например, легче поддается воздействию внешних сил, а силикатные соединения – труднее. В случае преобладания в недрах Амальтеи тугоплавких силикатов разница между экваториальным и полярным диаметрами спутника вряд ли превысит 30 км. Если же Амальтея сложена из льда, ее горб должен быть размером в добрую сотню километров. До тех же пор, пока эти диаметры известны с точностью плюс-минус 60 км, окончательные суждения о составе спутника невозможны. В 1974 г. впервые удалось измерить инфракрасное (тепловое) излучение Амальтеи. По данным спектрографических измерений, сделанных прошедшей поблизости от Юпитера АС «Вояджер-1», оказалось, что температура на поверхности Амальтеи составляет около -188°C . Это позволило рассчитать диаметр спутника – приблизительно 240 км. Тем не менее, возможная ошибка вычислений остается близкой к 60 км в обе стороны. И все же это позволило несколько уточнить строение поверхности спутника: скорее всего, Амальтея не покрыта сплошным льдом, но усеяна каменистыми осыпями:

Подробнее по отдельным вопросам см.: *Астротопонимия, Юпитер*.

«Аполлон» (серия космических кораблей)

«Аполлон» (по имени древнегреческого бога наук и искусств Аполлона) – серия американских пилотируемых трехместных космических кораблей (всего 17), участвовавших в лунной программе «Аполлон». На этих кораблях к Луне были доставлены экспедиции американских астронавтов, в том числе некоторые – на поверхность Луны. Программа «Аполлон» осу-

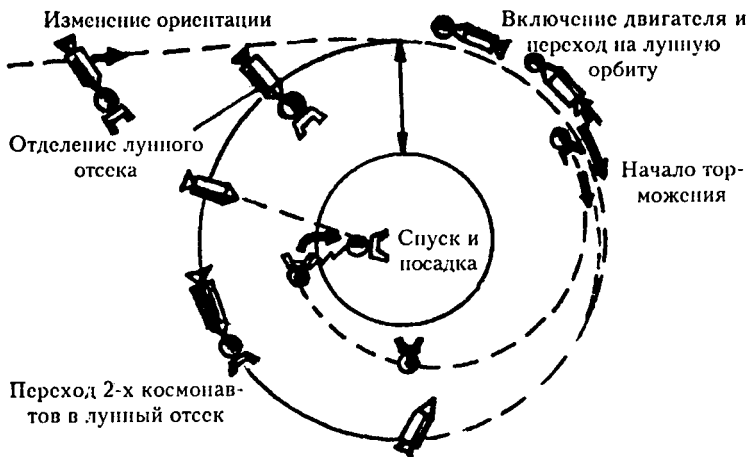


Рис. 2. Высадка американцев на Луну

шестьвила давние дерзкие замыслы человека – посещение другого космического тела. Эта программа знаменовала собой неслыханный прорыв в области космических исследований. Маленький шаг человека на лунной поверхности стал, по образному выражению, великим прыжком для всего человечества: мечта о покорении других планет с полетами «Аполлонов» начала реализовываться.

Эти корабли доставлялись в космос трехступенчатыми ракетами-носителями (РН) «Сатурн-5» на жидкостных реактивных двигателях с силой тяги, достигавшей на первой ступени 44, на второй – 4,3, на третьей – 0,9 млн ньютонов. Стартовая масса РН «Аполлон», учитывая массу всех ступеней и нерасходуемого топлива, составляла минимум 2750 т, в некоторых случаях до 3000 т. Длина РН с кораблем составляла при-

мерно 110 м. Мощность, развиваемая этой ракетой, позволяла ей сообщать II космическую скорость массе до 44 т и I космическую – массе до 130 т. Конструкция космического корабля серии «Аполлон» включала в себя два состыкованных аппарата, рассчитанные на выполнение различных заданий; они могли работать и как независимые модули – орбитальный и посадочный. Общая масса стыковочного блока включала в себя, помимо собственной массы аппаратов с их системами двигателей, также запас топлива и достигала в сумме около 44 т. При этом на орбитальный корабль приходилось 27,4 т, а на посадочный 14,5 т.

Корабль «Аполлон» располагался под защитным кожухом-обтекателем, образуя вместе с ракетоносителем ракетно-космическую систему «Сатурн-5 – Аполлон». Аппарат устанавливался сразу на третьей ступени РН.

Вершиной корабля и одновременно ракеты служит реактивный двигатель системы аварийного спасения, следом за которым идет орбитальный узел, а потом посадочный. Каждый из узлов, в свою очередь, разбивается на два отсека. Орбитальный узел состоит из спускаемого и двигательного отсеков. Первый, он же отсек экипажа, представляет собой меньшую часть орбитального корабля – аппарат, предназначенный для постоянного пребывания в нем космонавтов во время движения «Аполлона» по космической трассе, окололунной орбите и приземления по возвращении экспедиции.

Второй отсек, больший по размерам, занят маршевыми ракетными двигателями и баками с запасом горючего. Посадочный узел конструктивно вмещает в себя посадочный и взлетный отсеки (ступени). Посадочная ступень оснащена двигателями и устройствами, необходимыми для прилунения корабля. В их числе амортизаторы на стойках шасси и соединенные с ними 168-сантиметровые щупы для определения момента при-

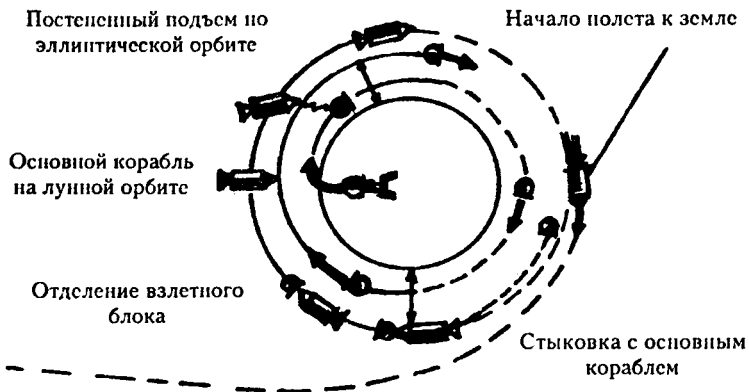


Рис. 3. Взлет космонавтов с Луны

лунения и отключения тормозного двигателя. Эта ступень по окончании экспедицией исследовательских работ остается на Луне.

Вторая ступень имеет герметичную кабину космонавтов площадью $6,7 \text{ м}^3$, собственные двигатели и баки с топливом. Она предназначена для взлета с поверхности Луны и выхода на окололунную орбиту. Эта ступень оснащена системой жизнеобеспечения, рассчитанной на двухсуточное пребывание астронавтов на борту, а также источниками электроэнергии, системой радиосвязи и навигационными приборами. Проект «Аполлон» включал в себя длительную подготовку к основной части лунной программы – высадке астронавтов на поверхность естественного спутника планеты. Первоначальная стадия проекта заключалась в экспериментальных запусках РН новой модели – «Сатурн-5». Следующим шагом стали полеты всего ра-

кетно-космического комплекса без участия космонавтов. Так, на околоземную орбиту были запущены системы с кораблями «Аполлон-7, 9». После их удачных запусков программа перешла в стадию пилотируемых полетов.

Первыми пилотируемыми полетами стали запуски «Аполлон-8, 10». Астронавты впервые проложили трассу пилотируемого летательного аппарата до другого космического тела. Оба корабля успешно достигли Луны. Однако прилунения и посадки на лунную поверхность не произошло, поскольку полет носил предварительный характер. После возвращения астронавтов на «Аполлоне-10» на Землю подготовка завершилась, и началась реализация основной части программы.

Доставка лунной экспедиции осуществлялась поэтапно. Приблизившись к Луне, «Аполлон» выходил на селеноцентрическую орбиту – то есть орбиту ИСЛ (искусственного спутника Луны). Теперь двое астронавтов переходили из трехместного орбитального узла в посадочный. Третий астронавт оставался на орбитальном корабле в окололунном пространстве. По завершении программы работ на поверхности спутника космонавты покидали Луну на взлетной ступени посадочного аппарата.

Стартовав, ступень доставляла их на окололунную орбиту, где происходила стыковка с орбитальным аппаратом, после чего «Аполлон» за счет включения маршевого двигателя сходил с орбиты ИСЛ и начинал полет по межпланетной трассе Луна – Земля. На заключительном участке трассы корабль, попадая в околоземное космическое пространство, выбирал траекторию для splashdown (амер. космический термин «приводнение»). При этом происходила отстыковка спускаемого отсека.

После посадки на воду аппарат обнаруживался специальной службой управления космонавтики, астронавтов отправляли на медицинское обследование. Все приводнения произошли в рас-

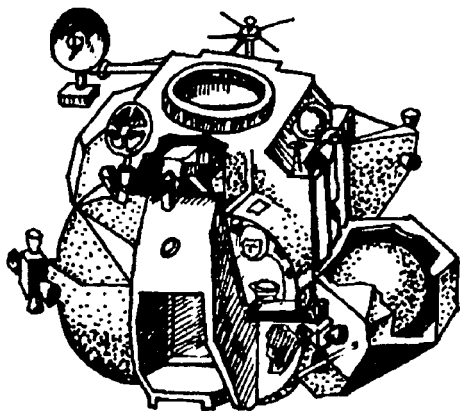


Рис. 4. Взлетный блок «Аполлона-11»

четных точках Тихого океана, в окрестностях принадлежащих США Гавайских островов. Всего на Луне побывало несколько экспедиций – «Аполлон-11, 12, 14, 15, 16, 17».

Первой из них, во время которой человек впервые ступил на поверхность другого космического тела, была экспедиция «Аполлона-11» в 1969 г.

Членами лунной экспедиции были астронавты Н. Армстронг (капитан корабля), М. Коллинз (пилот орбитального узла), Э. Олдрин (пилот посадочного узла). 16 июля 1969 г. в 16 ч 32 мин. по московскому времени ракетно-космический комплекс «Сатурн-5 – Аполлон-11» стартовал с Земли и спустя 12 мин. оказался на околоземной орбите. Здесь произошла перестройка отсеков, после которой включившиеся двигатели третьей ступени перевели корабль на лунную трассу. В тот же день корабль пошел на сближение с Луной.

20 июля астронавты Армстронг и Олдрин заняли свои места в посадочном корабле «Орел» и отстыковали его от орбитального корабля «Колумбия», управляемого астронавтом Коллинзом. Тормозной двигатель включался несколько раз, снижая селеноцентрическую скорость полета до 140 м/с. Наблюдая в иллюминатор, космонавты выбрали место прилунения в юго-западной части Моря Спокойствия и пошли на посадку с высоты 13 км от поверхности спутника. Начиная с высоты 150 м, посадка «Орла» велась вручную астронавтом Армстронгом.

В 23 ч 17 мин. 32 с щуп на стойке шасси зафиксировал посадку на лунную поверхность. Аппарат сел в 6,4 км от выбранного места. 21 июля, Армстронг ступил на поверхность Луны. Олдрин снимал первые шаги капитана по лунному грунту телекамерой, а спустя примерно 20 мин. и сам покинул корабль. Пробы на Луне в 21,5 ч, астронавты на взлетном отсеке (блоке) «Орла» покинули ее 21 июля около 21 ч.

Программа «Аполлон» принесла ощутимый научный результат. Помимо проверки надежности межпланетных пилотируемых кораблей и тактики управления межпланетными полетами, ученые получили в распоряжение ценные сведения о геологическом строении Луны, о сейсмической активности недр, о характере солнечного ветра в окрестностях спутника, много другой очень важной информации. С полетами «Аполлонов» наука о космосе вышла за рамки гипотез и провела фундаментальные исследования непосредственно на объекте изучения. Представления ученых о Земле и Солнечной системе значительно уточнились.

Подробнее по отдельным вопросам см.: *Астрономия, Астрофизика, Биология космическая, Величины астрономии, Исследования космические, История астрономии, Космонавтика, Луна, Медицина космическая, Селенография, Селенология, Селенимия, Спутники Естественные.*

Ареология

Ареология (от имени древнегреч. бога войны Ареса, или Ароя, которому в римской мифологии соответствует бог Марс) – наука о строении недр планеты Марс. Включает в себя петрографию, минералогию, тектонику, вулканологию, историческую ареологию, топографию Марса и отчасти физическую географию. Все эти науки в приложении к земным недрам называются геологическими. Кроме того, ареология включает в себя многие другие дисциплины, касающиеся изучения Марса (климатология, топография и ареография). На настоящем этапе она не оформилась в единое целое, подобно геологии, а представляет собой единый комплекс наук о красной планете.

Ареология на основании доступного фактического материала и по аналогии с геологией Земли изучает процессы образования литосферной коры на Марсе, ее химический и минералогический состав, процессы образования марсианского грунта на разных глубинах коры, процессы выветривания и других видов выравнивания рельефа, формирования новых форм рельефа и новых пород (эоловых отложений). Также ареология изучает вулканические процессы, происходившие на Марсе в прошлые эпохи.

Наука о геологии Марса началась с первых исследований состава атмосферы планеты. Благодаря данным о приблизительном соотношении химических элементов в атмосфере Марса ученые, используя аналогию с другими космическими телами, выдвинули первые предположения о прошлом этой планеты и ее эволюции.

Дальнейшие космические исследования, включая фотографирование марсианской поверхности, принесли много дополнительных сведений о характере рельефа Марса. Это было начало космической ареологической съемки, принесшей информа-

цию о выходах пород на поверхности планеты, о силах разрушения, о минералах, слагающих кору Марса. В частности, возникла гипотеза, объясняющая красный цвет марсианских пород присутствием в них больших количеств минерала лимонита.

Ареология бурно развивалась в 1965-1977 гг., когда Марс исследовали с орбиты и совершили посадки на его поверхность советские аппараты серии «Марс», американские «Маринеры» и «Викинги». Все космические аппараты этих серий были межпланетными станциями. Одни из них стали искусственными спутниками планеты, другие совершали на Марс посадку.

Первым космическим аппаратом, достигшим поверхности планеты, был советский «Марс-6», точнее посадочный блок станции, доставивший ценнейшую информацию о геологии красной планеты. Затем ряд посадок на Марс совершили блоки станций «Викинг». Они брали пробы грунта и проводили его химический анализ, выявивший незнакомую ученым породу, на 50% состоящую из таких элементов, как кремний, кальций и железо. Обилие оксидов железа, обнаруженных в составе марсианского грунта, позволило заключить, что именно они и придают Марсу красноватый оттенок.

Это подтвердило гипотезу о лимоните, окрашивающем марсианский ландшафт в причудливый цвет. Лимонит (гидратированный окисел железа) образуется на Марсе благодаря интенсивному воздействию ультрафиолета на железосодержащие породы в присутствии воздуха. Весьма вероятно, что значительная часть марсианского лимонита имеет более древнее происхождение. Этот минерал мог образоваться на Марсе и в атмосфере, насыщенной парами воды. Точно также земные лимониты образуются при реакции гематита с водой.

В пользу гипотезы о существовании воды в былые ареологические эпохи говорят обнаруженные при космической съемке поверхности планеты меандры (старые русла) уже не су-



Рис. 5. Следы реки на Марсе
(с фотографии «Маринера»)

ществующих сегодня рек. Наблюдение «Викинг-1» туманных испарений в утренние часы свидетельствует о наличии некоторых запасов грунтовых вод на планете. Вполне вероятно наличие в недрах Марса вечномёрзлых грунтов. Измерение магнитного поля планеты выявило наличие у Марса железистого ядра радиусом до 1500 км и массой примерно в 58 квинтиллионов т, что составляет 9% от общей массы Марса. Это ядро плотное и частично расплавленное. Разломы и вулканические базальты на поверхности планеты позволяют ученым сделать вывод об активном прошлом Марса.

Подробнее по отдельным вопросам см.: *Величины астрономии, Вода, Вулканизм, Геология космическая, Исследования космические, Космогония, Марс.*

Астероиды

Малыми планетами, или астероидами (от греч. «астер» – «звезда», «эйдос» – «вид, облик, подобие»), называют небольшие планетные тела, которые движутся вокруг Солнца по эллиптическим орбитам. Большая их часть расположена между

орбитами Марса и Юпитера. Практически все известные астероиды (число их в настоящее время превышает 4000) имеют неправильную форму. Их общая масса составляет приблизительно $1/1000$ массы Земли.

Когда-то астероидам давали имена богинь, нимф и царевен из греческой и римской мифологии. Однако постепенно запас таких имен исчерпался, и ученым пришлось перейти к обычным женским именам, а затем и к названиям цветов, городов, стран, именам видных ученых, поэтов, политиков... Астероидам, поведение которых отличается какой-либо странностью с точки зрения астрономии, присваивают имена из все той же греческой мифологии: Гермес, Адонис, Аполлон.

Значительное расстояние между орбитами Марса и Юпитера издавна наводило астрономов на мысли о существовании в этом районе неизвестной, не открытой еще, планеты. В 1772 г. берлинский астроном Э. Боде опубликовал полученную им в результате наблюдений закономерность расстояниях планет от Солнца. Эту закономерность теоретически вывел в 1766 г. виттенбергский математик И. Тициус, сегодня она известна как «правило Тициуса – Боде» и позволяет свести средние расстояния планет от Солнца к одной общей приближенной формуле. Гелиоцентрические расстояния Нептуна и Плутона не вписались в формулу; однако, открытый в 1781 г. Уран оказался на расстоянии, вполне удовлетворявшем этому правилу. Это заставило ученых начать поиски планеты, которая должна была располагаться между Марсом и Юпитером на среднем расстоянии 2,8 а.е. от Солнца.

Такая планета в январе 1801 г. действительно была обнаружена итальянским астрономом Дж. Пиацци, который принял ее за «слабую звезду 8-й величины» и назвал Церерой (по имени древнеримской богини плодородия). Вскоре оказалось, что Церера – не единственная обитательница промежутка между Мар-



Рис. 6. Трагедия Фазтона

сом и Юпитером. Год спустя рядом была открыта еще одна столь же малая планета, получившая имя Паллады. Третья, Юнона, была обнаружена в 1804 г., Веста – в 1807 г. Однако пятая малая планета, Астрея, была обнаружена только в 1845 г. Начиная с 1847 г., открытия астероидов стали происходить практически ежегодно. С введением в астрономическую практику в 1891 г. фотографического метода наблюдений число их особенно возросло.

Еще в XIX в. возникло предположение, не опровергнутое до сих пор: пояс асте-

роидов есть ни что иное, как обломки планеты, некогда находившейся как раз между Марсом и Юпитером. Согласно этой гипотезе, планету погубило неравномерное воздействие гравитационных полей Юпитера, Марса и Солнца. Сила их притяжения разорвала, якобы, планету на части. Эта гипотеза явно перекликается с древнегреческой легендой о Фазтоне – сыне и вознице солнечного бога Гелиоса, который не справился с небесными конями и погиб, разбившись о землю. Анализ нескольких тысяч метеоритов, происходящих из пояса астероидов, выявил у них сходные характеристики, что позволяет предполагать их происхождение от одного небесного тела. Таким «общим телом» вполне мог оказаться и гипотетический Фазтон.

Существуют иные гипотезы происхождения малых планет. Согласно одной из них, астероиды могли зародиться на Юпитере. Возможно, они когда-то составляли вокруг него такое же кольцо, какое сейчас наблюдается у Сатурна.

Другая гипотеза основана на современной модели происхождения Солнечной системы. Считается, что она возникла около 4,6 млрд лет назад из газовой туманности, сжимавшейся под действием гравитационных сил. Согласно этой версии, астероиды представляют собой остатки «промежуточных тел», из которых формировались планеты. Сложиться в еще одну планету, по всей видимости, им помешала гигантская масса Юпитера.

В настоящее время измерены средние диаметры большинства малых планет. Размеры астероидов оцениваются только приблизительно – по их видимой звездной величине, и лежат в основном в диапазоне 15-75 км. Предполагается, что существуют малые планеты с диаметром 1-5 км. Только 14 астероидов в поперечнике превышают 250 км; наиболее крупные среди них – Церера (около 1000 км), Паллада (610 км), Веста (540 км), Гигея (450 км) и Юнона (214 км). В настоящее время к астероидам относят только тела с поперечником, превышающим 1 км, более мелкие причисляют к метеороидам.

Средние расстояния между астероидами и Солнцем колеблются в пределах 2,2-3,6 а.е., а период обращения – в пределах 3-7 лет (это справедливо для 97% малых планет). Орбиты некоторых из них выходят далеко за пределы пояса астероидов.

На наибольшем расстоянии от Солнца движется астероид Гидальго, период обращения которого достигает 13,9 лет, на наименьшем – астероид Икар, проходящий свой путь всего за 1,12 г. На максимальное расстояние от Солнца Гидальго удаляется за орбиту Сатурна. Минимальное расстояние, на кото-

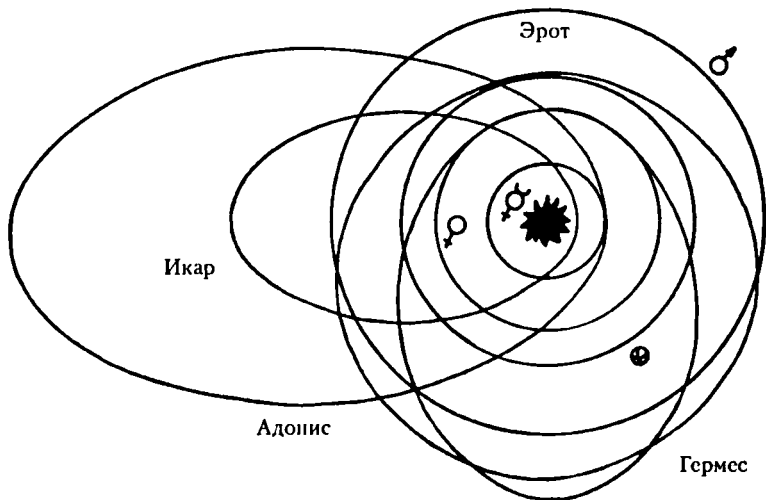


Рис. 7. Орбиты наиболее интересных астероидов

рое подходит к Солнцу Икар, меньше, чем расстояние от Солнца до Меркурия. К Земле Икар приближается на весьма малое по астрономическим меркам расстояние – 6,5 млн км. Однако ближе всех прошел мимо Земли астероид Гермес: в 1937 г. астрономы зафиксировали его на расстоянии 0,8 млн км от нашей планеты. Самым ярким из астероидов, близко подходящих к Земле, является Эрот, данные наблюдений которого в периоды его наибольшего сближения с Землей позволяют определять среднее расстояние от Земли до Солнца.

В октябре 1977 г. была обнаружена малая планета, не принадлежащая к поясу астероидов. Орбита этого планетоида, названного Хироном, располагается в основном между орбитами Сатурна и Урана.

Среди астероидов можно выделить две интересные группы. Орбиты малых планет, входящих как в ту, так и в другую группу, близки к орбите Юпитера, и движутся астероиды обеих групп на одинаковом от него угловом расстоянии 60 градусов, однако, одна группа опережает его, другая же отстает. Все эти астероиды носят имена героев Троянской войны. Предшествуют Юпитеру 10 «греков»: Агамемнон, Антилох, Ахиллес, Аякс, Диомед, Менелай, Нестор, Одиссей, Патрокл и Теламон; следуют за планетой-гигантом 5 «троянцев»: Анхиз, Гектор, Приам, Троил и Эней. В обе группы входят и астероиды значительно меньших размеров, так что общее число «греков» и «троянцев» превышает 35.

Подробнее по отдельным вопросам см.: *Астрономия, История астрономии, Планеты.*

Астронимика

Астронимика (от греч. «астер» – «звезда», «онимос» – «имя»), иначе космонимика (от греч. «космос» – «мировой порядок», «онимос» – «имя») – наука о научных и исторических названиях космических объектов. Возникла она в глубоком прошлом, на заре человечества.

Эта отрасль знания, не оформившись в качестве науки, тем не менее, широко применялась первобытным человеком при подборе названий для светил и созвездий ночного неба. Потребность в этом выросла, прежде всего, из необходимости обозначать словесно все явления и вещи окружающего мира. Поэтому зарождение практической астронимики можно отнести к моменту становления в человеческом обществе языка. Древ-

ние люди активно давали имена всему, что имело значение для их жизни. Небо, одушевленное в представлении первобытного человека, было могучей стихией, которая насылала на землю дожди, засухи, морозы, ураганы и т.д. Оно то благоволило человеку, то наказывало его. Человек населил небо богами, создал легенды об их «жизни». Его интерес вызывали все небесные объекты, и в первую очередь сильные источники света – Солнце и Луна. Эти тела особо почитались древними людьми, поскольку человек, будучи дневным существом, зависел от света. Скорее всего, первыми получили конкретные названия Солнце и Луна. Одновременно их небесная свита была разделена на отдельные светила. Потом настало время открытия созвездий. Охотники-загонщики, скотоводы замечали закономерности в движении Луны через созвездия. Так был составлен первый календарь, к которому начали привязывать сроки охоты – на сезонномигрирующих диких животных и сроки выпаса скота. Именно пастухи, согласно данным современной астрономии, давали названия созвездиям. Когда произошло разделение светил на созвездия, на фоне устойчивых звезд стало особенно заметно неустойчивое, блуждающее движение других небесных тел. Их так и окрестили – блуждающими, или по-гречески «планетами». Созвездия связывались со сменой времен года и ритмами в живой природе. Изучением же значения планет первобытный человек не занимался. Лишь когда земледелие вывело народы древности на уровень цивилизации, появились люди, занятые подобными изысканиями. Это были жрецы. Жрецы Вавилонии изучили движение планет и присвоили им имена богов. Затем эти знания перекочевали через другие восточные страны на запад и попали к грекам. Греки к тому времени уже изучили движения планет и дали им свои имена, учитывающие степень яркости. Халдейская система гораздо больше понравилась грекам, поскольку подходила к их богатой мифологии.

Ко времени Аристотеля произошло переименование планет, те получили имена богов и стали отождествляться с богами. Римляне перевели названия планет на родной язык.

На небе появились привычные современному человеку Меркурий, Венера, Марс, Юпитер, Сатурн. Кометы называли просто кометами, это слово означает в переводе с греческого «волосатая (звезда)».

Индивидуальных названий им не давали, поскольку тогда не знали о периодичности их движения. Точно также метеоры назывались просто метеорами, то есть небесными явлениями, а болиды – болидами (в переводе – метательное копьё), керауниями и бронциями (оба слова означают гром). Однако некоторые метеориты получали личные имена. Само слово «метеорит» переводится как «каменное небесное явление».

Метеориты могли называться фригийским или фракийским камнем, носить имена божеств, духов, матери всех богов и т. д. На этом развитие астрономии в античности завершилось. Наука вновь возродилась в конце Средневековья, когда появились первые телескопы и ученые обнаружили на небе новые объекты.

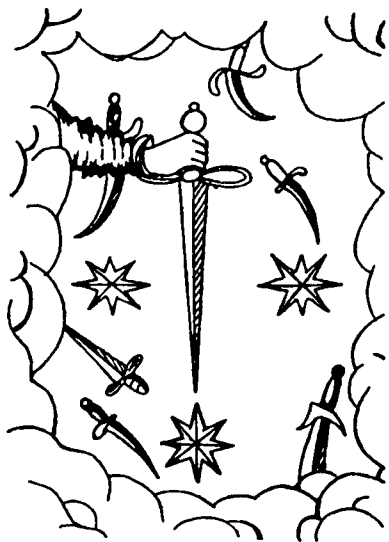


Рис. 8. Старинное изображение кометы

Первым из таких ученых стал великий Г. Галилей, открывший в 1610 г. с помощью построенного им телескопа четыре самых больших спутника планеты Юпитера, ныне называемых галилеевыми. Придворные астрологи высмеяли заявление Галилея об этом открытии, поскольку им с древности было известно лишь семь светил, что якобы предусмотрено мировым порядком (поэтому в неделе семь дней, а в пользовании человека семь металлов). Однако уже тогда профессиональные астрономы поняли правоту Галилея.

В 1614 г. оспаривавший у великого итальянца честь открытия юпитерианских спутников С. Мариус присвоил им имена мифологических персонажей, по смысловому содержанию подобающие названиям лун Юпитера. Поскольку римский бог Юпитер ассоциировался у греков с Зевсом, то один из галилеевых спутников ученый назвал в честь любимого виночерпия Зевса, а остальные три – в честь любовниц Громовержца. Эти названия сохранились до наших дней.

Само слово «спутник» является переводом латинского понятия «сателлит» со сходным значением. Этот удачный перевод выполнил придворный астроном Петра I Яков Брюс в начале XVIII столетия. В 1730 г. Антиох Кантемир употребил по отношению к спутникам Юпитера термин «луна», который с тех пор широко применяется в научно-популярной астрономической литературе, хотя в строгих работах так и не прижился. Собственно слово «сателлит» (лат. – «попутчик, телохранитель») впервые использовал великий немецкий астроном И. Кеплер в 1618 г.

Позже были открыты спутники у Марса и Сатурна, затем вновь у Юпитера. Одновременно открывались новые планеты Солнечной системы со своими собственными спутниками. Все это вызвало расцвет астрономии. По мере изучения Луны от этой науки отпочковалась другая, дочерняя дисциплина – аст-

ротопонимия, занимавшаяся присуждением названий географическим объектам на поверхности других планет. Первоначально астротопонимия была представлена лишь селенонимией, т.е. наукой о названиях деталей лунного рельефа. Однако в дальнейшем удалось увидеть марсианский рельеф и обнаружить т.н. «моря» на поверхности красной планеты. Впоследствии астротопонимия стала развиваться независимо от своей прародительницы.

Возможности для такого развития появились с началом эры космонавтики. Важное событие имело место в 1759 г., когда наблюдения за одной из комет подтвердили периодичность ее движения, предсказанную астрономом Э. Галлеем. Комета получила имя своего «первооткрывателя», хотя была известна людям с древнейших времен. Остальные кометы по-прежнему считались непериодическими. Тем не менее, начала формироваться традиция обозначать комету именем астронома, обнаружившего ее и (или) вычислившего ее орбиту.

В 1801 г. итальянский астроном Дж. Пиацци открыл малую планету между орбитами Марса и Юпитера и предложил назвать ее Церерой в честь сестры бога Юпитера. Такое название было принято научным миром. Вскоре было открыто еще несколько подобных космических объектов. Стало ясно, что они имеют незнакомую природу. Если это и планеты, то не такие, как уже известные.

Странные космические тела получили благодаря астроному В. Гершелю название астероидов, т.е. звездообразных, поскольку при рассмотрении в телескоп малые планеты напоминали скорее звезды: то были светящиеся точки, не обладавшие никаким планетным диском. Так возник астроним для обозначения целого класса объектов Солнечной системы. По мере изучения астероидов то и дело появлялись во множестве новые названия этих тел. К настоящему моменту подробно описано и

названо свыше 2000 астероидов, что составляет 1/75 от предполагаемого их количества (примерно 150 тыс.). Всего ученым достоверно известно вдвое больше астероидов: до 5000. Первоначально для обозначения этих тел использовались по традиции имена персонажей античной мифологии, особенно как-либо связанных с Зевсом-Юпитером или Аресом-Марсом.

В дальнейшем в этих космонимах были увековечены астрономы и физики, а затем решено было давать астероидам названия в честь всех великих деятелей науки и культуры, путешественников и первопроходцев. Были запечатлены названия рек, городов, человеческих эмоций, литературных персонажей. Некоторые космонимы увековечили людей, не имевших отношения к науке, но много значивших в общественной жизни XX столетия. Так, с 1991 г. в Поясе астероидов летают глыбы Леннон (№ 4147), Маккартни (№ 4148), Харрисон (№ 4149) и Старр (№ 4150), получившие имена музыкантов группы «Битлз», изменившей музыкальные вкусы эпохи. Долгое время астрономика ограничивалась разработкой новых астрономов. Этот этап в ее истории был наиболее продолжительным, его сменил второй этап во времена Галилея: возникла потребность создавать традиции и приемы для изобретения новых космонимов.

В XIX столетии астрономика пришла к закономерной необходимости истолковать уже существующие названия, выяснить пути и причины их происхождения, чтобы понять историю космологии, речи и человечества в целом. Одни из ранних работ в этом направлении – астрономические атласы 1820-х гг. Позднее о происхождении астрономов говорил К. Фламарион. Серьезные разработки в этой области начались лишь с середины минувшего столетия. Таким образом, астрономика является одновременно и очень древней, и очень молодой наукой. Лингвистические методы позволили ученым проследить, как под влиянием объективных законов

развития человеческого общества происходило именование небесных объектов. А заодно были установлены возможности и цели дальнейшего применения приемов астрономии при обозначении новых космических тел. Возможности и цели, отвечающие духовным запросам нового тысячелетия.

Подробнее по отдельным вопросам см.: *Астротопонимия, География планет, Исследования космические, История Астрономии, Космонавтика, Космомимика, Планеты, Селенология, Селенонимия, Селенография.*

Астрономия

Астрономия (от греч. «астер» – «звезда», «номос» – «закон») – наука о космических объектах, о законах, управляющих их видимым движением, об облике, структуре и природе этих тел. Также астрономия занимается разработкой способов изучения космических объектов, имеющих свою специфику по причине чрезвычайной удаленности от земного наблюдателя. Это дистанционная наука.

Астрономия собирает и систематизирует информацию о строении Вселенной и различных объектах в ней. Благодаря таким данным ученые получили представление о размерах Солнечной системы, о расстояниях между космическими телами и о законах движения этих тел. Сделанные выводы позволяют четко представить место нашей планеты в космическом пространстве, установить распространяющиеся на Землю законы Вселенной. Точные знания о строении Солнечной системы, добытые астрономией, применяются в навигации космических аппаратов, в календарных вычислениях, установлении точного

времени, географии и картографии и многих других отраслях науки и хозяйства. Теле- и радиовещание, химия, механика, геология, геодезия, самолетостроение, морская навигация, метеорология и другие крайне важные для современного человека сферы практической деятельности пополняются ценными фактами благодаря новым астрономическим открытиям. В основе астрономии лежит принцип наблюдения. Все оборудование астрономов служит, по сути, искусственным продолжением человеческого глаза. Методы науки сводятся к приему и регистрации электромагнитного излучения с последующим определением его волновых характеристик. Астрономия не затрагивает анализ излучения, посредством которого изучаются физические характеристики космических объектов. Эта область принадлежит астрофизике, которая, однако тоже принадлежит к астрономическим дисциплинам. Классическая астрономия занимается видимым и истинным движением тел с применением законов современной механики. Астрономия включает несколько разделов, из них наиболее существенны два: оптическая астрономия и радиоастрономия. Каждый из разделов отличается от другого способами проведения исследований, базирующимися на применении разных типов технических устройств. Эти устройства предназначены для приема электромагнитных волн и их изучения.

Главные приборы астрономических наблюдений – телескопы. Название их происходит от греческих слов со значением «смотрю в даль». Телескопы бывают двух разновидностей, приспособленных к приему разных типов излучений. Оптические телескопы приспособлены к сбору видимого света, отсюда их название (видимым светом называется излучением в оптическом диапазоне волн). В свою очередь, оптические телескопы дали название разделу оптической астрономии, главным инструментом которой они являются.

Радиотелескопы, применяемые в радиоастрономии, необходимы для сбора невидимого человеком радиоизлучения космических объектов. Методы радиоастрономии применяются сегодня преимущественно в астрофизике.

Одновременно астрономия сотрудничает с вычислительной техникой: компьютеры применяются сегодня для настройки телескопов, проведения длительных и кропотливых наблюдений, для фотографирования космических объектов, для суммирования и анализа данных с нескольких телескопов, для обработки нечеткого сигнала, во многих иных целях. Современная наука использует искусственные спутники и космические станции для сбора информации.

Внепланетная астрономия молода, но бурно развивается и наверняка принесет внушительные результаты в будущем. Перспективным представляется применение крупных орбитальных телескопов наподобие «Хаббла». Мощности этих устройств не расходуются на преодоление искажения излучений атмосферой. Кроме того, часть электромагнитных волн вообще не достигает земной поверхности, потому регистрировать полный спектр излучения можно только в космическом пространстве. Центрами проведения астрономических наблюдений на Земле являются помещения, оборудованные специальной аппаратурой, – т.н. обсерватории. Они становятся все более сложными

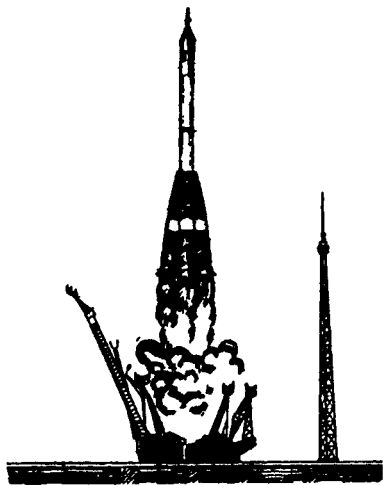


Рис. 9. Старт ракеты с Земли

и просторными, поскольку масса современных оптических телескопов в сочетании с дополнительным оборудованием достигает многих десятков тонн.

Радиотелескопы устанавливаются в открытых обсерваториях, представляющих собой специально отведенные для этой цели площадки. Радиотелескопы обеспечивают высокое разрешение, т.е. могут регистрировать значительно меньшие объекты, а потому являются ценным инструментом исследователей Солнечной системы.

Методы классической астрономии все еще достаточно широко применяются при исследовании космического пространства. С их помощью уточняется движение больших и малых планет в Солнечной системе, ведутся поиски неизвестных тел. Ежегодно происходят открытия неизвестных астероидов, становится возможной классификация астероидов по происхождению, выясняются новые факты о новооткрытых естественных спутниках планет-гигантов. С классической астрономии начиналось становление космической топографии.

Подробнее по отдельным вопросам см.: *Астероиды, Астрофизика, Величины астрономии, Исследования космические, История астрономии, Космонавтика, Солнечная система, Спутники естественные, Телескопы, Топография космическая.*

Астротопонимия

Астротопонимия (от греч. «астер» – «звезда»; «топос» – «место»; «онимос» – «имя») – наука о названиях деталей рельефа поверхностей других планет, иногда не совсем верно назы-

ваемая также географией планет. Эту науку часто называют еще и космопонимия (от греч. «космос» – «мировой порядок», «топос» – «место», «онимос» – «имя»). Она не затрагивает собственных названий планет, астероидов и иных объектов Солнечной системы, присвоение которых относится к сфере астрономии, или космономии.

Астротопонимия возникла из потребности ученых описать сложную поверхность какого-либо космического тела. Первоначально, на заре астрономии такой потребности не возникало, поскольку отсутствовали технические средства, которые позволили бы увидеть другой космический объект достаточно близко, чтобы рассмотреть отдельные элементы его поверхности. С развитием средств оптической и радиоастрономии и, в особенности, космонавтики в распоряжении ученых оказались детальные сведения о рельефе многих планет и некоторых естественных спутников. По мере возрастания объема знаний существовавшие прежде представления о космических телах как о шарах с гладкой поверхностью уступали место более реальным образам планет со сложным, неровным и иссеченным рельефом, в чем-то подобном земному.

Были открыты кратеры, горы, хребты, цирки, вулканы, разломы, равнины, плоскогорья, ущелья, русла рек и прочие элементы рельефа. Данные перепроверялись, уточнялись, вновь открытые формы рельефа пристально изучались, о них собиралось все больше подробной информации. Постепенно многие объекты стали служить ориентирами в дальнейших изысканиях, применяться в космической геологии для изучения строения и истории конкретной планеты, позволяли делать выводы о силах разрушения, о климате, о ряде других физических характеристик космического тела. Составлялись карты изученных областей поверхности планеты или спутника в целях дальнейшего исследования этого тела.

Потребовалось четкое разделение разнообразных объектов на поверхностях планет. Каждый отдельно описанный, четко определенный элемент рельефа должен был получить свое название.

Дальнейшее описание поверхности с накоплением более подробных сведений было бы невозможным, если бы конкретные детали не стали обозначаться определенным словом. Так естественным путем возникла необходимость в создании астрономических топонимов. В целом причины зарождения такой необходимости близки к тем, что двигали имитаторством земных географов: расширение ойкумены, т.е. среды обитания человека. Космическое пространство является потенциальной территорией для освоения человечеством. Космонавтика максимально приблизила космос к людям и завалила сведениями о ресурсах, условиях, возможности заселения и промышленного освоения того или иного мира.

Прежде мало значимые в практическом смысле факты – сведения о деталях рельефа других миров – ныне становятся особенно важны для направленного поиска ответов на конкретные вопросы. Однако развитие астротопонимии двигалось хотя и схоже, но все-таки в несколько иных условиях, чем развитие земной географической топонимики.

Космические топонимы создавались учеными, можно сказать, для внутреннего использования и большинству людей почти неизвестны. Они, как правило, стандартны, носят отпечаток принадлежности к единой системе или следования традиции. Они отражают особенности научного мышления, закономерности поиска и открытия нового в астрономии, а также запечатлели в себе отношение обывателей к этой области знания в ту или иную эпоху. Все астронимы возникли в последние 360 лет благодаря лишь одной дисциплине – астрономии, и ее части – планетной топографии, тогда как обычные земные топонимы

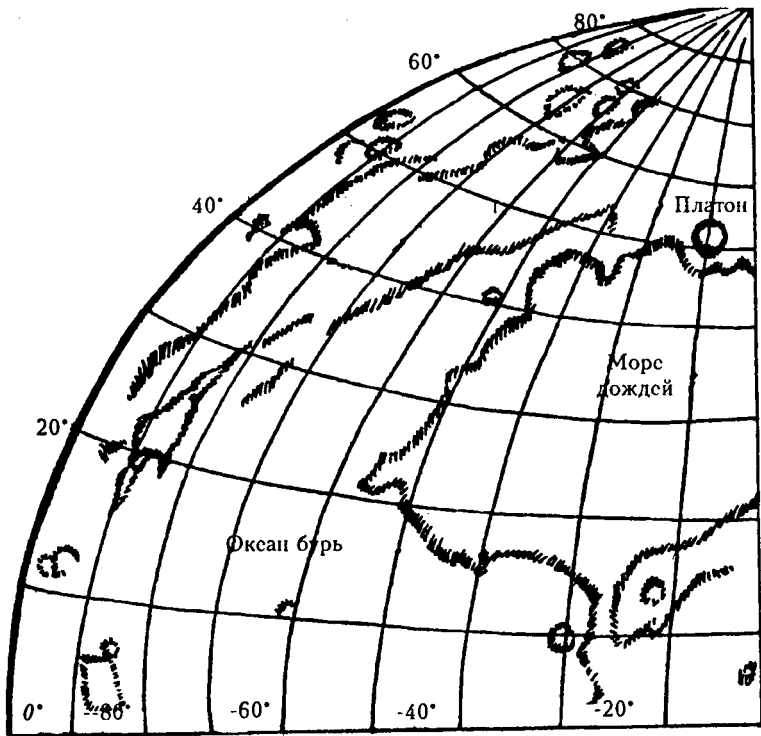


Рис. 10. Карта участка Луны

творились тысячелетиями при помощи разных наук, а зачастую вообще без них. В этих условиях планетного имятворчества кроется причина его своеобразия.

Самыми первыми астрономами были селенонимы – названия деталей лунной поверхности. В последнее время степень изученности Луны достигла такого уровня, что внутри астро-

топонимии стали выделять селенонимию и селенографию. Основы этих дисциплин были заложены Г. Галилеем, когда он выполнял первые в истории зарисовки лунной поверхности.

Но становление науки, а точнее сразу нескольких наук, произошло благодаря стараниям бельгийского астронома Ван Лангрена, который в 1645 г. впервые разработал названия для отдельных форм лунного рельефа. Число этих названий достигало 300. Из них к настоящему времени сохранились лишь 3, присвоенные кратерам, а остальные были отвергнуты как ненаучные. Сегодня на Луне точно обозначено 1300 объектов – кратеров, морей, цирков, гор и т.д. Еще порядка 10 000 объектов обозначены условно.

Космонимы даются в основном в честь выдающихся ученых, астрономов и физиков, а также мыслителей и ярких личностей, двигавших научную мысль. Свыше 600 великих умов увековечено на карте внешней стороны Луны. Нередки названия в честь выдающихся деятелей культуры и просто ярких личностей из мира искусства. Например, на Луне имеется кратер Жюль Верн.

Много новых объектов астротопонимии дала ученым космическая фотосъемка обратной стороны Луны и отдельных участков рельефа других планет и спутников Солнечной системы. Межпланетные станции принесли на Землю исчерпывающие географические сведения о поверхности ряда участков Марса, на которой удалось выявить единичные элементы или мелкомасштабные системы.

Удалось окрестить отдельные горы, вулканы, каньоны. К настоящему моменту составлены обстоятельные карты Марса, Меркурия и Венеры.

На карте Меркурия присутствуют крупные детали рельефа, типа котловин и поднятий. Относительно неплохо изучена поверхность планеты Венера, хотя карта ее, как и меркурианская,

по-прежнему сильно генерализована. Изучение поверхности второй планеты Солнечной системы проводилось с помощью радиолокации, поскольку облачность венерианской атмосферы препятствует визуальным наблюдениям. Много о географии планет сообщили посадочные модули космических аппаратов.

Так, Марс обследовали советские «Марсы» и американские «Маринеры-4, 6, 7, 9» и «Викинги». Топография красной планеты позволила оформиться обособленному направлению в космической геологии – ареологии. Фактически уже с наблюдений в телескоп началась марсианская астротопонимия. Астрономами были обнаружены моря и поднятия, включая возвышенность Никс Олимпики (Снега Олимпа). Но стройная система космонимов появилась лишь после полетов АМС. Крупным марсианским объектам по традиции присвоены мифологические названия, также как и на Меркурии, тщательно обследованном «Маринером-10».

На первой планете Солнечной системы обширные пониженные поверхности названы пустынями (Атланты, Персефоны, Юпитера, Майи и т.д.). Кратеры Меркурия называются в честь деятелей искусства: Баха, Мольера, Пушкина, Толстого. На Венеру совершали посадку модули аппаратов серии «Венера» (номера 4–12) и «Пионеры». Венерианские крупные объекты решено было называть единственно женскими именами, за исключением нескольких поднятий – Гаусс, Герц, Максвелл и т.п. Наиболее крупные объекты, типа обширных низин и поднятий, были названы в честь мифологических и даже сказочных персонажей – Афродиты, Иштар, Снегурочки и прочих. В названиях меньших объектов этих планет увековечиваются деятели науки и культуры.

«Вояджеры-1, 2» добыли фотографии деталей рельефа спутников планет-гигантов, что способствовало развитию топографии этих малых объектов. Результаты работы топографов пока

незаметны, поскольку поверхности далеких спутников изучены недостаточно, и астрономов в этой области не создано. Кроме Луны, названиями отдельных элементов поверхности (кратеров) могут похвастать лишь естественные спутники Марса Фобос и Деймос.

На марсианских лунах запечатлены имена астрономов и их родственников. Для галилеевых спутников Юпитера предложена следующая система наименования топографических элементов рельефа. Все астрономы для Европы и Ио почерпнуты из мифологий разных народов мира и всегда связаны с каким-либо героем или божеством.

Вулканы Ио предлагается назвать в честь огненных богов и подобных им легендарных персонажей. Среди космонимов числятся вулканы Прометей (титан, похитивший огонь у олимпийцев), Пеле (гавайская богиня вулканов), Мауи (новозеландский бог огненных земель).

Карта поверхности Европы покроется именами героев греческих мифов, причем все эти персонажи будут как-либо связаны с мифом о похищении царицы Зевсом. Например, предлагаются имена родственников царицы Европы – Миноса, Адониса, Кадма и Агенора. На Ганимеде все крупные области будут названы в честь великих астрономов.

Поскольку планеты-гиганты не имеют твердой коры, то и географии этих планет никогда не возникнет. Что касается Плутона и Харона, его спутника, то к настоящему моменту с космического телескопа «Хаббл» удалось получить фотографии обоих тел, но снимки не позволяют судить о неровностях планеты и спутника, хотя таковые, судя по всему, существуют. Астрономы с девятой планеты появятся лишь в будущем.

Названия для деталей поверхности космических тел в прошлом давались их первооткрывателями, ныне этим занимается Международный астрономический союз (МАС), пе-

риодически созываемые комиссии внутри которого обсуждают возможность присвоения нового астронима или сохранения прежнего.

Подробнее по отдельным вопросам см.: *Ареология, Астронимика, Исследования космические, История Астрономии, Космохимика, Планеты, Селенология, Селенимия, Селенография.*

Астрофизика

Астрофизика (от греч. «астер» – «звезда», «фюзис» – «природа») – физика объектов Вселенной. Раздел астрономии, изучающий физическую природу разнообразных космических тел, а также их возникновение и эволюцию.

Наука основана на т.н. астрофизических наблюдениях – пассивном, не экспериментальном исследовании сложных процессов в мировом пространстве посредством отслеживания и анализа электромагнитного излучения (электромагнитных волн) от объекта наблюдений.

Космос служит астрофизику огромной лабораторией, в которой протекают разнообразные реакции, имеют место неизвестные на Земле физические явления.

Изучая их, глубоко проникая в тайны космического пространства, астрофизики открывают новые законы физики, получают новые возможности преобразования земной природы, постигают законы развития материи. Астрофизика Солнечной системы занимается раскрытием секретов природы ближайших к Земле тел, имеющих непосредственное влияние на нашу планету и жизнь на ней.

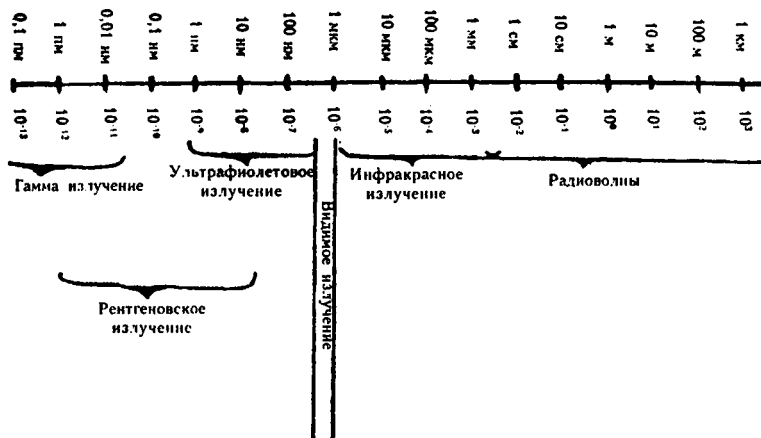


Рис. 11. Шкала электромагнитных волн

Методами астрофизики выясняются недоступные для других способов наблюдения сведения о планетах, спутниках, Солнце, других объектах нашей системы: температура, масса, плотность вещества, химический состав. Эта информация черпается из данных, полученных при физическом анализе электромагнитных излучений космических тел, включая видимый свет и невидимые лучи. Таким образом, астрофизика также разрабатывает методы и приемы сбора и дешифровки волновой информации о процессах в естественной лаборатории Вселенной.

Основной метод астрофизики – спектральный анализ. Он основан на разложении потока приходящей на Землю лучистой энергии (радиации) на спектр. Весь «набор» волн сообщает ценные сведения о физических условиях среды, в которой происходило зарождение излучения или через которую проходил поток. Спектр существенно меняется при поглощении или рас-

сеивании радиации. Зная законы рассеивания, поглощения и т.д., можно мысленно восстановить условия на теле, с которого пришел лучистый поток. Расшифровка спектров приносит информацию о химическом строении среды, ее магнитном поле, температуре, плотности, состоянии атомов и молекул, включая скорость их движения. Невидимые волны приносят особенно много открытий, поскольку помогают наблюдать никак больше не проявляющие себя грандиозные процессы. Многоволновая астрофизика обычно называется радиоастрономией, поскольку наблюдения такого

рода ведутся главным образом при помощи радиотелескопов.

Радиоизлучение позволило проникнуть под облачный покров Венеры, измерить температуру ее поверхности и поверхностей многих других тел Солнечной системы. Радиоастрономия и радиолокация позволили измерить скорости вращения многих планет и спутников, физико-химические свойства и рельеф поверхности этих тел. Все межпланетные станции и спускаемые модули оснащены астрофизическим оборудованием для проведения разных измерений. В союзе с космонавтикой астрофизика создала новые приемы изучения космических тел. Анемометры и фотометры посадочных модулей сообщили о метеоусловиях в нижних слоях атмосфер Венеры и Марса.

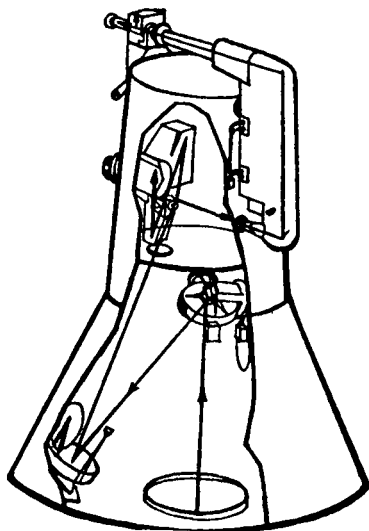


Рис. 12. Схема солнечного телескопа

Путем радиопросвечивания воздушной оболочки планет удалось составить шкалу температур и давлений атмосфер планет на разных высотах. Просвечивание принесло много другой новой информации и получило признание в научном мире. Одним из молодых и перспективных направлений современной астрофизики несомненно является нейтринная астрономия. Благодаря изучению исходящего от Солнца потока нейтрино удалось узнать о процессах, протекающих глубоко в недрах звезды. Сегодня нейтринная астрономия представляет собой единственную науку, дающую богатый фактический материал для теоретических построений в области физики строения и активности недр Солнца. О поверхности дневного светила позволяют судить рентгеновское и ультрафиолетовое излучения. Специальные космические телескопы (солнечные), устанавливаемые на спутниках или орбитальных станциях, получают уникальные изображения нашей звезды в рентгеновских лучах. Кроме того, астрофизика позволяет добывать множество сведений о процессах в далеком космосе, во всей исследованной части Метагалактики. Подобные материалы необходимы для получения точного представления о месте Солнечной системы во Вселенной.

Подробнее по отдельным вопросам см.: *Астрономия, Величины астрономии, Космонавтика, Исследования космические, История астрономии, Космонавтика, Солнечная система, Солнце, Спутники естественные, Телескопы.*

Б

Биология космическая

Космическая биология – область биологии, изучающая живую материю в космическом пространстве. Подразделяется на несколько подчиненных дисциплин, каждая из которых выполняет строго определенные задачи: космическую физиологию, космическую экобиологию, космическую медицину, экзобиологию.

Эта наука занимается, главным образом, изучением жизнедеятельности организма в условиях космического пространства с целью разработки оптимальных систем жизнеобеспечения экипажей космических кораблей.

Без развития космической биологии была бы невозможна работа людей на кораблях, челноках, орбитальных станциях и в открытом космосе; был бы невозможен полет человека к Луне. В зависимости от успехов космической биологии будет развиваться планомерное заселение Солнечной системы человечеством. Новые открытия будут возможны лишь при непосредственном участии человека в научном поиске, поэтому дальнейшее развитие астрономии и астрофизики Солнечной системы, а также дальнего космоса обусловлено успехами космической биологии.

Одновременно пребывание разумного существа в космосе поможет составить иное философское представление о структуре пространства, материи и времени в целом. Человек, как известно, есть мера всех вещей, и глубокое познание Вселенной как среды нашего обитания может послужить в будущем причиной настоящего переворота в общественном сознании.

Эта наука активно взаимодействует с другими отраслями знания, в первую очередь с науками о Вселенной. Астрономия, астрофизика и физика являются наиболее важными вспомогательными науками для космической биологии. Дело в том, что космос представляет собой среду, совершенно непохожую на земной мир. Этот мир оторван от земной биосферы и имеет с ней мало общего. Во-первых, в мировом пространстве человек встретится с невесомостью или слишком малой гравитацией планет земной группы и всех спутников (высадка человека на планеты-гиганты заведомо невозможна).

Кроме того, тепловой режим в космосе и на космических объектах отличается большой амплитудой колебаний. Очень низка плотность газа в межпланетном пространстве (которое принято называть безвоздушным) и в атмосферах большинства спутников и планет, за исключением Венеры. В этом разряженном космическом газе почти полностью отсутствует молекулярный кислород, необходимый для дыхания любых животных организмов. Атмосферы некоторых планет и спутников, насколько это известно, содержат в большом количестве ядовитые вещества, активно вступающие в реакцию с белками. Следует также принять в расчет космическое излучение, обладающее большой энергией и высокой проникающей способностью. Воздействуя на живую материю, оно приводит к развитию лучевой болезни. Очевидно, что незащищенный человек погибнет в открытом космическом пространстве. Обеспечение жизненных потребностей космонавта и его безопасности воз-

можно при создании особой одежды и, самое главное, специальных модулей на летательных аппаратах. Но вынос таких модулей на орбиту, их транспортировка к другой планете, сама работа летательного аппарата связаны с динамической невесомостью, шумами, вибрациями, ускорением и иными перегрузками. Воздействия на организм в полете сложны и разнообразны. Их необходимо учитывать, чтобы предотвратить пороговые для космонавта значения. Космическая биология изучает на лабораторных животных и на людях последствия влияния на организм экстремальных факторов, возможных в космических полетах, изучает сопротивляемость организма этим факторам, приспособляемость к ним, разрабатывает способы защиты космонавтов и обеспечения их нормальной жизнедеятельности. Начало космической биологии приходится на 1935 г., когда в СССР были проведены запуски подопытных животных на воздушных шарах в верхние слои атмосферы. С 1949 г. для биологических экспериментов были приспособлены геофизические ракеты, которые поднимали животных на высоту от 100 до 450 км. При этом удавалось достигнуть в суборбитальном полете кратковременной (4–8 мин.) динамической невесомости. опыты дали достаточное количество сведений о реакции организма на экстремальные условия, о возможностях адаптации и т.д. В качестве подопытных животных применялись главным образом крысы, мыши, кролики и собаки. Следующим шагом в развитии космической биологии стало освоение техники орбитальных полетов. Первым таким полетом, связанным с биологическим экспериментом, стал запуск на орбиту 3 ноября 1957 г. собаки Лайки. Постепенно биоисследования на искусственных спутниках Земли оформились в особое направление, которое стало наиболее приоритетным и потеснило прежние опыты. Измерительные приборы (датчики) регистрировали состояние животного в полете и сразу передавали информацию на Зем-

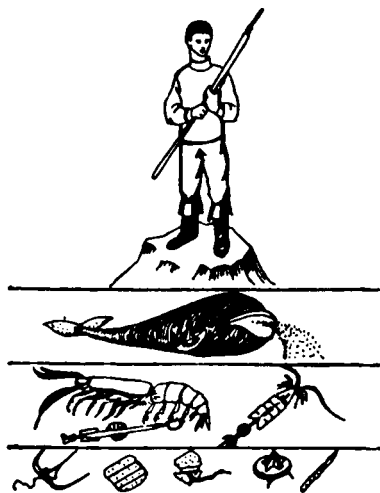


Рис. 13. Условный вид экосистемы на Земле

лю. Разработка подобного медицинского оборудования оформилась в создание нового направления внутри космической биологии, называемого биотелеметрией. Все биологические исследования проводились в соответствии с программами, предусматривавшими планомерное изучение реакции организма на космические условия и постепенное усложнение задач и технологий. Впоследствии опыты на животных и растениях стали ставиться на специализированных искусственных спутниках, оснащенных биологической мини-лабораторией.

В нашей стране одним из лучших спутников этого рода был «Космос». Ценные данные были получены американцами в результате опытов в лаборатории сателлита «Биос».

Совместные биокосмические исследования впервые проводились на спутнике «Космос-782», в них приняли участие ученые СССР, США, Болгарии, Венгрии, Польши, Румынии, Чехословакии и Франции. Международная программа «Интеркосмос» включала в себя широкий спектр разнообразных биологических исследований. Эксперименты с животными проводились, кроме того, на автоматических аппаратах, таких как «Зонд» и прочие. Сейчас развернутые изыскания проводятся на борту орбитальных станций. Их конструкция позволяет проводить долгосрочные наблюдения и опыты над живыми

существами, изучать характер протекания физиологических процессов, составлять графики биоритмов на основании суточных колебаний активности жизнедеятельности человека. Очень важные работы были проведены на станциях «Салют», «Мир», «Скайлэб».

Экобиология в рамках космической биологии является сейчас одной из наиболее важных наук и рассматривает способы создания искусственной среды обитания человека на борту космического аппарата. Поскольку будущее космонавтики тесно связано с созданием орбитальных станций для длительного пребывания человека и космических домов на поверхности Луны и планет, то необходим переход на систему жизнеобеспечения, действующую по принципу замкнутого круга. Жилой модуль должен быть оснащен биологически возобновляемыми источниками кислорода, пищи, воды, а также системой биоочистки. Разумным представляется использование на станциях живых организмов – растений, животных, микроорганизмов – для производства продуктов питания и прочих полезных веществ. Космические поселения будущего должны как можно меньше зависеть от Земли, иначе их создание окажется экономически нецелесообразным.

Экобиология изучает общую экологию живых существ, действие на них окружающей среды, популяционную экологию растений и животных, возможности искусственного комбинирования пищевых цепей из отдельных звеньев (видов), физиологию человеческих потребностей.

В герметических камерах на Земле учеными воспроизводились некоторые условия космического полета для изучения развития и размножения живых существ в этих условиях. Объектами экспериментов становились низшие (водоросль хлорелла) и высшие растения (редис, пшеница), а также животные (домашние птицы, съедобные моллюски). Создание искусст-

венной экосистемы потребует сложных расчетов для получения математической модели оптимальной пирамиды чисел. Пирамидой чисел (единиц массы вещества или энергии) называется нормально функционирующая пищевая цепочка, в которой масса каждого последующего звена уменьшается. По этой причине каждый человек на Земле находится на вершине массивного «сооружения» из живой материи, которое кормит его. Требуется воспроизвести такое же сооружение искусственным путем на космическом аппарате.

Космическая медицина, включающая в себя космическую радиобиологию, занимается частными медицинскими вопросами, которые возникают при подготовке космонавта к полету и при обеспечении жизнедеятельности космонавта в космосе. Экзобиология осуществляет поиск внеземных форм жизни и изучает возможность существования живой материи на других планетах вообще. Эти отрасли знания рассмотрены ниже в соответствующих статьях.

Подробнее по отдельным вопросам см.: *Астрономия, Астрофизика, Излучение космическое в биологии, Исследования космические, Космонавтика, Медицина космическая, Солнечная система, Спутники естественные, Экзобиология.*

Большой взрыв

На сегодняшний день существует около десятка космологических гипотез, которые показывают разные возможные пути эволюции Вселенной. Наиболее обоснованной, убедительной и популярной в научной среде является гипотеза Большого взрыва (Биг Бэнга). Согласно этой гипотезе мироздание возникло во

время чудовищного взрыва с особыми свойствами, как бы выплеснувшего материю, послужившую первоосновой для появления космического вещества. Из последнего, по прошествии миллиардов лет, сформировались галактики, звезды, планеты, межзвездное диффузное вещество.

Рождение Вселенной не означает рождения собственно материи и мира. Материя существовала и до Большого взрыва, только в особом состоянии, которое в физике принято называть сингулярным. Это означает, что все вещество, энергия, пространство-время и прочие формы материи были слиты воедино, точно спрессованы вместе в т.н. квантовую пену, и не могли явно проявлять своих качеств.

Под квантовой пеной понимается совокупность квантов, своеобразных частиц, ничего общего не имеющих с элементарными — протонами, электронами и прочими. Кванты — это «лже-частицы», которые нельзя воспринимать как структурные элементы вещества. Это просто то, на что распалась материя в сингулярности.

Пространство и время также распались на «лже-частицы», т.е. их направленные измерения полностью перестали существовать, количественные характеристики потеряли смысл: не существовали понятия протяженности, последовательности, временного интервала. Можно сказать, что сингулярность вбирала в себя все формы материи, но ни одну из них нельзя было различить.

Реально существовала только сверхвысокая плотность этого необычного состояния. Она достигала т.н. планковской величины, иными словами значения, которое получается из уравнений с применением постоянной Планка. Отсюда следует невозможность ученых исследовать сингулярность методами общей теории относительности. Первичное состояние Вселенной лежит сегодня за пределом человеческого знания. Планковс-

кая плотность равняется $0,000\ 000\ 5$ гугола г/см³ (1 гугол является 10 в 100 степени). Однако это огромное число свидетельствует о сильнейшем сжатии материи. Расстояние между двумя крайними точками Вселенной сократилось вследствие такого сжатия до ничтожно малой дистанции в 16 десятисекстиллионных фемтометра (1 фм равен одной триллионной доле см). Понятно, что слово «расстояние» не подходит для определения этой планковской длины.

Величайшее сжатие с предельным сокращением длины позволяет делать вывод о точечном размере Вселенной, хотя эта точка остается бесконечностью, поскольку вмещает все пространство. Еще ученые говорят, что Вселенная родилась из частицы. Это тоже верно: понятие частицы аналогично понятию точки, но и опять-таки условно. Настоящей частицей Вселенная никогда не была, и пространства вне этой частицы не существовало.

Каким был мир, и как выглядела материя до сингулярности, неизвестно. Говорить о времени «до» вообще не имеет смысла, т.к. временное измерение в сингулярном состоянии распадается, и отдельные его отрезки обретают, видимо, вероятностный характер протекания. Однако очевидно, что эволюционно стадии сингулярности предшествовало другое состояние материи. Материя вечна и непрерывна, она не исчезает. Можно даже почти наверняка утверждать, что до сингулярности существовал другой мир.

Однако это не была наша Вселенная. Свойства и обуславливающие их законы нашей Вселенной родились «после» выхода материи из сингулярности в результате Большого взрыва. Тогда-то и начала формироваться особая среда, развитие которой привело к возникновению астрономического мироздания, астрономической Вселенной — т.е. доступного непосредственному нашему изучению космоса. Прежнее бытие мира было

докосмическим, невселенским. Поэтому ученые предпочитают говорить о рождении Вселенной. Биг Бэнг произошел около 13—20 млрд (по другим данным 20—30 млрд) лет тому назад. Эпоха Большого взрыва соответствует началу временного отсчета и первой отметке на хронологической шкале — планковскому времени: одна десятиоктиллионная фемтосекунды (1 фс равна одной квадриллионной доле секунды), т.е. число нулей после запятой перед единичкой равно 42. Высвобождению материи из частицы-точки сопровождалось выделением колоссальной энергии, стремительным увеличением расстояний между точками пространства и резким снижением плотности.

Этот взрыв начался в каждой точке пространства одновременно (поскольку оно было сильно уплотненным, то такое возможно).

Бесконечное мироздание начало разворачиваться наружу из себя, расширяясь в каждой своей точке. В первые доли секунды в выплеснувшейся материи возникло колоссальное натяжение из-за сложных внутренних процессов. Вещества еще не существовало, был лишь горячий псевдовакуум величайшей плотности. Это вакуумообразное состояние не смогло самоподдерживаться более, поэтому принялось стремительно расширяться за счет энергии внутреннего натяжения.

Взрыв продолжился расширением мирового пространства. В последующие доли секунды оно увеличилось со “сверхсветовой” скоростью около 10^8 в $400\,000\,000$ степени км/с. Естественно, столь огромная скорость разбегания материи физически невозможна. Но расстояния, на которые удалились друг от друга точки Вселенной, были настолько велики, что относительность скоростей этих точек потеряла физический смысл. Если же, вопреки науке, сравнить движущиеся столь далеко друг от друга точки пространства, то получится указанное, противоестественное с точки зрения теории Эйнштейна, число.

Так Большой взрыв положил начало расширению (инфляции) Вселенной, которое наблюдается сегодня астрономами в форме разбегания галактик. По мере этого расширения материя непрерывно эволюционировала: не успела еще закончиться первая секунда существования мира, а он обрел уже многие фундаментальные свои свойства, позволившие оформиться современному космосу с его специфическими структурами.

Подробнее по отдельным вопросам см.: *Астрофизика, Величины астрономии, Галактики, Диффузное вещество, Звезды, Космогония, Планеты, Расширение Вселенной, Солнечная система.*

Бомбардировки космические

Космической бомбардировкой в астрономии называют событие, связанное с выпадением плотного потока метеорных тел. Как правило, они оставляют след в виде плотной группы метеорных кратеров. Следы интенсивных метеоритных бомбардировок сохранили многие планеты Солнечной системы, главным образом те, которые сложены твердыми породами: планеты земной группы, подавляющее большинство планетарных спутников и, вероятно, Плутон.

Сравнительно недавно – в конце XX столетия – астрономы всего мира наблюдали прохождение в опасной близости от Юпитера кометы Шумейкер-Леви.

Вопреки ожиданию, как большинства неспециалистов, так и некоторых ученых, комета не упала на Юпитер и не была захвачена им, однако, сила его притяжения буквально разорвала ее ядро. Большой части кометного вещества удалось осво-

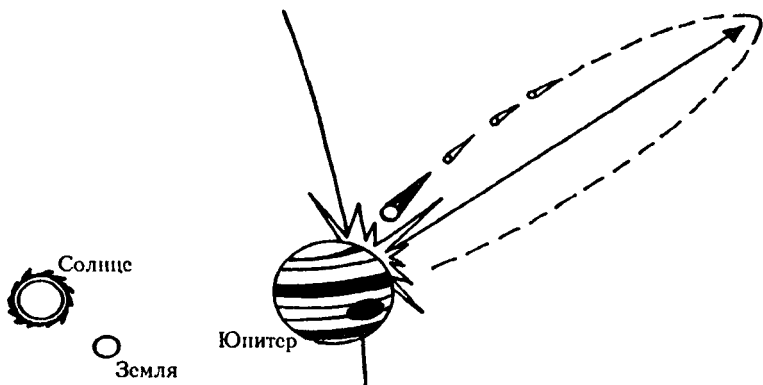


Рис. 14. Бомбардировка Юпитера кометой Шумейкер-Леви

бодиться из гравитационного плена Юпитера и продолжить путь по своей орбите, хотя последняя и претерпела значительные изменения из-за «коррекции» со стороны планетного гиганта. Отдельные же фрагменты кометного ядра отделились от кометы и вошли в атмосферу Юпитера.

Благодаря хорошей облачной обстановке в атмосфере гиганта астрономам удалось не только наблюдать – разумеется, при помощи установленной на АС аппаратуры – весь процесс вхождения кометных обломков в атмосферу Юпитера, но и получить видеозапись довольно высокого качества. На пленке можно увидеть отчетливые «огненные» следы небольшой протяженности и яркие вспышки. Движущаяся по измененной орбите, комета Шумейкер-Леви пересекла орбиту Земли всего через 6 часов после того, как наша планета миновала эту точку. Комету удалось хорошо рассмотреть в телескоп. Ее ядро разделилось на несколько частей. Нет уверенности в том, что эту комету когда-либо еще удастся наблюдать с Земли; воз-

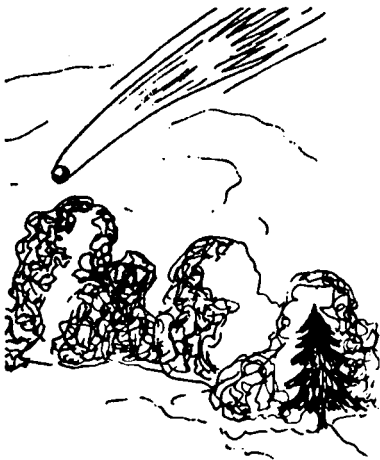


Рис. 15. Космические катастрофы

можно, что встреча с нею предстоит нам только в виде метеоритных дождей, как это уже случилось с кометой Биэлы.

Самой крупной космической бомбардировкой поверхности Земли принято считать падение тунгусского метеорита. Под названием тунгусского космического тела, или тунгусского метеорита, известен объект упавший 30 июня 1908 г. в районе сибирской реки Тунгуски. Метеорит примечателен в первую очередь тем, что он не оставил после своего катастрофического

приземления никакой воронки или любых других следов от удара о землю.

Однако ученым удалось найти в слое торфа, образовавшегося в то же самое время, особые металлические шарики. По своему составу они являются застывшими брызгами расплавленного космического вещества.

Примечательно также, что на значительном пространстве возле места, где должно было произойти падение, деревья повалены в строго определенных направлениях. Это явный признак воздействия взрывной волны.

Предположительно, тунгусское космическое тело взорвалось низко в атмосфере над сибирской тайгой. Непосредственная близость катастрофы к земной поверхности послужила причиной столь необычного проявления взрывной волны. В ре-

зультате катастрофы появился лесоповал, хотя не возникло метеоритного кратера. Эта гипотеза считается сегодня единственно верной, хотя и не исключает разработок в других направлениях. Дело в том, что не все ее считают достаточно удовлетворительной.

Некоторых исследователей смущает ряд таких необъяснимых фактов, как скорость метеорита и т.д. Скорость метеорита достигает в среднем не более 10 км/с относительно Земли, поскольку эти объекты движутся в одном направлении с нашей планетой вокруг Солнца. Они не способны опередить Землю во время ее движения по орбите.

Известный астрофизик, академик В.Г. Фесенков показал в своей работе, что скорость тунгусского объекта насчитывала примерно 40 км/с. Из этого следует, что тунгусское космическое тело двигалось навстречу нашей планете. Встречный тип движения, как известно, является характерной чертой комет. Таково было рассуждение академика Фесенкова по этому вопросу.

Проведя основательный химический анализ маленьких металлических шариков, найденных на месте взрыва, ученые установили, что вещество этих образований напоминает вещество кометного ядра.

Не исключено, что в 1908 г. на нашу планету упало ядро небольшой кометы. В атмосфере оно нагрелась до невероятно высокой температуры порядка 7000 °С (при этом соприкасающийся с ядром слой воздуха разогрелся до 100 000 °С!). Перегрев спровоцировал взрыв, образовавший мощную баллистическую волну. Она вызвала лесоповал на обширной территории. Но до земной поверхности никаких остатков кометного ядра не долетело. Теория В.Г. Фесенкова не была доказана, хотя и имеет много сторонников.

Подробнее по отдельным вопросам см.: *Аккреция, Астероиды, Астрономия, Жизнь, Законы движения космических тел, Земля, Кометы, Космогония, Метеориты, Метеороиды, Облако Оорта, Солнечная система.*

В

Вакуум

«Вакуум» в переводе с латыни означает «пустота, отсутствие вещества». Аристотель и прочие мыслители античности отрицали существование пустоты. По современным представлениям вакуум представляет собой материю в наименьшем энергетическом состоянии. В нем присутствуют электромагнитные и гравитационные поля и их квантовые флуктуации, а также электрические, барионные и лептонные заряды. В такой среде полностью отсутствует вещество, поэтому вакуум называют еще пустотой. Однако вакуум не является классической пустотой, существование которой в природе невозможно. В среде с полями и зарядами из флуктуаций полей рождаются элементарные частицы путем виртуального перехода энергии в массу.

Описанное выше минимальное энергетическое состояние материи называется физическим вакуумом, который еще принято называть «идеальным».

Однако реальный вакуум космоса отличается от физического тем, что в нем на всем изученном пространстве Метагалактики присутствует в малых количествах вещество (межзвездный и межгалактический газ) и излучение (потoki частиц). Слово «пустота» к космосу вряд ли приложимо: плот-

ность газа в мировом пространстве достигает 1 атома на см³. Поэтому в астрономии и астрофизике принято считать вакуумом любой разряженный газ с давлением ниже 1 атм.

Подробнее по отдельным вопросам см.: *Астрофизика, Биология космическая, Величины астрономии, Законы движения космических тел, Излучение космическое в астрофизике, Космонавтика, Солнечная система.*

«Вега» (проект)

Проект «Вега» (от сокр. «Венера – комета Галлея») – название советского космического проекта 1984 – 1986 гг., включавшего в себя исследования планеты Венера и кометы Галлея совместно с зарубежными учеными. Проект осуществлялся советскими автоматическими станциями «Вега-1, 2» и заключался в их близком подлете к комете, носящей имя великого астронома Э. Галлея. Для предельно близкого исследования кометы были также выведены в космос западноевропейская автоматическая станция «Джотто» и японская «Суисей». Кроме изучения кометы, предполагалось, что «Веги» исследуют планету Венера. Необычайно сложный проект «Вега» стал принципиально новым этапом в развитии космических исследований с применением ракетной техники. Он был блестяще осуществлен и не только позволил добыть уникальные сведения о малодоступном космическом объекте, не только выполнил большой объем работ разного характера, но и продемонстрировал способность человека воплощать в жизнь самые смелые научные замыслы, а также показал огромную пользу от международного сотрудничества в области космонавтики. Техническое

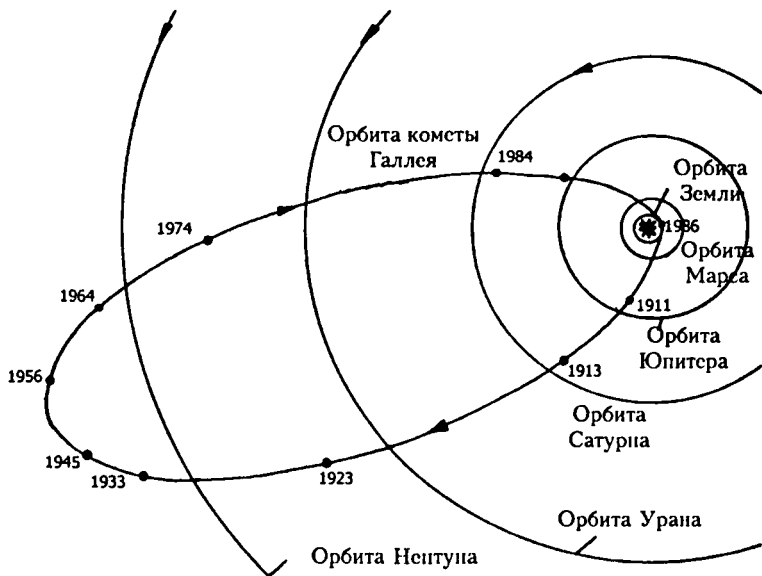


Рис. 16. Орбита кометы Галлея

обеспечение проекта «Вега» предусматривало создание двух автоматических станций (АС) для выполнения трех главных задач: изучение посадочными модулями АС венерианской атмосферы и поверхности планеты; запуск в венерианскую атмосферу метеорологических зондов-аэростатов для изучения динамики воздушных масс; изучение с предельно близкого расстояния кометы Галлея, включая пролет станций сквозь ее плазменную оболочку и кому.

Станции «Веги» были запущены с космодрома Байконур на ракетносителях серии «Протон» в декабре 1984 г. с интервалом в шесть дней («Вега-1» 15 и «Вега-2» 21 декабря). 13 июня

1985 г. оба аппарата уже находились в окрестностях Венеры. Станции должны были использовать гравитационное ускорение планеты для коррекции полета к комете Галлея. Венера своим полем тяжести выправила направление движения АС таким образом, что они без особых затрат энергии взяли курс на комету. За время пролета с гравитационным маневром над планетой АС сбросили спускаемые аппараты – свои посадочные модули и аэростаты, объединенные в один блок. Блоки со станций вошли на II космической скорости в атмосферу планеты.

Во время спуска отсоединились аэростаты, которые остались дрейфовать в атмосфере на высоте 54-55 км. Около 48 ч радиотелескопы Земли наблюдали за перемещением зондов. Посадочные модули приземлились на поверхность планеты и провели разнообразные исследования. Станции тем временем продолжали движение в межпланетном пространстве. Они сошли с орбиты Венеры и начали сближение с кометой Галлея. Согласно расчетам АС должны были пролететь через хвост кометы.

Комета Галлея – короткопериодическая, она принадлежит Солнечной системе. Ее эллиптическая, сильно вытянутая орбита «начинается» в окрестностях земной орбиты, а «заканчивается» за орбитой Нептуна.

Это ледовое тело обращается вокруг Солнца со скоростью 54,5 км/с, совершая один оборот за 76 лет. Каждые 76 лет она приближается к Солнцу и доступна астрономическим наблюдениям. Впервые период этой кометы вычислил Э. Галлей, поэтому комета носит его имя. В 1986 г. комета в очередной раз, тридцатый из всех известных астрономам, появилась в окрестностях Солнца. Следующее ее появление состоится в 2061 г.

Наиболее изученная, одна из самых больших комет, она представляла большой интерес для ученых, поэтому и была выбрана в качестве объекта космических исследований с помощью

аппаратов «Вега». На борту АС располагались разнообразные приборы: оптические – для проведения дистанционных измерений, и физические – для определения характеристик частиц. Последнее давало представление о кометной плазме, ее структуре, плотности и составе, о физико-химических свойствах газопылевой атмосферы вокруг ядра.

Оптические приборы, комплекс которых располагался на подвижной платформе, следовавшей за движением ядра, были представлены телекамерами, инфракрасными и трехканальными спектрометрами. Устройства собирали данные о спектре излучения внутренней комы и температуре ядра. Физический комплекс был частично вмонтирован в основной блок, а кроме того, располагался на выносных штангах и проводил прямые замеры частиц, отделившихся от ядра и составивших хвост. В комплекс входили плазменный спектрометр, плазменный энергоспектрометр, пылеударный масспектрометр, магнитометр, счетчики заряженных частиц и ударов частиц разной массы, анализаторы плазменных волн. 6 марта 1986 г. АС «Вега-1» встретила комету, пройдя через ее хвост на расстоянии 8900 км от ядра. Вторая станция прошла близ ядра на расстоянии 8000 км. Расстояние пролета через комету равнялось 10 000 км. Аппараты с высокой точностью на малом отрезке пути попали в заранее намеченную часть хвоста: ученые опасались более близкого пролета, поскольку точно не знали свойств кометной плазмы и пыли. Наблюдения и эксперименты прошли удачно. Благодаря данным о прохождении АС «Вега» близ кометы Галлея была уточнена траектория полета для станции «Джотто», которая совершила пролет у ядра 14 марта 1986 г. Собранная автоматическими станциями информация была сразу же передана на Землю. Ученые получили очень ценный фактический материал, который позволил уточнить представления о физико-химическом строении комет, о свойствах и взаимодействии

плазм в космосе, о законах излучения газа и образования плазмы в разных космических объектах, о происхождении и эволюции комет и всей Солнечной системы.

Блестящее выполнение проекта «Вега» стало возможным благодаря участию, помимо России других стран. Это Австрия, Болгария, Венгрия, ГДР и ФРГ, Польша, Франция и Чехословакия. Международное сотрудничество затронуло и смежные проекты – «Джотто» и «Суисей», которые успешно реализовались благодаря координации с проектом «Вега».

Подробнее по отдельным вопросам см.: *Астрономия, Астрофизика, Величины астрономии, Венера, Законы движения космических тел, Исследования космические, Кометы, Космонавтика, Эволюция Солнечной системы.*

Величины астрономии

Астрономия, наука о космических объектах, является дистанционной точной наукой, тесно связанной с физикой, математикой и геометрией. Подобно всем точным наукам, она имеет свои собственные величины, используемые при измерениях, составлении формул или для условного обозначения космических явлений и процессов. Кроме того, астрономия широко применяет величины физические и математические.

В астрономии часто встречаются названия фигур, функций, геометрические понятия. Понятийный аппарат, связанный с величинами точных наук, также применяется в астрономии и особенно в ее дочерней дисциплине – астрофизике. Для удобства можно разбить все величины и зависимые от них понятия современной астрономии на группы по происхождению: собственно

астрономические, физические, математические, геометрические, иных наук.

Собственно астрономические величины и понятия

Астрономическая единица, световой год и парсек являются единицами длины, принятыми в астрономии для измерения расстояния между удаленными космическими объектами. Астрономическая единица, обозначаемая как а.е., равняется среднему расстоянию между Землей и Солнцем, примерно 150 млн км. Световой год, обозначаемый как св. г., выражает расстояние, преодолеваемое светом (скорость света $c=300\,000$ км/с) за год. Приблизительно он равен 9,4605 триллиона км.

Парсек, обозначаемый как пк, равен расстоянию, с которого радиус земной орбиты виден под углом в 1 секунду, и составляет 30,857 триллиона км. Парсек, кроме того, равняется 206 265 а.е. или 3,263 св. г. Световой год насчитывает 63 240 а.е. Астрономическая единица, ныне почти не употребляемая, удобна для измерения расстояний в пределах Солнечной системы. Световой год и парсек применяются для измерения расстояний внутри нашей Галактики и между другими галактиками.

Можно привести следующие примеры применения указанных единиц в конкретных ситуациях, связанных с вычислением или выражением космических расстояний.

От Солнца до Земли световое излучение идет 499 с, или около 8,32 мин. Это время, за которое свет преодолевает 1 астрономическую единицу. Среднее расстояние от Земли до

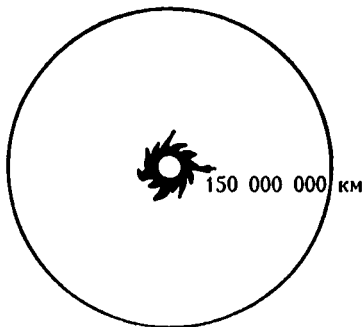


Рис. 17. Астрономическая единица

Луны составляет 0,002 57 а.е. Между Землей и Венерой при максимальном удалении планет друг от друга насчитывается 1,73 а.е., а при минимальном удалении – порядка 0,27 а.е. Наибольшее расстояние от Земли до Плутона, последней планеты Солнечной системы, составляет более 50 а.е. (7510 млн км), т.е. в 50 раз превышает расстояние между нашей планетой и Солнцем. Соответственно, солнечный свет доходит до Плутона за 417 мин., иначе за 6 ч 57 мин.

Солнечная постоянная, яркость и блеск

Солнечной постоянной называется полное количество энергии, получаемое от Солнца площадкой в 1 м^2 на границе земной атмосферы, перпендикулярной к солнечным лучам, за одну минуту, при среднем расстоянии Земли от Солнца. Значение солнечной постоянной равно 8,12 Дж. Такая величина солнечной постоянной была рассчитана по измерениям на поверхности Земли с учетом количества энергии, поглощаемого атмосферой при прохождении через нее солнечных лучей. При исследовании верхних слоев земной атмосферы с помощью высотных ракет выяснилось, что указанное выше среднее значение солнечной постоянной должно быть увеличено примерно на 3% – до величины около 8,37 Дж. В периоды максимума солнечной активности величина солнечной постоянной несколько увеличивается, но лишь на доли процента. В настоящее время ее значение принято считать равным 8,35 Дж.

Абсолютная звездная величина и светимость звезд

Блеск звезд не характеризует их реального излучения, т.к. видимая яркость зависит не только от силы излучения, но и от расстояния от звезды до Земли. Чтобы узнать действительное общее излучение или светимость звезд, необходимо вычислить их звездные величины при условии одинакового расстояния.

За такое стандартное расстояние принято принимать 10 пк. Звездная величина звезды, вычисленная для расстояния 10 пк, называется ее абсолютной звездной величиной.

На расстоянии g пк блеск E звезды характеризуется видимой звездной величиной m , а при расстоянии 10 пк ее блеск E будет определяться абсолютной звездной величиной M . Исходя из этого, абсолютную звездную величину объекта рассчитывают по формуле:

$$M = m + 5 + 5 \lg g.$$

Градусная мера

Размеры видимого диска планет, их спутников и видимое расстояние между светилами принято определять в градусах. Градусом (от лат. «gradus» – «шаг», «ступень») называют основную единицу угловых измерений, равную $1/90$ части прямого угла или, соответственно, $1/360$ части окружности. Последний вариант определения градуса именуется дуговым градусом. Угловым градусом называется центральный угол, как плоский, так и телесный (объемный), опирающийся на дугу в 1 дуговой градус. В тех случаях, когда измерения требуют более мелких величин, градус делят на 60 равных частей, а при необходимости каждую из этих частей также подвергают такому делению. Таким образом, получают угловую минуту и угловую секунду.

В астрономии повсеместно применяются градусные измерения высокой точности – определения фигуры и размеров Земли, параметров фигур и орбит других небесных тел. Для определения радиуса кривизны дуги земного или небесного сфероида расстояния между выбранными пунктами измеряют методом триангуляции в линейной мере (в км), и из астрономических наблюдений находят широту и долготу этих пунктов. Эти показатели, в свою очередь, позволяют вычислить расстояние между пунктами в градусной мере.



Рис. 18. Размеры светил, видимые при увеличении в 100 раз

Физические величины и понятия

Электронвольт – единица энергии, обозначаемая сокращенно как эВ. Энергию в 1 эВ приобретает электрон при движении в электрическом поле с разностью потенциалов 1 вольт. Энергия равна 16 квинтиллионным долям от одного джоуля. Электронвольтами в астрофизике измеряют энергию частиц (волн) космического излучения. Энергия видимого света равна, например, 2–3 эВ.

Энергия ультрафиолета составляет 10–100 эВ, рентгеновского излучения – 0,1–100 кэВ, гамма-фотонов – 0,001–1000 ГэВ.

Атмосфера, или сокращенно атм., является единицей измерения давления – механического напряжения. Она не входит в список единиц СИ, но временно допускается в отдельных областях в качестве сравнительной величины. Например, давление вещества в недрах звезд и планет, а также давление газов в атмосфере (воздушной оболочке) планет на разной высоте нередко выражается через эту единицу. Давление воздуха оценивается также в миллиметрах ртутного столба – мм рт. ст.

В системе СИ принят в качестве единицы механического напряжения паскаль, обозначаемый как Па. Он равняется силе в 1 Н (ньютон), распределенной на площади в 1 м². 1 атмосфе-

ра равна 101 325 Па, или 760 мм рт. ст. Если при нормальных условиях давление воздуха (газа) не превышает 1 атмосферы, такое его состояние считается в физике и технике вакуумом (под нормальными условиями понимается температура 0 °С.) Известны четыре состояния вакуума в нормальных условиях: низкий, средний, высокий и сверхвысокий вакуум. Эти состояния примерно оцениваются давлением газа, или числом молекул газа в объеме 1 см³, или отношением средней длины свободного пробега молекулы l к линейным размерам сосуда d , содержащего этот газ. При давлении в 1 атм. в 1 см³ воздуха содержится до 10 квинтиллионов молекул.

Низкий вакуум характерен для высот свыше 50 метров от земной поверхности: давление ниже 760 мм рт. ст., при этом отношение l/d много меньше 1, а число молекул около 100 квадриллионов 1 на см³. Средний вакуум означает давление от 1 до 0,001 мм рт. ст. Это высоты суборбитальных и орбитальных полетов, более 100 км. Число молекул в пределах квадриллиона на 1 см³, l/d приближенно равно 1.

Высокий вакуум определяется давлением от 0,001 до 0,000 000 1 мм рт. ст., количеством молекул в триллион на 1 см³ и l/d много более 1. Это околоземное и межпланетное пространство.

Сверхвысокий вакуум характерен почти для всей Солнечной системы, межзвездного и особенно межгалактического пространства. Давление газа составляет ниже 0,000 000 1 мм рт. ст., количество молекул на см³ равняется менее 10 млрд, l/d очень велика. В лабораторных условиях ученым удалось получить сверхвысокий вакуум с давлением в 1 квадриллионную мм рт. ст. с числом молекул в несколько десятков. Наибольшая разреженность газа, известная науке (в дальнем космосе), равняется 1 молекуле на 1 см³. Идеальным физическим вакуумом считается возможная среда с элек-

ромагнитными полями и без какого-либо вещества. Такие понятия астрофизики и астрономии, как солнечный ветер и некоторые другие, связанные с собственными величинами, описаны в соответствующих разделах.

Математические величины и понятия

Из математики астрономия активно использует понятия бесконечности, неопределенности и т.п., которые необходимы для построения картины мира. Но в отношении Солнечной системы они не используются. Наиболее широкое применение получили здесь числовые великаны, т.н. «астрономические числа». Масса планет и спутников, температура на Солнце, давление в недрах планет-гигантов: эти и многие другие характеристики выражаются через большие степени. Ниже приводится перечень некоторых, наиболее употребительных исполинских чисел.

Миллион выражается через 1 с 6 нулями или 10^6 в степени 6. Миллиард равняется 1000 миллионов, выражается через 10^9 в степени 9. Триллон выражается через 10^{12} в степени 12. Квадриллион – 10^{15} в степени 15. Квинтиллион – 10^{18} в степени 18. Секстиллион – 10^{21} в степени 21. Септиллион – 10^{24} в степени 24. Октиллион – 10^{27} в степени 27. Более крупные числа для астрономии Солнечной системы не применяются.

Некоторые числовые великаны, типа гугола (10^{100} в степени 100) или гугольплекса ($10^{10^{100}}$ в степени гугол), не находят пока практического применения даже при астрономическом изучении Метагалактики, т.к. расстояние до самых далеких видимых в телескопы галактик не достигает 100 секстиллионов км, а весь объем Метагалактики равняется 10^{73} м³.

В зависимости от разряда или степени той или иной величины название последней, выраженное в новых, сокращенных или же увеличенных числах, может сопровождаться какой-либо

смысловой приставкой, символизирующей соответствующую дольность или кратность. Первые приставки возникли в 1793—1795 гг. во Франции, во время введения в этой стране метрической системы мер. Кратные приставки были позаимствованы из греческого языка (дека, гекто, кило), а дольные из латинского (деци, санти, милли).

Позднее, уже к середине XX в., в научном мире оформились новые смысловые приставки, востребованные особенностями развития науки, в первую очередь ядерной физикой, квантовой механикой, астрофизикой и астрономией.

В этих областях знания активно применяются сильно кратные или сильно дольные величины, которые сложно выразить математически.

Для астрономии наиболее существенны кратные приставки: префиксы кило, мега, гига, тера, пета и экса, обозначаемые соответственно буквами к (k латинским шрифтом), М (M), Г (G), Т (T), П (P), Э (E). Префикс «кило-» происходит, по традиции, от греческого *chilioi* (тысяча) и соответствует тысяче. «Мега-» восходит от *megas* (большой) и соответствует миллиону. «Гига-» образовано путем сокращения от *gigantos* (гигантский) и соответствует миллиарду. «Тера-» связано со словом *teratos* (чудовищный) и соответствует триллиону. Приставки «пета-» и «экса-», введенные в употребление в 1975 г., произведены от греческих числительных *peta* (пять) и *hex* (шесть) и соответствуют пяти и шести разрядам по тысяче, т.е. квадриллиону (первая) и квинтиллиону.

Случаи применения данных префиксов в астрономии следующие. Например, расстояние от Земли до Млечного Пути исчисляется 8 кпк, т.е. 8000 пк. Радиус Метагалактики исчисляется приблизительно 1040 Мпк, т.е. 1040 млн парсек, или 1,04 млрд пк — 1,04 Гпк (32 094,4 квинтиллионов км). Энергия космических лучей обозначается величинами кэВ, МэВ и

ГэВ – кило-, мега- и гигаэлектронвольт. Дольные величины, применяемые астрономами при изучении частиц и волн в космическом пространстве, также обозначаются особыми приставками.

Это префиксы милли (м или m), микро (мк или греческая буква «мю»), нано (н или n) и пико (п или p). Первый восходит к латинскому mille (тысяча), второй к греческому mikros (малый), третий к греческому nanos (карлик), пятый к итальянскому piccolo (мелкий). Они означают соответственно доли тысячную, миллионную, миллиардную и триллионную.

Геометрические величины и понятия

Из геометрии в астрономии и астрофизике используются, прежде всего, «орбитальные» понятия: круг, эллипс, парабола и гипербола.

В геометрии парабола – это графическое отображение квадратичной функции, гипербола – графическое отображение обратной пропорциональности; в астрономии же, как гипербола, так и парабола представляют собой разновидности невозвратных траекторий небесных тел. По параболическим и гиперболическим орбитам движутся в основном кометы, а в масштабах Вселенной – туманности и галактики.

Возвратные траектории имеют вид эллиптических орбит, от почти круговых до сильно вытянутых. Особенно вытянутые эллипсы – орбиты комет – могут приближаться к параболе.

Подробнее по отдельным вопросам см.: *Астрономия, Астрофизика, Биология космическая, Вакуум, Ветер солнечный, Геология космическая, Жизнь, Законы движения космических тел, Излучение космическое в астрофизике, Излучение космическое в биологии, Исследования космические, Космогония, Космонавтика, Орбита, Радиоастрономия, Скорости космические, Солнечная система, Телескопы.*

Венера

Венерой – по имени древнеримской богини любви – называется вторая от Солнца планета, ближайшая к Земле. Она является самой яркой из всех планет земного неба и занимает третье место по яркости среди светил вообще, уступая только Солнцу и Луне. Венера видна в утренние и вечерние часы.

Астрономия

Эта планета расположена в 108,2 млн км от Солнца, что составляет 0,73 а.е. Венера удалена от Земли минимум на 39, максимум на 260 млн км. Планета обращается на орбите со скоростью 35 км/с, проходя полный путь за 225 земных суток. Столько длится 1 венерианский год. Оборот вокруг собственной оси занимает по продолжительности 116 земных суток, в полярных широтах предположительно 224 суток.

Таким образом, венерианский год длится около 2 местных суток (по 58 суток день и ночь), а в высоких широтах примерно полгода (112 суток) длится полярный день и столько же полярная ночь. Вращение планеты вокруг оси называется астрономами обратным, поскольку направлено навстречу вращению Земли. Это значит, что Венера крутится с востока на запад и Солнце на ней восходит на западе. Несмотря на это, принято называть восточной именно ту сторону планеты, где происходит восход Солнца.

Ось Венеры наклонена на 3 градуса, поэтому оба полушария планеты освещены одинаково равномерно и продолжительность светового дня на них равна. Однако наклон оси принято выражать как 177 градусов, чтобы показать обратное вращение Венеры. Полярные области занимают на планете лишь широты выше 3 градусов. Смен времен года на Венере не происходит. Кроме того, венерианская поверхность получает в 2 раза боль-

ше солнечного тепла, чем земная, поэтому говорить о смене сезонов здесь бессмысленно. Экваториальный диаметр планеты равняется 12 112 км, что составляет 0,95 диаметра Земли. Однако масса достигает только 0,815 земной, т.е. 4880 квинтиллионов т. Объем планеты составляет 0,9 земного, что позволяет рассчитать среднюю плотность венерианского вещества, которая равна 5,24 г/см³. Ускорение свободного падения на поверхности планеты равняется 0,9 от земного, поэтому сила тяжести Венеры позволяет ей обладать атмосферой. Воздушная оболочка Венеры впервые была обнаружена в 1761 г. великим русским ученым М.В. Ломоносовым.

Астрофизика

В этом разделе собраны сведения о физических характеристиках планеты, об отдельных ее оболочках. Эта информация позволяет получить представление об условиях на Венере, чертах ее природы, близких или чуждых Земле. Основная масса уникальных данных об этом теле была добыта советскими межпланетными летательными аппаратами «Вега-1» и «Вега-2» и серии «Венера». Работа последних приходится на период с 1967 по 1983 гг., а первые обследовали планету в 1986 г. Атмосфера Венеры на 97% состоит из углекислого газа. Еще 2% приходится на долю азота, 0,05% – на долю водяных паров, и еще в 5 раз меньше – 0,01% – на долю кислорода. Помимо газового состава атмосфера этой планеты отличается еще и неимоверно большой плотностью: масса атмосферного столба на Венере в 30 раз превышает массу атмосферного столба на Земле; у поверхности же планеты венерианская атмосфера в 70 раз плотнее земного воздуха. Плотная атмосфера Венеры, состоящая в основном из углекислого газа, хорошо пропускает солнечные лучи, но задерживает тепло, излучаемое самой планетой, создавая, таким образом, классический парниковый эф-



Рис. 19. Атмосфера Венеры

фект. По всей видимости, именно этому эффекту обязаны своим существованием знаменитые венерианские облака. Венерианская атмосфера также в значительной степени рассеивает длинноволновое излучение и поглощает коротковолновое, т. е. поглощает лучи зеленой, синей и фиолетовой части спектра, совершенно не затрагивая красно желтую его часть. Благодаря этому свойству небо Венеры кажется не синим, как на Земле, а ярко-оранжевым и даже красноватым.

Океанов на Венере нет, но есть немало действующих вулканов. На фотографиях, переданных с автоматических исследовательских станций, видны черные и коричневатые каменные плиты, напоминающие земные базальты; плиты эти покрыты осыпями бурого песчаника.

Тем не менее, горы занимают менее 8% поверхности планеты; в районе экватора, напротив, обнаружен огромный разлом не установленной глубины, ширина которого составляет 150 км, а длина достигает 1500 км.

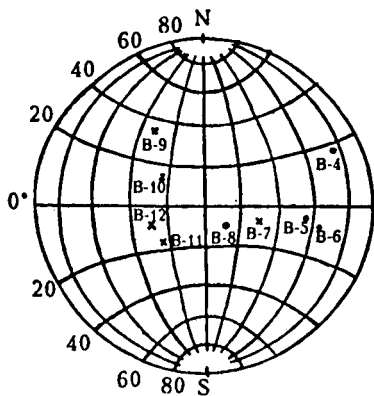


Рис. 20. Районы посадки аппаратов «Венера 4-12»

Жидкое металлическое ядро имеет радиус около 2900 км. Оно в высокой степени насыщенное железом, но создает слабое магнитное поле; магнитосфера Венеры слабее земной в 3000 раз. Плотность венерианской атмосферы в самых нижних ее слоях включая приповерхностный, необычайно высока и лишь в 14 раз уступает плотности воды. Это позволяло АМС «Венера», осуществлявшим посадку на Венеру, отбрасывать

парашюты на значительной высоте: аппараты просто падали, но не разбивались из-за торможения в воздухе. Химический состав этого воздуха существенно отличается от состава земного. На 96,5% воздушная смесь сложена углекислым газом и на 3% азотом, все остальные газы и пары малочисленны. Для Венеры характерен дефицит воды. Атмосферная влага содержится в относительно большом количестве лишь на высоте 50 м над поверхностью планеты. Здесь объем воды составляет примерно 0,1%. В приповерхностном слое и у верхней границы венерианских облаков содержание влаги минимально и достигает значения нескольких тысячных долей процента. Эти количества означают, что если бы вся атмосферная влага выпала дождем на планету, то покрыла бы ее слоем, толщиной менее 1 см (для Земли этот чисто условный показатель равен 3 см).

Среди инертных газов удалось обнаружить в венерианской атмосфере аргон, неон и криптон. Аргон занимает первое по объемному содержанию в воздушной смеси среди газов своего

класса. Неона в 10 раз меньше, чем аргона. Количество криптона в 20 раз меньше содержания неона. Процентное выражение количества газов следующее: аргон занимает 0,01% объема, неон занимает 0,001% объема, а криптон составляет – всего лишь 0,00005%. Гелия также немного, однако, в сравнении с земной атмосферой содержание этого газа на Венере в несколько тысяч раз больше. Необычно соотношение изотопов криптона в атмосфере. Реликтовые изотопы, сохранившиеся со времени образования планет, равны по количеству радиогенным, являющимся продуктами распада. Это очень большое количество реликтовых изотопов. На Земле подобное соотношение равняется 1 к 300 в пользу радиогенного. Существует гипотеза, что венерианская атмосфера образовалась по большей части из газопылевой туманности: в окрестностях солнца туманность из-за сил гравитации была плотнее, поэтому Венера просто черпала из газов компоненты своей будущей атмосферы. На Земле и Марсе происходил обратный процесс: воздушные оболочки появлялись в результате дегазации внутренних ядер и мантии.

Формирование условий на Венере, эволюция оболочек этой планеты протекали отлично от формирования их у Земли по причине более близкого расположения к Солнцу. Та же участь постигла бы и нашу планету, если бы она располагалась хотя бы на $1/10$ от нынешнего расстояния ближе к дневному светилу. Помимо упомянутых газов, на Венере найдены угарный газ, содержание которого возрастает в нижних слоях атмосферы, а также сернистый газ, кислород, хлор и сера, включая всевозможные ее соединения.

Наиболее обычна для Венеры двуокись серы, но найдены и удивительные соединения, вроде шестифтористой серы. Облачный слой планеты берет начало на высоте 49 км и поднимается выше до 70 км. Эти облака сложены аэрозольными части-

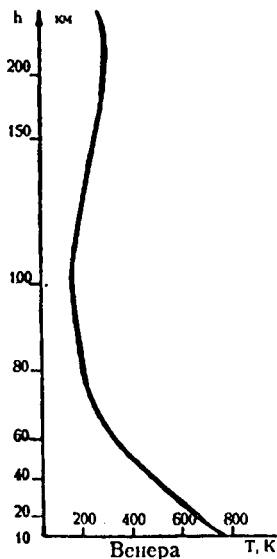


Рис. 21. Профиль температуры атмосферы Венеры

цами серной кислоты (85%) и разнообразных хлоридов (15%). На планете обычны мощные грозы, причем интенсивность разрядов выше, чем на Земле. Грозовые вспышки хорошо заметны в виде слабого свечения темной стороны Венеры. Станции «Венера» записали звуки венерианского грома: он мало отличается от земного.

Нижние, плотные слои атмосферы малоподвижны, воздушные течения в них достигают в среднем 1 м/с, не более. Зато с высотой скорость ветра значительно растет.

Над верхней границей облаков непрерывно движется заметная земному наблюдателю воздушная масса, сплошной поток ветра, который волной огибает планету каждые четверо земных суток. Скорость потока достиг

100 м/с. Он как бы скользит по находящимся ниже и медленно движущимся слоям воздуха, обтекая их. Высокая температура венерианской атмосферы, особенно в нижней и самой верхней частях, обусловлена повышенным содержанием в воздушной смеси углекислоты, вызывающей парниковый эффект.

Углекислый газ мало прозрачен для инфракрасного излучения, посредством которого уходит в пространство избыток тепла. Облака, газовая смесь и поверхность поглощают часть солнечного тепла, а отраженное ими тепло рассеивается крайне медленно, не в состоянии преодолеть завесу из облаков угле-

кислого газа. В результате у поверхности планеты и в верхних слоях атмосферы образуются устойчивые зоны разогретого воздуха.

Что касается жидкой воды, то ее никогда на планете не было, равно, как не существовало и гидросферы. Впрочем, отношение количества дейтерия к количеству водорода на Венере на порядок превышает таковое на Земле. Это косвенно указывает на то, что 4 млрд лет назад содержание водяных паров в венерианской атмосфере достигало третьей части от современного объема Мирового океана на нашей планете.

Почва Венеры сложена преимущественно базальтами. Среди них наиболее обычны калиевые и кремниевые. Имеются также базальты с высоким содержанием окиси кальция. Эти породы отчасти разрушены процессами химического выветривания, обычными для условий на этой планете. Базальты образуют туфо-лавовый покров, который перекрыт ровными слоями осадочных отложений из пылевых частиц.

Ландшафт планеты в целом представляет собой сплошную каменистую пустыню, полную скальных образований наподобие останцов, и элювиальных толщ с осыпями. Элювий состоит из мелких обломочных пород, подобных гравиям, с примесью крупных галечных частиц и валунов (в среднем 5 см в диаметре). Все эти породы подверглись интенсивным химическим преобразованиям.

Геоморфологические признаки указывают на взрывной вулканизм, что в свою очередь свидетельствует о наличии в веществе мантии планеты большого количества газовых примесей. Рельеф в целом довольно сложный, он представлен равнинами и куполами, перемежающимися различными структурами кольцевого и линейного вида. Всего ученые насчитывают три морфологических типа поверхности, представленных особыми формами рельефа и образованных особыми породами.

Во-первых, это холмистые равнины: они очень древние и не обладают четкими формами рельефа, за исключением ударных кратеров. Протяженность равнин достигает нередко 1000 км. На всем протяжении они испещрены бороздами, трещинами, фантомными полуразрушенными кратерами. Это свидетельствует об интенсивной бомбардировке планеты в прошлом (ныне метеоритная бомбардировка ослаблена). Равнины изредка пересекаются невысокими грядами или горбятся куполообразными вершинами. Процессы выравнивания рельефа отчетливо выражены, хотя менее интенсивны, чем на Земле, о чем говорят сохранившиеся древние венерианские кратеры. Гряды и купола несут следы вулканической активности, в результате которой эти структуры образовались.

Во-вторых, отчетливо вычленяются из прочих участков поверхности низменности со специфичным микроклиматом: низины заполнены ядовитыми парами с температурой до 470 °С. В низинах преобладают обломочные породы, толщи элювия.

В-третьих, на Венере наличествуют щитовые постройки. Молодые по возрасту, они образованы вулканической активностью.

Разнообразие форм поверхности служит доказательством постепенной смены условий на планете. По мере убывания воды в атмосфере, а также в процессе поэтапного повышения и выравнивания температуры происходило преобразование поверхности в различных морфологических направлениях.

Спутники

Естественные спутники у Венеры отсутствуют. Первые искусственные спутники у планеты появились в 1975 г.

Подробнее по отдельным вопросам см.: *Астрономия, Астротопонимия, Астрофизика, «Вега» проект, Величины астрономии, «Венера» (серия АМС), Вода, Вулканизм, Геология кос-*

мическая, Жизнь, Исследования космические, Космонавтика, Меркурий, Оболочки планетные, Орбита, Планеты (астрономия и астрофизика), Радиоастрономия, Спутники естественные, Экзобиология.

«Венера» (АМС)

«Венера» – название серии советских автоматических межпланетных станций (АМС), проводивших изучение физико-химических характеристик планеты Венера, исследовавших свойства ее поверхности и атмосферы. Запуск этих аппаратов стал основной частью советской научной программы по исследованию Венеры и одновременно основной частью программы по исследованию межпланетного космического пространства и ближних планет. Такое приоритетное положение изучения Венеры объясняется повышенным интересом ученых к этой планете.

Из всех планет земной группы Венера наиболее близка к Земле и по расположению, и по геометрическим размерам, и по массе, и по количеству получаемого от Солнца тепла. Какое-то время тому назад учеными предполагалось полное тождество условий на этой планете с земными. Естественно, они рассчитывали, что Венера могла бы стать в обозримом будущем объектом колонизации, ее ресурсы могли бы полноценно использоваться. Интересовало ученых также и весьма вероятное, по их представлениям, наличие на планете жизни, в том числе разумной. Однако первичные данные радиоастрономии (1950-е гг.) показали, что температура планеты в среднем составляет 470 – 480°С, что исключает близкое сходство Венеры

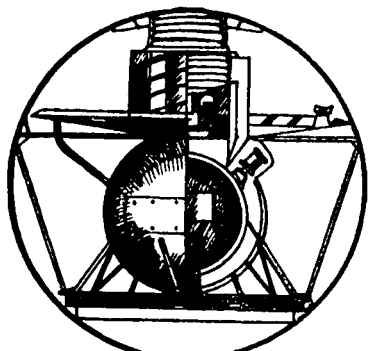


Рис. 22. Посадочного модуль
АМС «Венера»

с Землей. Для уточнения этих данных и для всестороннего изучения различий между относительно сходными планетами были созданы и запущены к Венере несколько АМС, получивших название по цели своего космического путешествия. В результате прямых измерений, которые могли выполнить только АМС, ученые рассчитывали, применяя метод сравнительно-планетологического анализа, выяснить некоторые детали о путях эволю-

ции планет земной группы и особенностях формирования Земли. Такие фундаментальные исследования необходимы для практических разработок в области геологии, геохимии, экологии, климатологии и т. д. Этими причинами объясняется более высокий интерес к Венере, чем к Марсу или Меркурию.

Станции «Венера» были первыми межпланетными летательными аппаратами, а потому предполагалось, кроме прочего, использовать их для глубоких исследований межпланетного пространства и для технических экспериментов по проложению космических трасс. Аппараты были оснащены сложнейшим научным оборудованием. Там были приборы для измерений плазмы и магнитных полей, астрономических наблюдений, всеволнового анализа, температурных замеров, газовой хроматографии. Некоторые станции были рассчитаны на посадку или имели посадочные модули. Первые три АМС имели на борту датчики фазового состояния поверхности, необходимые для различения пребывания аппарата в водной среде или же на твердом

грунте. Первый аппарат серии АМС «Венера» был запущен с Земли 12 февраля 1961 г. Станция стала спутником Солнца и искусственной планетой Солнечной системы. Аппарат держал курс к орбите Венеры, и целью его полета было выяснение характеристик межпланетного перелета. Впервые человеком ставился эксперимент по прокладыванию маршрута к другой планете. Учеными в ходе этого эксперимента решались вопросы управления полетом межпланетных станций, вопросы вывода аппаратов на трассу между планетами, проверялись теоретические предположения особенностей полета и математические модели движения по рассчитанному пути, а также проверялись практические методы запуска на межпланетную трассу.

12 ноября 1965 г. была запущена следующая станция, которая также стала искусственной планетой и спутником Солнца, после того как 27 февраля 1966 г. пролетела в 24 тыс. км от Венеры. В 1965 г. была также запущена станция «Венера-3» (16 ноября), впервые в истории 1 марта 1966 г. достигшая планеты. Это был, кроме прочего, первый межпланетный перелет созданного человеком космического аппарата.

12 июня 1967 г. к Венере была послана четвертая станция. Эта АМС совершила мягкую посадку на поверхность планеты и провела исследования венерианской атмосферы. Четвертая станция посылалась без датчика фазовых состояний поверхно-

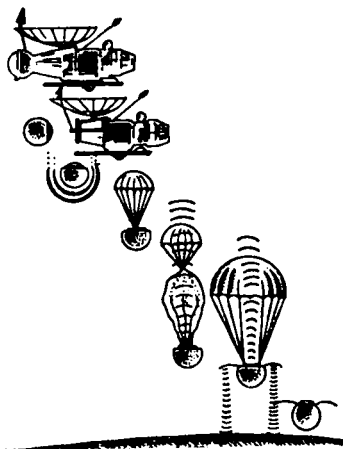


Рис. 23. Посадка АМС «Венера»

сти, поскольку ученые теперь полностью исключали приводные аппараты: никаких внутренних водоемов или океанов на Венере существовать при такой температуре не может. Станция была защищена специальными термостойкими слоями.

В 1969 г. планеты Венера достигли отправленные к ней 5 и 10 января станции пятая и шестая, успешно осуществившие посадку на поверхность планеты 16 и 17 мая соответственно. Аппараты выполнили большой объем исследовательской работы, обогатив ученых ценными сведениями. Также этими станциями были доставлены на Венеру вымпелы с советскими государственными символами. Начатые пятой и шестой АМС изыскания были продолжены «Венерой-7», приземлившейся на планету 15 декабря 1970 г. Широкомасштабные исследования венерианской атмосферы и поверхности были проведены советскими учеными в 1972 г. Автоматическая станция «Венера-8» после длительного (300 млн км) полета по сложной траектории достигла планеты и совершила выборочную посадку на освещенную сторону Венеры.

Посадка в плотной венерианской атмосфере была довольно длительной, все это время приборы станции проводили разнообразные замеры и тесты. В том числе проводился геохимический анализ грунта, были получены сведения о содержании в нем урана, тория и калия. Работа оборудования АМС продолжилась и после посадки в течение 50 мин., после чего аппарат вышел из строя из-за крайне неблагоприятных условий на поверхности планеты.

Этим полетом было положено начало планомерным исследованиям Венеры с помощью спускаемых аппаратов. Следующие станции серии «Венера», и в первую очередь, с девятой по двенадцатую, были оснащены посадочными модулями. Эти станции и их посадочные модули, а также добавочные атмосферные зонды осуществили важные научно-исследовательские про-

екты. В программу планомерного изучения Венеры входило прямое измерение температуры поверхности планеты, изучение механических и иных свойств грунта, его плотности, твердости, электропроводности, текстуры и структуры.

Станции «Венера-9, 10» впервые в мире передали соответственно 22 и 25 октября 1975 г. телевизионное изображение с планеты – панораму ее поверхности. Эти два аппарата представляли собой АМС второго поколения, у них происходило разделение на орбитальный и спускаемый блоки. Аппараты первого поколения осуществляли посадку целиком. Станции нового поколения разделялись на блоки, при этом орбитальный отсек становился искусственным спутником Венеры («Венера-9, 10») или уходил на околосолнечную орбиту («Венера-11, 14»). Конструктивно новые АМС близки к «Марсам».

Две пробные станции нового типа, 9-ая и 10-ая, имели спускаемые аппараты массой 1560 кг (масса включает термозащитную сферическую оболочку, внутри которой находится сам аппарат). Посадочные модули спускались сначала на вытяжных, затем на тормозных парашютах, а в заключительной части приземления – на трехкупольной основной парашютной системе площадью 180 м².

Через 20 мин. полета парашюты были поочередно сброшены, а в оставшееся время торможение происходило за счет жестких аэродинамических устройств – оболочек в форме тора. Спустя 2 мин. после посадки началась передача телепанорамы, не прекращавшаяся на протяжении всего периода работы аппаратов. На борту посадочных отсеков станций находилось немало разнообразного оборудования.

Аппараты 15-й и 16-й из этой серии (запущенные соответственно 2 и 7 июня 1983 г.) конструктивно напоминали аппараты второго поколения, но вместо посадочного отсека имели приборный контейнер с электроникой для локации и три ан-

тенны – параболическую, фурье-спектрометра и радиовысотомера. Эти АМС выполнили очень важную работу по радиолокационному картированию поверхности планеты в обширном районе вблизи северного полюса. Кроме того «Венеры-15, 16» осуществили тепловое картирование, стереоскопическую радиолокационную съемку, составление профиля рельефа на трассе полета. В дальнейшем топографические исследования продолжили американцы при помощи АМС «Магеллан». Вышедшие на орбиту планеты советские станции становились первыми искусственными спутниками Венеры.

Подробнее по отдельным вопросам см.: *Астротопонимия, Астрофизика, Величины астрономии, Венера, Геология космическая, Исследования космические, Космонавтика, «Марс», Орбита, Планетология, Радиоастрономия, Топография космическая.*

Ветер солнечный

Солнечным ветром называют поток ионов различных элементов, истекающий из Солнца под действием магнитных сил. На расстоянии 1 а.е. от Солнца, т.е. приблизительно в области прохождения земной орбиты, скорость этого потока составляет 250–500 км/с при плотности частиц в потоке 3–10 частиц/см³. Именно солнечный ветер, несущий помимо материи еще и магнитное поле, создает межпланетное магнитное поле.

Источником солнечного ветра, а правильнее – причиной его появления, – служит тепловая неустойчивость солнечной короны. Сравнительно недавно были выявлены те «лазейки», через которые частицы солнечного ветра вырываются за пределы

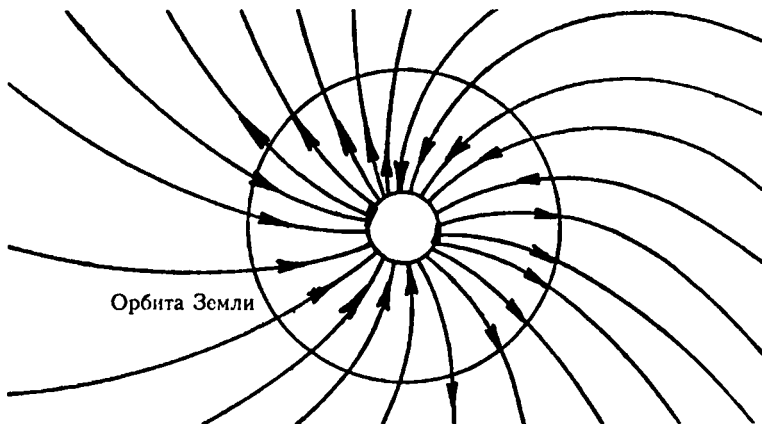


Рис. 24. Силовые линии магнитосферы Солнца

солнечной атмосферы – т.н. корональные дыры. На рентгеновских фотографиях Солнца, дающих картину структуры солнечной короны на фоне затемненного солнечного диска, корональные дыры хорошо видны. На фотографии это темные участки, которые резко контрастируют с обширными светлыми областями спокойной солнечной короны. Плотность вещества в «возмущенных» областях корональных дыр втрое меньше, чем в светлых участках; ниже и температура, не превышающая для корональных дыр 1 млн °С. Установлено, что корональные дыры не связаны с какими-либо процессами в хромосфере или фотосфере – областях с температурой более 20 000 °С. В столь глубоких областях Солнца корональные дыры проявляют себя только отклонениями в напряженности магнитного поля. Меньшая, чем во внутренних областях звезды, температура и плотность в корональных дырах означает, прежде всего, меньшие потери энергии как на излучение в пространство, так и на тепловой поток в сторону хромосферы. Тем

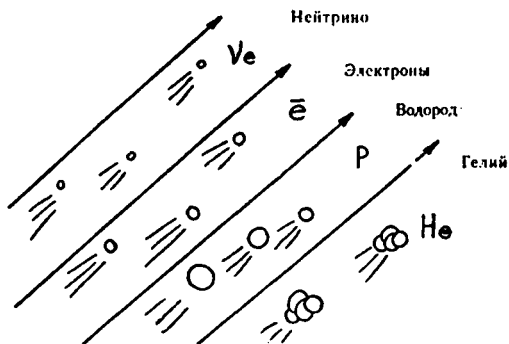


Рис. 25. Потеря массы Солнцем

не менее, потери энергии в корональных дырах значительно превышают таковые в остальных областях солнечной поверхности. Объясняется такое положение незамкнутостью магнитных полей в корональных дырах, которая предопределяет усиленный поток частиц; это подтверждается и наблюдениями солнечного ветра.

Особенно интересны корональные дыры, располагающиеся вокруг полюсов вращения Солнца: эти дыры, стойкие на протяжении многих месяцев, дают очень мощные потоки частиц, которые несмотря на это все равно не достигают Земли. Не вполне объяснимо то, что относительный химический состав солнечного ветра отличается от состава солнечной атмосферы. Так, соотношение гелия и водорода в солнечном ветре составляет всего 4%, тогда как в солнечной атмосфере – около 20%.

Явление солнечного ветра изучалось путем прямого подсчета частиц малых энергий с помощью приборов, расположенных на искусственных спутниках и космических станциях. В

частности, экипажи «Аполлон-11 и 12» выставляли на поверхность Луны листы алюминиевой фольги; по возвращении на Землю застрявшие в этих листах частицы солнечного ветра выявлялись и регистрировались сотрудниками наземных лабораторий.

Подробнее по отдельным вопросам см.: *Астрофизика, Величины астрономии, Излучение космическое в астрофизике, Исследования космические, Радиоастрономия, Солнце.*

Вещество диффузное

Диффузным веществом (лат. diffusio — разлитие) в астрономии называется разреженное газовое и пылевое по строению вещество, которое сгущается в мировом пространстве в разнообразные по структуре и составу туманности, иначе именуемые облаками. Среди последних астрономы выделяют три типа. Первый — собственно диффузные, или газовые, поскольку такие облака по составу преимущественно атомарные и молекулярные; далее — промежуточного состава газопылевые, несущие в себе многочисленные пылевые частицы; и, наконец, газовые планетарные, образующиеся из сброшенных оболочек разрушенных звезд.

Происхождение и свойства всех облаков резко отличаются друг от друга. В широком смысле слова под диффузным веществом понимают наполняющие нашу Галактику и другие звездные системы любые сгущения межзвездного газа, в том числе и не образующие хорошо заметных туманностей. Космические облака представляют собой исполинские образования, видимо, самые большие целостные тела во Вселенной.

Трудно представить и массу этих колоссальных объектов. Она достигает сотен миллиардов тонн и более. Например, на расстоянии 10 тысяч световых лет от Земли в созвездиях Орла, Лебеда и Лиры находится громадное облако этилового спирта, открытое английскими астрономами в 1996 г. Масса облака оценивается учеными в 12 триллионов т. Если собрать этот спирт и привезти его на Землю, его просто негде будет разместить, т.к. для этого понадобится бассейн, объемом немного более суммарного объема всех морских акваторий Атлантического океана.

Однако отличительной чертой космических облаков является то, что они сильно разряжены, а потому вытягиваются в мировом пространстве на расстояния в несколько св. лет. Отсюда и их латинское название: диффузное вещество и самом деле как бы разлито по космосу.

Плотность туманностей крайне мала. Так, «спиртовое» облако, в земных условиях занявшее бы объем в 15 000 км³, в космосе занимает участок пространства в 1 септиллион км³. Не менее внушительны туманности в других областях Галактики.

Одной из наиболее представительных из них справедливо считается Трехраздельная, или Тройная туманность в созвездии Стрельца. Эта великанша получила свое название за необычный внешний облик: светлое облако разделено поперек на три части двумя черными полосами. Протяженность облака достигает 19,5 св. лет, а расположено оно от Земли на расстоянии немного менее 2200 св. лет. Сходные по габаритам гиганты находятся в созвездии Ориона и в Млечном Пути.

Нетрудно вообразить ничтожно низкую плотность подобных объектов. Она в среднем составляет 1,2 мг вещества на 100 км³, что в 100 квадриллионов раз ниже плотности воздуха. Т.е. воздух в сравнении с диффузным веществом подобен стали в сравнении с воздухом, причем это сравнение сильно

«хромает», т.к. в действительности сталь не обладает столь большой плотностью. Поразительно высока, в нашем земном понимании, температура внутри туманностей. Естественно, что вещество со столь высокой степенью разреженности не может обладать тепловой нагретостью в обычном ее понимании. Т.е. если поместить внутрь такого раскаленного облака космический корабль, то он ничуть не нагреется. В отношении космических облаков приходится говорить об электронной и ионизационной температурах туманностей.

Электронная температура находится по кинетической энергии частиц диффузного вещества: чем выше скорость их полета, тем выше температура. Ионизационная вычисляется по степени ионизации частиц, поскольку последняя также зависит от их температуры. Оба показателя находятся по спектру излучения туманностей. Отсюда сделан вывод о температуре (не нагретости!) космических облаков до плюс 10 000 °С.

Интересно проследить за возникновением различных туманностей. Наукой установлено, что газовые туманности, например, появились двумя путями. Во-первых, это древнейшие газ и пыль, слагавшие протогалактики и тела протозвезд. Во-вторых, более молодое диффузное вещество берется непосредственно из недр звезд. Те в процессе термоядерного синтеза наработали немало химических элементов. Затем это обогащенное атомами вещество было разбросано в мировом пространстве взрывами на таких светилах.

Наиболее известны взрывы-вспышки сверхновых звезд. Сверхновые в результате вспышек почти полностью разрушаются, сбрасывая с себя внешние слои газа. Этот газ стремительно распространяется в космосе, но первоначально концентрируется на небольшом участке. Оттуда газ переходит на новые территории. Зона, захваченная газом, есть зона «разлития»-диффузии. Это ничто иное, как диффузная туманность.

Нередко продукты взрыва сверхновой продолжают эволюционировать дальше. Они не разбегаются, но сгущаются под действием собственной внутренней гравитации. В таком облаке может вспыхнуть родившаяся из уплотненного газового сгустка звезда, вокруг нее могут образоваться планеты. Для этого необходимо наличие в облаке пылевых примесей. Пылевые частицы образуются при слипании молекулярных комплексов газа.

Также особые физико-химические условия внутри туманности способствуют химическим реакциям, в результате которых пылинки растут, меняют состав и строение. Растущая планетная система обычно теряет значительную часть пыли и газа. Газо-пылевые облака рассеиваются в пространстве. Некоторые из них были потеряны на заключительной стадии своего развития, когда химические процессы породили в них во множестве органические частицы. Из органики почти целиком состоят черные пылевые облака.

Необычно происхождение планетарных туманностей. Своё название они получили за то, что в телескопы различимы как маленькие планетные диски. Только полнейшая неподвижность этих дисков позволила ученым понять, что перед ними не настоящие планеты, а сферические объекты, находящиеся далеко за пределами Солнечной системы. Поскольку такие большие угловые (зрительно воспринимаемые) размеры не может иметь никакое тело наподобие звезды или планеты, то астрономы догадались, что видят перед собой поразительные большие газовые облака.

На сегодняшний день открыто несколько сотен планетарных туманностей. При тщательном рассмотрении некоторые из них кажутся кольцами. Например, ближайшее к нам кольцо расположено в 2200 св. годах от Земли в созвездии Лиры. Внутри, в самой сердцевине таких колец неизменно видны свет-

лые ядрышки. Разумеется, никаких колец на самом деле не существует. Просто планетарные туманности настолько разряжены, что при хорошем разрешении телескопа отчетливо видны только их внутренние ядрышки, а стенки становятся совершенно прозрачными. Лишь ободок, как наиболее плотная для земного наблюдателя часть сферы, остается непрозрачным. Он-то и создает иллюзию «дымового» колечка, которое астрономы в шутку называют курительным. Размеры колечка в созвездии Лиры огромны, отсюда и низкая плотность газа. В поперечнике сфера насчитывает 70 тысяч а.е., или 10,5 триллионов км! Т.е. поперечник космического облака почти в 700 раз больше поперечника Солнечной системы!

О происхождении планетарных туманностей от звезд свидетельствуют внутренние ядра этих объектов. Это остатки сверхмассивных звезд, их внутренние части. Ядра до сих пор сильно раскалены, обладают температурой порядка плюс 40 000 °С.

Распавшаяся звезда определенно относилась к категории стареющих. Газовое облачко само по себе возникло в результате гибели светила. По окончании своего жизненного пути такая звезда сбрасывает внешнюю оболочку, которая начинает удаляться от оставшегося на прежнем месте ядра со скоростью 10—30 км/с.

Со временем оболочка образует вокруг ядрышка сферическое облачко планетарной туманности. По прошествии тысячелетий частицы облачка окончательно разлетаются в мировое пространство, и туманность исчезает.

Все диффузное вещество Галактики медленно теряет плотность и растворяется в космосе, сливаясь с межзвездным газом, т.е. доходит до плотности 1 частица на 1 см³. Вскоре, спустя несколько сот тысяч лет, наблюдаемые ныне облака окончательно растают; их сменят новые гигантские образования.

Подробнее по отдельным вопросам см.: *Астрономия, Астрофизика, Величины астрономии, Галактики, Звезды, Космогония, Космология, Планеты (астрономия и астрофизика), Сверхновые звезды, Созвездия, Туманности, Эволюция Солнечной системы.*

«Вояджер» (АМС)

«Вояджер» (от англ. «voyager» – «путешественник, мореплаватель») – название серии из двух американских межпланетных автоматических станций (АМС), выполнявших программу комплексного астрофизического изучения внешних планет Солнечной системы. Запуск этих летательных аппаратов был приурочен к «параду планет», во время которого планеты-гиганты расположились примерно на одной прямой, что облегчало перелет от одного космического тела к другому. «Вояджеры-1, 2» продолжили научный поиск американских «Пионеров-10, 11», осуществивших программу исследований Юпитера и Сатурна и покинувших Солнечную систему после 1989 – 1993 гг. Полученные этими АМС сведения нуждались в уточнении и дополнении, поэтому ученые снарядили более грандиозную экспедицию, использующую благоприятную возможность «парада планет», поскольку имели под рукой новые материалы о природе планет-гигантов, о характере дальних межпланетных перелетов, об особенностях преодоления пояса астероидов.

Полет «Вояджеров» должен был ответить на новые вопросы и продолжить изыскания во всех этих областях. Во многих отношениях он был одновременно и исследовательским, и экспе-

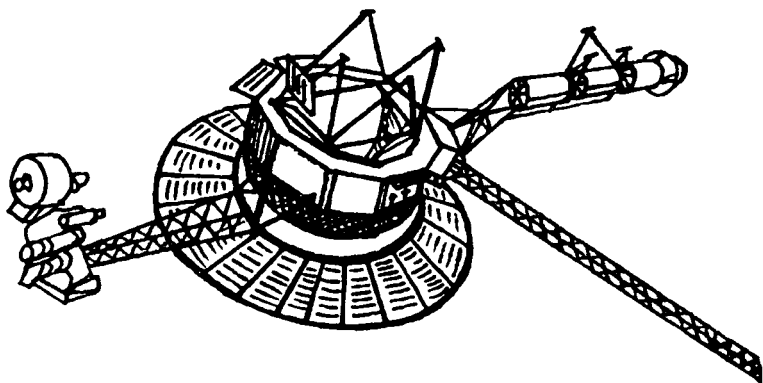


Рис. 26. Внешний вид «Вояджера»

риментальным. Летательные аппараты были запущены в 1977 г. Перед станциями стояли различные задачи. Целью полета первой АМС было достижение спутника Сатурна Титана: это учитывали ученые, прокладывая траекторию «Вояджера-1». «Вояджер-2» летел в направлении Нептуна и по пути должен был частично повторить маршрут первой станции – от Юпитера к Сатурну, а также пролететь мимо Урана.

По достижении конечных целей оба аппарата должны были покинуть пределы Солнечной системы. Предусматривался полет к Плутону, но надежда на достижение этой планеты у ученых была слабая. Ожидания так и не оправдались, хотя «Вояджер-1» был близок к ее реализации: после пролета мимо Сатурна он покинул плоскость, в которой пребывают орбиты планет-гигантов, и достиг орбиты девятой планеты Солнечной системы. Однако главная цель экспедиции уже была достигнута. На борту обеих станций были помещены послания внеземным цивилизациям, с которыми летательные ап-

параты могут встретиться в новом тысячелетии, поскольку уже в период с 2000 по 2005 г. АМС окончательно покинут пределы Солнечной системы и двинутся в направлении ближайших звезд. К настоящему времени все приборы на «Вояджерах» отказали, поэтому доставка послания возможному адресату является последней задачей этого исторического полета.

АМС представляют собой две астрофизические мини-обсерватории, снабженные фотокамерами для проведения съемки космических объектов с разных расстояний на разных участках траектории. Кроме того, «Вояджеры» оснащены фотометрами, магнитометрами, спектрографами, инфракрасными спектрометрами и другим научным оборудованием для проведения широкомасштабных астрофизических исследований. Важное устройство на борту обеих АМС – крупная антенна радиосвязи с Землей, установленная в задней части аппарата. Посредством этой антенны ученые осуществляли прием информации с «Вояджеров» и координировали их полет. Аппараты благополучно миновали пояс астероидов и установили, что метеорная опасность там не выше, чем в окрестностях Земли. Весной 1979 г. «Вояджер-1» стал приближаться к Юпитеру и 4 марта сделал фотографию прежде только предполагавшегося кольца самой большой нашей планеты. Расстояние до гиганта составляло порядка 278–300 тыс. км. Были выполнены фотографии Амальтеи и галилеевых спутников Юпитера, причем последние были засняты не только общим планом, но и с близкого расстояния (в пределах 30–50 тыс. км). Были получены цельные изображения, мозаичные изображения, мозаика поверхности, фотографии отдельных участков. Снимки позволили выявить сложные структуры на спутниках: «бычий глаз» на Каллисто, линейчатые структуры на Европе, эскарпы на Ио. Детальное фотографирование поверхности выявило семь действующих вулканов на последнем из перечисленных спут-

ников. Были проведены замеры отражательной способности юпитерианских лун, спектральный анализ излучения для определения их химического состава. Одновременно было проведено изучение физических характеристик Юпитера, его магнитного поля и атмосферы. В частности, удалось прояснить природу так называемого Красного Пятна.

«Вояджер-2» приблизился к гиганту спустя три месяца. 10 июля 1979 г. аппарат с расстояния 126 тыс. км сфотографировал кольца планеты, а еще около месяца спустя провел фотографирование галилеевых спутников. В частности в течение нескольких часов продолжал начатую первой станцией съемку вулканических процессов на Ио, а также передал изображение многочисленных кратеров на Каллисто. Таким образом, две АМС дублировали друг друга и вели совместные исследования, наблюдая планетарные и космические процессы с некоторым временным интервалом. Благодаря этому, например, удалось выяснить особенности вулканизма на Ио. После пролета около Юпитера аппараты направились к Сатурну. В ноябре 1980 г. «Вояджер-1» достиг конечной цели своего путешествия. Станция исследовала природу Сатурна, получила уникальные фотографии тонкой структуры его колец. Баллистические расчеты оказались совершенно верны, и АМС удалось приблизиться к спутнику Сатурна Титану на расстояние 4000 км. Высококачественные фотографии с разрешением 0,5 км были проанализированы учеными, в результате чего выяснилось, что многообещающий спутник Сатурна оправдал ожидания ученых. Точного представления об условиях на его поверхности нет до сих пор, однозначная обработка информации об этом теле затруднена. Однако ясно, что это интереснейшее образование в Солнечной системе, которое непременно будет освоено людьми и принесет немало ценных открытий в области происхождения планет и химической эволюции жизни.

Вторая станция достигла Сатурна лишь в следующем году, в августе 1981 г. и провела комплексное исследование с расстояния около 100 тыс. км. Далее «Вояджер-2» взял курс к Урану, который был прежде одной из наиболее загадочных планет Солнечной системы, равно как и его спутники. Уже 24 января 1986 г. АМС находилась в 81 тыс. км от Урана и сделала фотографии структуры его таинственных колец.

За последние дни января (20—25 числа) станция открыла 2 новых кольца и 10 прежде гипотетических малых спутников в зоне колец, открыла особенности магнитного поля планеты и особенности ее вращения. Было обнаружено немало необъяснимых природных феноменов. Кроме того, проводилось изучение уже известных спутников Урана, в частности составлена мозаичная карта странной поверхности Миранды. Фотографии, послужившие основой для мозаики, были сделаны с расстояния 28 260 км. После этого гравитационное поле планеты отклонило АМС в сторону Нептуна. К этому времени большинство приборов на борту станции уже не работало. Однако аппарату удалось довести исследования до конца и провести хорошую фотосъемку восьмой планеты, ее атмосферы. Это произошло в сентябре 1989 г.

В настоящий момент АМС выполняют задачу доставки послания инопланетянам, если разумная жизнь за пределами Солнечной системы действительно существует. Это главным образом звуковое послание, которое выполнено в виде золотой грампластинки с записью цифровым кодом. Пластинка помещена в защитную оболочку, на поверхности которой символическая гравировка изображает правила пользования пластинкой. На самой пластинке записаны 118 фотографий, 60 приветствий на разных языках Земли (включая языки разных народов России), всевозможные звуки, полтора часовая запись музыки, схематические изображения.

Фотографии сообщают о жизни людей, схемы и изображения содержат информацию о живой природе Земли – растениях и животных, о человеке – его анатомия и ДНК, о строении нашей планеты и ее моделях прошлого и будущего; сведения о Солнечной системе; вид основных математических формул. Записи звуков содержат шум прибоя, извержение вулкана, ветер, крики зверей и пение птиц. Музыкальные записи составлены из народных песен, включая отдельные песни слаборазвитых племен, а также произведений Баха, Бетховена, Моцарта и других композиторов.

Подробнее по отдельным вопросам см.: *Астрофизика, Величины астрономии, Жизнь, Исследования космические, Космонавтика, Орбита, Планеты (астрономия и астрофизика), Планеты-гиганты, Радиоастрономия, Солнечная система, Экзобиология.*

Вулканизм

Вулканизмом, иначе вулканической активностью (от имени римского бога-кузнеца Вулкана) называется особая разновидность тектонической активности, заключающаяся в излиянии из недр планеты или планетного спутника горячего, расплавленного материала магнийного слоя (магмы). Исторжение магмы может осуществляться через трещины в поверхностной коре из каменных пород, однако, обычно исторгнутый, т.н. эруптивный материал образует по мере остывания усеченный конус с внутренним каналом и жерлом на вершине. Из жерла продолжается извержение магмы, таким образом конус надстраивается и растет. Подобные горы по античной традиции принято называть вулканами. Впервые с вулканизмом люди познако-

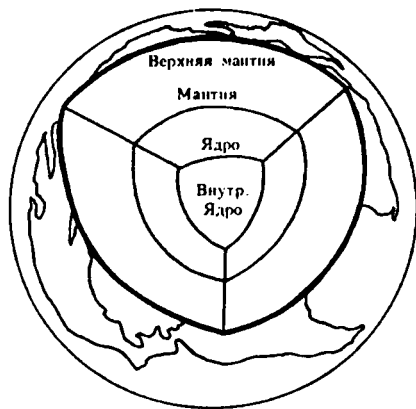


Рис. 27. Внутреннее строение Земли (включая мантийный слой)

мились в древнейшие времена. Начало исследованиям огненных гор положил философ Эмпедокл, трагически погибший в кратере сицилийского вулкана Этна. В настоящее время ученые приблизительно знают причины вулканической активности недр, знают особенности протекания извержений. Когда в XVII столетии астрономами были открыты кратеры на Луне, возникла мысль о возможности лунного вул-

канизма. Сегодня эта мысль подтвердилась благодаря космическим исследованиям лунной поверхности.

Фотосъемка лунного кратера Коперник впервые выявила отчетливые следы вулканизма. Предполагается, что крупные, диаметром много более 20 км, кратеры на нашем спутнике, особенно имеющие центральную горку, являются вулканическими по происхождению.

Происхождение мелких (10—15 км в диаметре) кратеров — метеоритное: их на Луне большинство. Извержений на Луне больше не происходит, хотя сейсмографы зарегистрировали слабые толчки в недрах земного спутника, а ученые фиксировали выбросы газов из некоторых кратеров. Это свидетельствует о высокой активности лунных недр в далеком прошлом. Открытие вулканизма на Луне было прогрессом в развитии космической геологии, и научных знаний о тектонике Земли. Дальнейшие успехи космонавтики позволили устано-

вить, что вулканизм является довольно обычным явлением для планет земной группы и для некоторых планетных спутников. Это говорит о схожем строении недр разных космических тел, и о схожей эволюции этих тел. Следы застывшей лавы обнаружены «Маринером-10» в кратерах Меркурия.

Кратеры Венеры также имеют двойное происхождение. Разломы на поверхности этой планеты свидетельствуют об активности ее недр. Многие другие структуры рельефа указывают на вулканизм. Например, в районе Максвелл, на плато Иштар (вавилонское божество, отождествленное впоследствии с Венерой) обнаружен вулканический конус высотой 12 км и диаметром кратера 100 км. Все плато покрыто относительно молодыми напластованиями лавы. Вулканическая активность на Венере очевидно велика. Об этом свидетельствует, состав воздушной оболочки: сернистые и хлористые соединения и углекислота в огромном количестве поступают в атмосферу планеты из недр в результате дегазации и вулканизма.

Исследования Марса, выполненные советскими аппаратами серии «Марс» и американскими «Маринерами» и «Викингами», позволили составить карту поверхности красной планеты. Топография Марса явно указывает на четыре этапа активного вулканизма в прошлом. На фотографиях были выявлены вулканические кратеры, относящиеся по возрасту к четырем различным ареологическим эпохам.

Рельеф планеты, преимущественно в северном полушарии, ближе к полюсу, все еще содержит исполинские конусы со следами лавовых потоков на склонах. Самый большой вулкан Марса Олимп (21 км) является одновременно самой высокой горой Солнечной системы.

Таким образом, все планеты земной группы и естественный спутник Земли Луна были в прошлом или остаются до наших дней (Венера и Земля) вулканически активны. Благодаря дан-

ным космической вулканологии получилось составить представление о строении внутренних слоев (оболочек) этих тел. За Поясом астероидов вулканизм достоверно известен на спутнике Юпитера Ио.

Недра спутника самой большой планеты Солнечной системы все еще беспокойны, вероятно, из-за гравитационного воздействия планеты-гиганта. «Вояджерами» впервые в истории изучения космоса наблюдались 7 действующих вулканов на Ио. Выбросы расплавленного вещества достигали очень большой высоты. На поверхности естественного сателлита обнаружены наслоения серы и лавовые потоки разного возраста, в том числе свежие.

Существование вулканов на планетах-гигантах в свете современных представлений считается невозможным. Однако известные сведения о распространении вулканизма показывают, что явление носит космические масштабы. Преобразование и перемещение планетного вещества, сложные геохимические реакции и прочие процессы эволюции планет во многом родственны, почти тождественны. Это говорит о схожести в развитии материи в Солнечной системе.

Вулканизм также служит косвенным подтверждением возможности широкого распространения жизни во Вселенной: вулканизм продуцирует в результате сопутствующих ему химических реакций огромные количества сложных углеродистых соединений. Тот факт, что вулканические процессы обычны для космоса, означает, что синтез органики во Вселенной протекает в значительных масштабах.

В будущем по мере увеличения фактического материала, полученного путем сравнительного анализа тектоники Земли и других планет, вулканологи смогут объяснить происхождение и геологическую эволюцию крупных тел Солнечной системы — то, что ныне является загадкой для науки. Эти знания необхо-

дымы человечеству, чтобы использовать тепловую энергию мантии Земли и планет, проводить эффективную разведку ископаемых, предупреждать землетрясения и вулканические катастрофы, управлять разными природными процессами на Земле и других планетах.

Подробнее по отдельным вопросам см.: *Археология, Астрофизика, Венера, Геология космическая, Жизнь, Земля, Ио, Исследования космические, Луна, Метеориты, Оболочки планетные, Планеты (астрономия и астрофизика).*

Г

Галактики

Галактиками (греч. «гала» — молоко) называются большие, дисковидные по форме звездные системы, состоящие из миллиардов светил, являющиеся одними из важнейших и наиболее устойчивых крупных структурных элементов Вселенной. Звезды в галактике обращаются под действием сил тяготения вокруг общего центра масс, который находится в центральном сгущении вещества.

Первоначально была открыта наша Галактика, название которой пишется с большой буквы. Ряд выдающихся астрономов, в первую очередь В. Гершель, изучая расположение и количественное распределение звезд на небе, пришли к выводу о существовании великого звездного объединения, «звездного острова». Поскольку основной деталью такого острова был Млечный Путь, то систему назвали «молочной», т.е. Галактикой. Более поздние наблюдения за далекими туманностями за пределами нашей Галактики показали, что они также являются звездными системами, подобными нашей.

К настоящему моменту астрономы сумели открыть и описать примерно 32 тысячи галактик, однако, математические модели предполагают наличие во Вселенной порядка 100 млрд

систем. Однако надо заметить, что несмотря на их множественность, изучение «звездных островов» уже сегодня дало ощутимые результаты, поскольку эти системы довольно-таки однообразны по структуре. Изучая в 1936 г. строение галактик, американский астрофизик Э. Хаббл определил существование нескольких основных их классов.

Классификация Хаббла, применяемая до сих пор ввиду своей универсальности и точности, была названа учеными камертонной из-за несколько необычного вида схемы, отображающей эту классификацию. А именно, схема напоминает вилку камертона — с «рукоятью» и двумя «рожками», сходящимися своими концами. «Рукоять», «рожки» и прочие участки схемы заняты разными классами звездных систем. В частности, в конечной точке соприкосновения «рожек» камертонной схемы находятся т.н. неправильные галактики, названные так по причине отсутствия у них четкой внутренней структуры. Сюда принадлежат, скажем, Большое и Малое Магеллановы Облака. Обозначаемые в классификации буквами Ir (от английского *irregular* — беспорядочный, неправильный), системы данного класса насчитывают порядка $1/20$ от общего числа известных галактик.

«Рукоять» же камертона сложена эллиптическими галактиками, которые обозначаются буквой E. Полное отсутствие в этих медленно вращающихся «звездных островах» газопылевых туманностей свидетельствует, что перед нами наверняка окончательно сформированные системы, в которых процессы звездообразования прекратились миллионы лет тому назад. По форме эллиптические галактики различаются на шаровидные и эллипсообразные. Эти системы многочисленны, на них приходится в общей сложности $1/4$ от общего числа. «Ручка» камертона заканчивается линзообразными галактиками (их символ S0). Они, несколько шаровидные по форме, весьма много-

численны — насчитывают $1/5$ от общего числа открытых астрономами систем. Спиралевидные системы, помеченные через S, наиболее многочисленны. Их найдено в количестве $1/2$ от общего числа. Различаемые на два подкласса, спиралевидные галактики расположены на «рожках» камертонной вилки, причем каждому рожку соответствует свой подкласс — обычные и пересеченные. Все спиральные галактики обладают т.н. ветвями, или рукавами, загнутыми по спирали структурами, образующими на плоскости диск галактики.

Пересеченные в добавление к ветвям «оснащены» поперечной перемычкой в центральной части, причем эта структура пересекает центральное сгущение. Из-за особого строения пересеченные обозначаются как SB галактики (от англ. bar — перемычка, отсюда буква B в обозначении). Пересеченные галактики делятся на типы, обозначаемые как SBa, SBb и SBc. Типы обычных спиральных систем обозначаются как Sa, Sb, Sc. Наша Галактика является обычной спиральной и принадлежит к типу Sb.

Галактики имеют огромные размеры и бесконечно удалены друг от друга. Величина одной из ближайших к нам, туманности Андромеды, как минимум в 1,5 раза превосходит линейные размеры нашей системы. Достигая в поперечнике 40 кпк, туманность Андромеды вмещает в себя 340 млрд звезд! Самые далекие «звездные острова» находятся на расстоянии 12—13 млрд св. лет от нашей Галактики, что соответствует дистанции примерно в 122 квинтиллиона км.

Более того, расстояние между системами не остается постоянным. Еще в 1929 г. Хаббл обнаружил в спектрах излучения далеких галактик т.н. красное смещение — смещение линий к красному концу спектра, что свидетельствовало об удалении этих объектов на огромной скорости, сопоставимой со скоростью света.

И действительно, галактики разбегаются друг от друга в любой точке пространства. Это разбегание послужило доказательством теории расширения Метагалактики и, стало быть, инфляции всей Вселенной.

Подробнее по отдельным вопросам см.: *Астрофизика, Величины астрономии, Звезды, История астрономии, Расширение Вселенной, Системы мира, Солнечная система.*

Ганимед

Название этому спутнику Юпитера было присвоено С. Мариусом в 1614 г., который основал тем самым традицию давать вновь открытым небесным телам наименования, связанные с увековеченными на звездном небосклоне персонажами античной мифологии: греческий Ганимед был виночерпием Зевса.

Астрономия и астрофизика

Самый большой спутник Юпитера открыт великим итальянским ученым Г. Галилеем в 1610 г., одновременно с тремя другими, наиболее крупными и заметными спутниками этой планеты (галилеевыми). Его яркость, впрочем, уступает яркости всех остальных юпитерианских спутников. Диаметр тела составляет 5260 км, т.е. в полтора раза превышает лунный и на 500 км – меркурианский. По массе, равной 148,5 квинтиллионам т, Ганимед в 2,02 раза превосходит Луну.

Ганимед обращается вокруг Юпитера на расстоянии 1070 тыс. км, совершая полный оборот по своей орбите за 7,2 земных суток. Подобно остальным трем большим спутникам

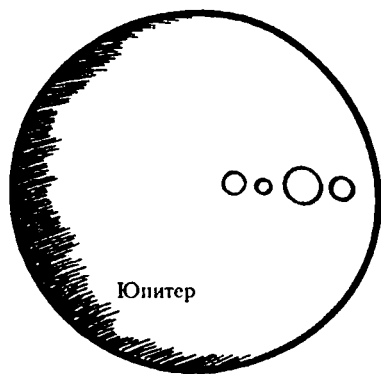


Рис. 28. Юпитер и его галилеевы спутники (сравнительные размеры)

Юпитера, он всегда повернут к планете одной стороной, что объясняется совпадением скорости оборота тела вокруг собственной оси со скоростью орбитального обращения. Орбита Ганимеда почти круговой формы, лежит в экваториальной плоскости планеты.

Поверхность спутника, как принято говорить, сильно кратерирована, т.е. изрыта кратерами, образовавшимися в результате метеоритных ударов.

Области многочисленных кратеров разделены разломами, которые называются желобами. Сложная система желобов и соседствующих с ними горных хребтов в относительно светлых участках космического тела опоясывает обширные, протяженностью до 1000 км, кратерированные зоны.

Есть участки темнее, они представляют собой неглубокие котловины, испещренные кратерами. Обширная темная зона на обратной Юпитеру стороне спутника является местом выхода древних пород.

Некогда на поверхности Ганимеда протекали активные геологические процессы, обусловленные тектоническими движениями его коры. Сегодня эта активность затихла, о ней свидетельствуют лишь некоторые сложные части рельефа, например, выгибающиеся складками горы в местах столкновения крупных платформ. Ганимед почти сплошь покрыт льдом, о чем свидетельствуют оптические данные, включая инфракрасное обследование спутника.

Самым интересным доказательством, однако, являются т.н. яркие белые «звезды» на спутнике. Это места падения метеоритов в лед: поверхность льда при ударе покрывается расходящимися беловатыми трещинами. Кроме того, дно таких кратеров вогнутое, оно возникло в результате не осыпания твердой породы, а оплавления и быстрого замерзания льда. Рельеф спутника слабо выражен, здесь отсутствуют высоты более 1 км, что подтверждает существование ледового покрова.

Подробнее по отдельным вопросам см.: *Величины астрономии, История астрономии, Метеориты, Спутники естественные, Юпитер.*

Геология космическая

Космическая геология (от греч. «Гея» – «земля», «логос» – «наука») – научное направление в геологии, занимающееся изучением строения планетных недр и их физико-химических особенностей, а также разнообразных экзогенных и эндогенных природных процессов, формирующих тела планет, их облик. В строгом смысле слова, геология – это наука о земных недрах и земной поверхности, поэтому название «космическая геология» не является точным и, вероятно, в скором времени будет заменено на более удачное.

Геология космическая опирается на сравнительно-планетологический анализ, причем за эталон, образец для сравнения используется относительно хорошо изученная Земля. Представления о происходящих на нашей планете геологических преобразованиях экстраполируются на иные планеты и естественные спутники. Кроме того, основной задачей космической

геологии сегодня является изучение истории планет. Полученные данные об эволюции разных космических тел позволяют понять законы формирования нашей планеты. Это необходимо для решения практических вопросов земной геологии: поиска полезных ископаемых, защиты от вулканической деятельности и землетрясений и т. д.

Что касается разведки минерального сырья и полезных ископаемых на других планетах, то это пока задача будущего. Космическая геология, изучая планеты, познает в первую очередь Землю. Этот факт дает возможность свободно пользоваться неточным термином.

Происходящая от планетологии, космическая геология включает в себя дочерние дисциплины, которые относятся к изучению конкретных объектов. Так, например, существуют науки ареология и селенология, под которыми понимаются геология Марса и Луны соответственно. Космическая геология состоит из четырех главных разделов – исторической геологии, геофизики, тектоники и геодинамики.

Вулканические извержения и землетрясения, катастрофические природные явления, перемещая огромные массы каменного вещества на поверхности планет, участвуют тем самым в существенных преобразованиях рельефа. Вулканизм и сейсмическая активность является обязательным спутником планетарного орогенеза – горообразовательных процессов.

Порожденные внутренними силами, последние определяют облик той или иной планеты, если только она обладает твердой корой. Последние лучшие изыскания, данные геологии и сравнительной планетологии свидетельствуют, что некогда процессы орогенеза протекали куда активнее, чем в нашу эпоху. Извержения вулканов и катастрофические землетрясения на всех планетах земной группы происходили весьма энергично. В том числе и на Земле.

На нашей планете сменялись т.н. стадии горообразования, в результате чего Земля приняла свой современный облик. По завершении последней стадии внутренние силы планеты постепенно снизят активность до минимума. Спустя несколько десятков миллионов лет пугающие современного человека подземные толчки станут настолько слабыми, что на них перестанут обращать внимание.

Схожая картина наблюдается сегодня на вулканически весьма активном прежде Марсе. Это геологически мертвая планета. Впрочем, она предупреждает нас о другой возможной опасности со стороны рельефообразующих сил Земли. Человеческая цивилизация существует только на суше и в основном за счет эксплуатации колоссальных ресурсов суши. Иными словами, нашим домом стала наиболее мощная часть литосферы. Уже в глубоком прошлом люди осознали это, воплотив ранние представления о своей зависимости от материковой коры Земли в мифах про бесконечную борьбу наземных обитателей с чужеродными существами из других миров – в первую очередь из моря. Благодатный мир суши снабдил человека многочисленными ресурсами, на которых в конечном итоге выросла наша цивилизация.

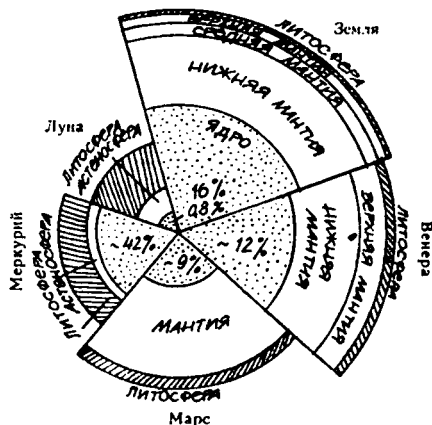


Рис. 29. Модели строения недр Луны и планет земной группы

Наземная среда, столь щедрая по отношению к человеку, однако, не вечна. Она существует исключительно за счет процессов горообразования, которые подняли ее над водами первобытного океана. Едва эти процессы прекратятся, что неизбежно произойдет в будущем, как суша станет медленно, но неумолимо разрушаться. Начнутся процессы, обратные орогенезу, т.е. денудация (выравнивание) горных пород, их разрушение разными внешними стихиями. То же самое сегодня происходит на Марсе.

Конечно, нельзя думать, будто суша окажется полностью уничтожена, и ее место займет море. Суша останется сушей в любом случае, но вот ее качество заметно ухудшится. На Марсе нет морей, которые могли бы затопить его разрушающуюся поверхность. Однако красная планета геологически совершенно не пригодна для жизни на ней человека. Схожая судьба ждет и Землю. Поверхность нашей планеты будет обезображена эрозией, колоссальные ресурсы земной коры окажутся уничтоженными.

На Марсе процессы орогенеза закончились в незапамятные времена, за десятки миллионов лет до настоящей эпохи. Последствия разрушения горных пород на обширных равнинах этой планеты можно наблюдать на фотографиях. Скажем, космическим геологам известен т.н. Большой каньон длиной в 4000 км в долине Маринер.

На Марсе в число активных разрушителей – стихий, вызывающих денудацию, – входит преимущественно ветер, а также солнечное излучение. Ветер наиболее активен. Известно, что работа многих посадочных модулей, запущенных человеком на красную планету, остановилась оттого, что их просто растерзали мощные бураны, дующие на Марсе. И все-таки даже столь грозный разрушитель, как ветер, ничто в сравнении с целой армией сил денудации на нашей планете. Между прочим, имен-

но в силу этой причины на Марсе находится самая высокая гора в Солнечной системе – потухший вулкан Олимп, который достигает 21 км. Самая высокая точка нашей планеты (гора Джомолунгма, что в Гималаях) равняется всего 8848 м, т.е. в 2,4 раза ниже марсианского рекордсмена. И это притом, что Земля геологически гораздо активнее.

Все дело в том, что наша планета является царством жидкой воды, которая представляет собой главную разрушительную силу. Вода, забирая из воздуха углекислый газ, немного подкисляется и превращается в слабый раствор угольной кислоты. В таком виде жидкость, способная проникнуть куда угодно, пускается в свой вековечный круговорот. Он начинается с дождей, активно размывающих почвы, подпочвы и материнскую породу. Затем вода просачивается глубоко в толщу горных пород, образуя в них трещины, подходящие для выветривания.

Наполовину вода – наполовину угольная кислота, эта жидкость растворяет мягкие песчаники и известняки, а также уничтожает вещества, склеивающие твердые минералы. В конечном итоге ни одна порода не выдерживает натиска воды. И мягкие, и твердые минералы оказываются перед ней совершенно беспомощными. Исключение представляет глина, которая не боится воды, но напротив, служит т.н. водоупором.

Пласты глины или другой водоупорной породы задерживают воду, не позволяя ей спуститься ниже и основательно растворить глубоко залегающие породы. Жидкость, следуя по водоупору, пробивается на дневную поверхность, где образует большие и малые реки – сильнейшие разрушители горных пород. Крупнейшие реки мира выносят в океаны каждая по несколько сотен миллиардов кубометров твердых частиц, образовавшихся вследствие денудации горных пород. Ничего подобного больше нигде в космосе не наблюдается.

Впрочем, ученые убеждены, что не все планеты земной группы столь неактивны геологически. На Венере, видимо, протекают бурные процессы горообразования, сопровождающиеся не менее интенсивным разрушением. Последнему вполне способствуют климатические условия на этой планете: насыщенность атмосферы кислотами и прочими «реактивами», резкие различия в увлажненности воздуха, высокие температуры. А вот процессы выветривания здесь не сильны, поскольку скорость воздушных потоков в нижних слоях атмосферы ничтожна в сравнении с таковой на Земле.

Подробнее по отдельным вопросам см.: *Ареология, Астрофизика, Бомбардировки космические, Величины астрономии, Вода, Вулканизм, География планет, Исследования космические, Оболочки планетные, Планеты (астрономия и астрофизика), селенология, Солнечная система, Спутники естественные, Топография космическая, Эволюция Солнечной системы, Экология Солнечной системы.*

Д

Деймос

Деймосом (от греч. «ужас») – по имени одного из многочисленных сыновей бога войны Ареса – называется один из двух естественных спутников планеты Марс (наименьший по размеру). Существование этого тела было предсказано великим астрономом И. Кеплером, пророчество которого использовал в несколько искаженной форме в своих «Путешествиях Гулливера» Дж. Свифт в качестве любопытного факта о небесной сфере.

После открытия марсианской луны, довольно точные сведения о Деймосе, приводимые Свифтом в своем произведении, стали исторической загадкой, т.к. никто не мог объяснить их происхождения. Открыт спутник был лишь в 1877 г. американцем А. Холлом с помощью сильного телескопа.

К настоящему моменту сделаны многочисленные фотографии 40% поверхности Деймоса. Судя по своему бесформенному, глыбообразному облику, изначально этот спутник являлся астероидом. Предполагается, что первоначально это был космический скиталец из пояса астероидов, которого Марс захватил силой гравитации. Сегодня Деймос обращается вокруг планеты вместе с другим естественным спутником, Фобосом. Раз-

меры каменной глыбы Деймоса достигают 15x12x8 км. Его поверхность изрыта кратерами метеоритного происхождения. Орбита марсианской луны лежит в плоскости, наклоненной на 2,7 градуса к экватору планеты.

Среднее расстояние между орбитой спутника и Марсом равняется 23,5 тыс. км. Т.е. Деймос в 16 раз ближе к Марсу, чем Луна к Земле.

Период обращения спутника составляет 30 ч 18 мин. Если сопоставить угловые скорости вращения Марса и его спутника, то окажется, что Деймос весьма медленно движется относительно поверхности красной планеты.

Однако его движение по небу, направленное с запада на восток, хорошо заметно наблюдателю на Марсе, поскольку тело движется в 24 раза быстрее, чем Луна. Деймос в полной фазе выглядит очень яркой звездой на марсианском небосводе – в 2 раза ярче Венеры. Особенностью движения Деймоса вокруг Марса является то, что спутник восходит и заходит не каждый день. За 30,4 ч происходит полная смена фаз.

Подробнее по отдельным вопросам см.: *Астероиды, Величины астрономии, История астрономии, Марс, Метеориты, Спутники Естественные, Фобос.*

Е

Европа

Европа, спутник планеты Юпитер, была открыта Г. Галилеем в январе 1610 г., вместе с тремя другими крупными лунами планеты-гиганта (галилеевыми). Название – в честь легендарной древнегреческой царевны, возлюбленной Зевса – спутнику было присвоено в 1614 г. С. Мариусом.

Это крупное небесное светило, хорошо заметное даже в бинокль. Из всех юпитерианских спутников она обладает максимальной отражательной способностью. Размеры Европы относительно невелики, она является самой маленькой в четверке крупных спутников планеты. Диаметр достигает 3140 км, что на 350 км меньше лунного (т.е. равен 0,9 лунного диаметра). Масса Европы составляет 0,66 массы Луны, иначе 48,5 миллиардов т.

Спутник обращается вокруг Юпитера на расстоянии 670,9 тыс. км, совершая полный оборот за 3,6 земных суток. Скорость обращения вокруг собственной оси у Европы равна скорости обращения вокруг планеты, как у Луны, поэтому спутник – так же, как и Луна к Земле, – всегда обращен к Юпитеру одной стороной. Фотосъемка юпитерианских спутников, проведенная «Вояджерами», показала, что Европа является самым

гладким телом в Солнечной системе. На спутнике отсутствуют сколько-нибудь ярко выраженные крупные формы рельефа. Наиболее высокими горами являются 50-метровые холмы. Вся поверхность Европы покрыта такими холмами, буграми и пригорками, вытянутыми в цепочки, разделенные равнинами и углублениями. Причина возникновения такого рельефа остается загадкой для науки. Необъяснимо и почти полное отсутствие метеоритных кратеров на спутнике, за исключением лишь нескольких диаметром 5 км. Либо Европа молода как космический объект, либо ее поверхность регулярно претерпевает некое обновление.

Другой загадкой Европы оказалось наличие на поверхности тела странных, т.н. линейчатых, структур. На слабоязвистом фоне поверхности хорошо заметны четко прочерченные отрезки прямых, образующие вместе сложный геометрический узор без какой-то определенной системы. Идущие на сотни километров во всех направлениях, эти полосы достигают в ширину от 10 до 300 км (большинство – в пределах 100 км) и имеют глубину около 100 – 200 м, иногда несколько больше.

Гипотезы объясняют особенности облика спутника Юпитера более чем вероятным существованием на ней глобального ледяного покрова, под которым находится полурастопленная ледяная каша (шуга), смесь жидкой воды и многочисленных льдинок. Суммарная толщина этих слоев равняется 100 м. Эти слои составляют внешнюю кору спутника, тогда как есть и вторая, внутренняя, сложенная каменными породами. Ледяная шуга образовалась под влиянием внутреннего тепла расплавленного вещества недр Европы. Верхняя корка льда не тает из-за царящих на поверхности спутника морозов.

Местные морозы очень крепки: максимальная температура на дневной стороне равняется минус 140 °С, а на границе света и тени (терминаторе) – минус 180 °С. Внутренние напряжения,

создаваемые шугой, приводят к растрескиванию льда сетью линий. Передвижения сформированных при расколах глетчеров (ледников) выравнивают рельеф спутника и уничтожают большие метеоритные кратеры.

Подобные процессы протекают на Европе, видимо, на протяжении последних 10 — 30 млн лет.

Подробнее по отдельным вопросам см.: *Величины астрономии, Вода, Геология космическая, История астрономии, Метеориты, Спутники естественные, Юпитер.*

Ж

Жизнь

Жизнь есть природная материя, достигшая высшего этапа в своем развитии. Или, согласно классическому определению, – способ существования белковых тел. Живые организмы синтезируют белковые соединения для собственного тела, потребляя внешнюю энергию и упорядочивая внутреннюю энтропию (хаотическое движение молекул). Обмениваются при этом веществом и энергией с окружающей средой и друг другом.

Все живое воспроизводится, передавая потомству наследственные признаки, закодированные в структуре молекулы ДНК (дезоксирибонуклеиновой кислоты) или РНК (рибонуклеиновой кислоты). Жизнь непрерывно приспосабливается к изменяющимся условиям под действием естественного отбора, отчего изменяется – эволюционирует. Результат эволюции живой материи – переход последней в разумную материю (человека), обладающего способностью познавать мир и самого себя.

Жизнь получает шанс для самозарождения и дальнейшего развития лишь в исключительных, благоприятных для этого условиях. Исследования показали, что на нашей планете существование организмов стало возможным благодаря длинному списку причин.

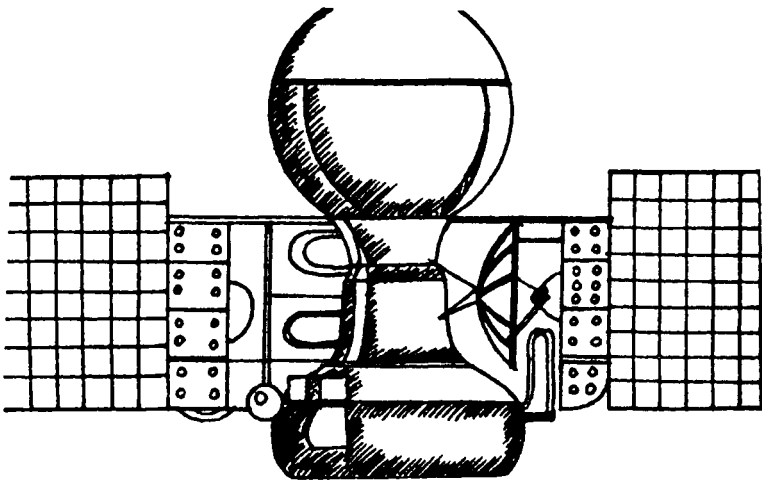


Рис. 30. Внешний вид АМС «Венера»

Во-первых, благодаря Солнцу: его масса, строение, пульсация, интенсивность и жесткость его излучения таковы, что не подавляют, но стимулируют живые формы. Кроме того, звезда находится в своеобразном «поясе жизни» – на единственной для Галактики коротационной окружности. Находящиеся здесь объекты находятся в особых физических условиях и защищены от опасных спиральных рукавов, где постоянно взрываются сверхновые звезды. Во-вторых, из-за умеренной удаленности от Солнца. На более близкой к Солнцу Венере слишком жарко, а на более далеком Марсе холодно. В-третьих, из-за достаточной массы Земли, позволившей нашей планете окружить себя весьма плотной газовой оболочкой, которая необходима для защиты живых организмов от космических излучений.

В-четвертых, из-за активности недр, вызванной глубинными процессами в мантии и ядре, включая дегазацию последнего и вулканизм. Предположительно, вулканизм или атмосферные разряды молний способствовали синтезу сложных аминокислот и белков.

В-пятых, необходимое условие для развития жизни – вода, жидкая форма которой найдена только на Земле. Вода свыше чем на 60% слагает живые организмы.

Несмотря на столь большой перечень требований живой материи к окружающей среде, современные космологические концепции, сформировавшиеся за последние пятнадцать лет, отрицают уникальность и неповторимость земной жизни во Вселенной. Согласно расчетам астронома Х. Шепли, в изученном мировом пространстве имеется около 10 млрд планет, тождественных Земле во всех отношениях. Это говорит о широком распространении живой материи в космосе. По вычислениям астронома Э. Брауна, зарождение жизни в нашей Галактике могло произойти до миллиарда раз.

В Солнечной системе нет планет, тождественных Земле, однако, ученые допускают существование примитивных форм жизни и здесь. Дело в том, что низшие организмы (особенно бактерии, лишайники, простейшие) обладают малым уровнем информационной сложности, а потому широкими приспособительными возможностями.

Опыты и наблюдения над земными примитивными особями доказали способность этих организмов адаптироваться к температурам от минус 273 °С до плюс 450 °С, к длительному пребыванию в вакууме, к дозам в 870 тыс. рентген, к давлению в 250 атм. и другим экстремальным условиям. Собственно, сам факт приспособления жизни к сильнейшему окислителю кислороду поразителен: первые бактерии на Земле боялись кислорода и прекрасно обходились без него. С увеличением коли-

чества этого газа в атмосфере они почти полностью вымерли, уступив место т.н. аэробным (потребляющим кислород) организмам.

Наиболее вероятно присутствие жизни в Солнечной системе на Венере, Марсе, Юпитере и галилеевом спутнике Ио. К слову, Венера и Ио проявляют вулканическую активность. В атмосфере планеты-гиганта Юпитера допускается некоторыми учеными существование бактерий в области Красного Пятна. Царящие там условия вполне подходят для открытых недавно на Земле в термальных источниках микробов, выделяющих метан и потребляющих углекислоту, воду и кислород. Что касается Ио, то этот массивный спутник проявляет вулканическую активность: вулканизм здесь создает обстановку, благоприятную для самозарождения жизни и ее эволюции.

Следы рек на Марсе и содержание больших количеств воды в марсианском грунте в виде льда и связанной в минералах дают основания предполагать, что на красной планете когда-то среда была достаточно благоприятной для живых организмов. Биологические эксперименты, проведенные на Марсе автоматикой «Викингов», убедили ученых в том, что существует веро-



Рис. 31. «Зеленые человечки» — обитатели планет Солнечной системы

ятность сохранения некоторых марсианских особей и в настоящую эпоху. Достоверно ответить на вопрос о существовании жизни на Марсе пока невозможно.

Гипотеза о возможности существования каких-нибудь организмов на Венере появилась еще во времена М.В. Ломоносова, после открытия им густой венерианской атмосферы. Дальнейшие исследования показали, что на Венере слишком жарко и слишком много ядовитых газов для развития жизни, но вопрос не был закрыт окончательно. Гипотеза возродилась в результате анализа изображений, присланных посадочным модулем советского межпланетного летательного аппарата «Венера-9», который в октябре 1975 г. совершил посадку на планету. На панораме поверхности планеты в одной из ее низин отчетливо видны структуры в виде камней очень замысловатого облика: камни напоминали двустворчатые ракушки.

Впервые на эту особенность обратил внимание морфолог А.А. Зубов, но его предположение сочли невероятным. Ныне оно пересматривается, поскольку ученые на основании изучения земных бактерий допускают, что могут встречаться микробы, способные выдержать условия венерианских низин – температуру до плюс 465 °С и скопление густых ядовитых паров. При изучении фотографий было отмечено, в частности, что ракушки (так условно называли структуры) не покрыты слоем щебенки, а значит, вполне могут двигаться. Находятся ракушки в своеобразном жилище – сложном естественном углублении между плитами. Форма всех раковин одинакова: с такой точностью копируют друг друга в неживой природе лишь кристаллы, но венерианские камни явно к кристаллам не принадлежат. Эти и многие другие особенности указывают на то, что ракушки могут оказаться живыми особями. Меняет представления о распространении жизни во Вселенной и открытие добиологической эволюции жизни: первоначально в гигантском

химическом реакторе природы протекали сложные химические превращения, происходил синтез более сложных органических соединений, предшествовавший возникновению живых клеток. В этом синтезе не последнюю роль играли космические процессы.

Астрономами и астрофизиками найдены фактические доказательства и проведены расчеты, которые убеждают, что под действием ультрафиолетового и других излучений в околозвездных пылевых облаках возникают сложные углеродистые соединения. Их химическая эволюция до аминокислот продолжается в пылевых сгустках, на поверхности астероидов, метеоритов и особенно комет. Там органика взаимодействует с окружающим веществом и преобразуется под влиянием изотопов и космических лучей.

Затем с пылью, кометами, метеоритами космическая органика оседает на планеты, где в иной среде начинается новый этап химической эволюции во взаимодействии с водой и вулканическим материалом. В прошлом существовала теория панспермии, согласно которой жизнь зародилась в космосе и переносилась затем с планеты на планету. Сегодня эта теория вновь становится актуальной, правда, с некоторыми оговорками. Скорее всего, в космосе началась ранняя химическая эволюция жизни, тогда как появление первых клеток и их биологическая эволюция протекали на планетах. Поэтому вполне вероятно, что примитивные формы жизни возникли и на других, кроме Земли, планетах Солнечной системы в результате заноса на них органики из космоса. Появление разумных существ, которых называют по созданной фантастами традиции «зелеными человечками», на иных, помимо Земли, телах Солнечной системы представляется невозможным, потому что уровень информационной сложности такой системы слишком высок и, соответственно, адаптационные возможности невелики.

Человек – продукт длительного развития живой материи, преобразовывавшей неорганический мир до создания сложной саморегулирующейся оболочки – биосферы, охватывающей все природные (геохимические) процессы планеты и направляющей ее космическую эволюцию. Он адаптирован к биосфере, всецело зависит от нее. В Солнечной системе космическое развитие ни одной из планет не связано с деятельностью жизни. На них нет биосферы. А стало быть, нет и разумных существ.

Некоторое время тому назад появилась также гипотеза о существовании небелковых форм жизни, эволюционирующих из звездной плазмы. Согласно этой гипотезе, подобные организмы могут населять поверхности звезд, включая Солнце. Нередко загадочное и непредсказуемое поведение вещества в солнечной фотосфере и влияние Солнца на жизнь Земли объясняется присутствием на дневном светиле подобных организмов. Допускается также существование разума на звездах, причем этот разум может являться прародителем жизни на планетах. Против этой гипотезы говорят несколько фактов. Во-первых, нет никаких свидетельств действительно «живого» поведения вещества в солнечной фотосфере. Кроме того, количество ядерных превращений солнечного газа необычайно мало в сравнении с химическими превращениями органических молекул, и в первую очередь белковых. Поэтому ядерные реакции не в состоянии обеспечить должную сложность и разнообразие плазменных образований, что и наблюдается астрофизиками. Сложность живой природы Земли, к слову, приближенно оценивается как 10 в тысячной степени бит.

Подробнее по отдельным вопросам см.: *Биология космическая, Бомбардировки космические, Венера, Вода, Вулканизм, Земля, Ио, Исследования космические, Кометы, Луна, Марс, Метеориты, Оболочки планетные, Солнечная система, Солнце, Эволюция Солнечной системы, Экзобиология.*

З

Законы движения космических тел

Движение космического тела по орбите происходит под влиянием множества взаимодействий. В том случае, например, когда наблюдаемые тела – планета и ее спутник, наиболее важную роль играют приливные взаимодействия между ними. Наиболее важные механизмы взаимодействия в движении крупных тел включают и гравитационные взаимодействия с другими сравнительно крупными телами и Солнцем. Эти силы могут длительно воздействовать на конфигурации спутниковых систем. Различные процессы эволюции орбитального движения играют важную роль и в движении малых тел. Их воздействие являлось решающим при распределении частиц вещества в протопланетном облаке, создав саму возможность появления спутников. Такие частицы во множестве существуют и сейчас – как частицы, захваченные планетой из космического пространства, или же как осколки, выброшенные с поверхности спутников при столкновении.

Любые силы – даже такие, как сопротивление атмосферы или давление солнечного излучения – вызывают ускорения, обратно пропорциональные радиусу частицы; для малых тел именно эти ускорения оказываются наиболее существенными.

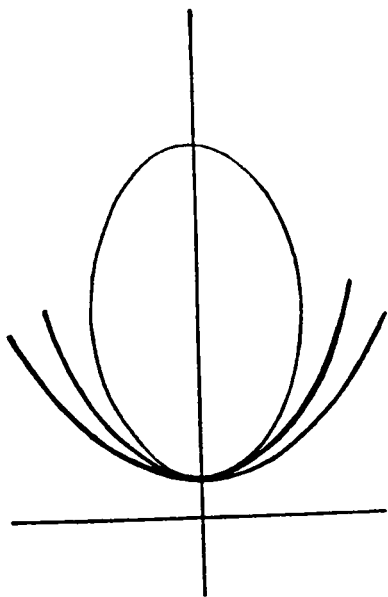


Рис. 32. Гипербола, парабола,
эллипс.

Орбиты же частиц «среднего» размера – от нескольких метров до нескольких км – испытывают влияние в основном сил, рассматриваемых в классической небесной механике, т.к. эти тела недостаточно крупны, чтобы оказывать серьезное приливное воздействие, но недостаточно малы, чтобы поддаваться действию неклассических эффектов, существенных для малых частиц.

Видимое движение планет имеет несколько особенностей. Прежде всего, планеты в своем движении не отходят от эклиптики (плоскости орбиты) на значительное расстояние. Исключением можно назвать Плутон, орбита ко-

торого наклонена к плоскости эклиптики на 17 градусов – более чем орбита какой-либо другой планеты. Далее, движение планет всегда прямое, т.е. происходит с запада на восток. И, наконец, в видимом движении планет периодически бывают стояния – остановки, после которых планета начинает двигаться в обратном направлении – к западу. Это продолжается до нового стояния, от нескольких недель до нескольких месяцев, а затем планета возобновляет путь на восток. Если нанести траекторию видимого движения планеты на карту, то получится сложная кривая с зигзагами, самопересечениями и петлями.

Уравнения движения, применяемые в небесной механике, слишком приближены, описываемые им процессы – случайны, а промежутки времени слишком велики, чтобы можно было уверенно переносить решения, получаемые в наше время, в далекое прошлое. Единственное, что могут позволить себе астрономы-теоретики – это построение моделей на основе законов сохранения и динамических уравнений, полученных с учетом орбитальных возмущений спутников.

Законы Кеплера

Иоганн Кеплер, славившийся исключительной точностью математических расчетов, впервые стал известен после выхода в свет книги «Тайна космографии». Попытки Кеплера геометрически усовершенствовать систему мира Коперника потерпели неудачу, однако, на автора рукописи обратил внимание Тихо Браге, знаменитый уже к тому времени датский астроном, обосновавшийся неподалеку от Праги. В 1600 г. Кеплер был приглашен Тихо Браге в Прагу, а после его смерти оказался его преемником на должности придворного математика императора Рудольфа II. Кеплер, будучи ярким сторонником теории Коперника, положил немало сил и времени на поиски доказательств и подтверждений этой теории. В качестве основного объекта своих исследований Кеплер избрал Марс, который долгое время наблюдал еще Тихо Браге. Немало времени потратил Кеплер, пытаясь подобрать для Марса круговую орбиту, которая соответствовала бы данным наблюдений Тихо Браге, причем так, чтобы Солнце не располагалось бы в ее центре.

В результате вычислений, на которые ушло более шести лет, Кеплер пришел к выводу, что Марс движется не по круговой, а по эллиптической орбите, и Солнце находится в одном из фокусов этого эллипса. Более того, расчеты Кеплера показали, что Марс движется по своей орбите неравномерно.

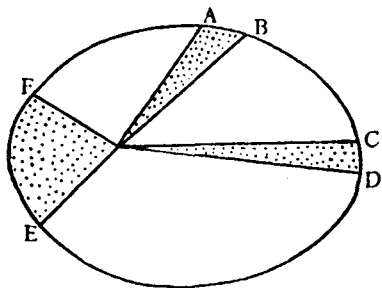


Рис. 33. Второй закон Кеплера

Это открытие стало предвестником другого, большего открытия — закономерности в движении планет. Открытые Кеплером законы получили его имя; время показало, что астроном и математик не ошибся ни в своих исходных положениях, ни в расчетах.

Первый закон из трех гласит: «Каждая планета движет-

ся по эллипсу, в одном из фокусов которого находится Солнце». В результате вычислений Кеплера оказалось, что эллипсы планетных орбит очень мало отличаются от кругов. Так называемый коэффициент эксцентриситета e , характеризующий вытянутость эллипса, имеет наибольшее значение для орбиты Плутона — $e=0,25$, немногим менее он для орбиты Меркурия — $e=0,21$. (Коэффициент эксцентриситета определяется по величинам большой и малой полуосей эллипса орбиты.)

Второй закон Кеплера имеет, на первый взгляд, математически более жесткую формулировку: «Радиус-вектор, проведенный от Солнца к планете, в равные промежутки времени описывает равновеликие площади». Чисто математический по звучанию, на самом деле этот закон описывает, прежде всего, характер движения планет, и, в частности, изменение скоростей. Линейная скорость планеты изменяется в зависимости от кривизны дуги орбиты; наибольшую скорость планета имеет в перигелии (точке, ближайшей к Солнцу), наибольшую — в афелии (точке, наиболее удаленной от Солнца). Кроме того, длина большой полуоси эллипса равна полусумме расстояний от Солнца до афелия и перигелия.

Звезды

Звезды — громадные сферические сгущения плотного и горячего ионизированного газа (плазмы), способные к самопроизвольному свечению за счет энергии, берущейся от протекающих в недрах этих объектов термоядерных реакций. Предполагается, что многие звезды обладают планетными системами. Еще великий мыслитель эпохи Возрождения Дж. Бруно понял, что звезды являются огромными огненными шарами, сравнимыми с Солнцем. Наше дневное светило — это тоже звезда. Сегодня спектральный анализ разных космических объектов показал, что предположение Бруно было справедливым. Солнце является рядовой звездой из великого множества звезд, встречающихся во Вселенной. Если считать, что общее число звезд в нашей Галактике, достигает 200 млрд, а число известных галактик равняется 100 млрд, то получается, что всего во Вселенной находится примерно 20000 квинтиллионов звезд. Несмотря на то, что ни к одной из них ученые не смогут в обозримом будущем отправить исследовательский аппарат, уже сегодня методами астрофизики собран колоссальный материал о многих светилах в пределах нашей Галактики, а также за ее пределами.

На основании добытого материала можно утверждать, что астрономам известны все основные типы звезд и их физические характеристики. Все эти сведения были получены при анализе излучений светил. В результате такого исследования было установлено, что светимость и спектральные линии определяются физическими условиями на поверхности звезды, которые в свою очередь обусловлены возрастом и массой объекта.

В зависимости от этих характеристик, взятых в их взаимосвязи, были определены основные типы звезд. Все светила принято группировать в т.н. последовательности, восстанавливае-

мые по данным о звездной эволюции. Дело в том, что звездам свойственны процессы старения. По мере выгорания ядерного топлива в недрах светил, они меняют массу, светимость и прочие качества, меняя тем самым свой врожденный тип и переходя из одной последовательности в другую.

Главная последовательность включает изначальные типы звезд, обладающих исходными качествами. Сюда относятся голубые гиганты, желтые, оранжевые и красные карлики. Иногда желтые и красные карлики называют просто желто-оранжевыми звездами, поскольку к их числу принадлежит Солнце, считающееся «нормальной» звездой. Однако по своим размерам Солнце, как и его сородичи, относится все-таки к карликам. Судя по всему карликовые звезды очень многочисленны во Вселенной. В областях посреди галактического диска, несколько ближе к краю, где находится Солнце, можно встретить великое множество желтых, оранжевых и красных карликов. Температура поверхности первых двух равняется плюс 4000–7000 °С, их размеры и масса приближены к солнечным.

Красные карлики весьма многочисленны. Две ближайšie к Земле звезды, не принимая в расчет Солнце, относятся к таким светилам. Эти объекты тусклы, они светят в сотни раз слабее Солнца. Температура их поверхности достигает от силы плюс 4000 °С. Их цвет красный или красновато-оранжевый, отсюда и название карликов. Ближайšie к нам красные карлики — Проксима Центавра и Летящая звезда Барнарда.

Проксима входит в состав системы тройного светила под названием альфа Центавра, удаленного от нас на 4,2 св. года. Карлик расположен ближе остальных двух звезд к Солнечной системе на 2 000 а.е. Температура поверхности этого слабоизлучающего объекта плюс 4 000 °С, но иногда по необъяснимым причинам в некоторых местах поднимается до 16 000 °С. При этом Проксима активно испускает рентгеновские лучи.

Что касается Летящей звезды Барнарда, то она, видимо, обладает планетной системой из трех планет-гигантов, подробнее этот момент рассмотрен в соответствующих статьях.

Наряду с красными карликами существуют подобные им красные гиганты и сверхгиганты. Оба типа подобны по цвету и температуре поверхности, но различаются по светимости, что позволило ученым провести между ними четкую грань и отнести великанов к разным последовательностям. При столь низких температурах, как 3000°C , невозможно сильное свечение, если только звезда не обладает исполинскими размерами и низкой плотностью вещества. В таком случае она интенсивно теряет лучистую энергию.

Чтобы представить размеры этих великанов, достаточно узнать, что одной из самых больших звезд в нашей Галактике является красный сверхгигант. Это объект А из двойной системы Эпсилон Возничего. Эпсилон А в 190 раз превосходит Солнце в диаметре и в 40 тысяч раз по светимости. Его сосед по двойной системе, Эпсилон В, еще более впечатляющ. Некогда он был красным сверхгигантом, а теперь стал инфракрасной звездой, поскольку энергии на видимое излучение ему не хватает. Причиной тому именно колоссальные, противоестественные размеры космического гулливера, поперечник которого составляет 2700 диаметров Солнца! Неудивительно поэтому, что температура поверхности Эпсилона В равняется только плюс 1000°C . Этого недостаточно, чтобы расплавить железо.

Если вообразить себе такого великана посреди Солнечной системы, то внутри его громадного шара окажутся орбиты всех планет вплоть до Урана. Линия экватора звезды протянулась на 5,9 млрд км, что равняется среднему расстоянию от Солнца до Плутона. Оттого чудо-светило служит пока единственным в своем роде примером самой большой и самой холодной звезды. Одновременно Эпсилон В является и наименее плотной

звездой. Его масса превышает солнечную всего в 25 раз, что удивительно при таких чудовищных размерах. Впрочем, низкая плотность является отличительной чертой всех красных гигантов. Наиболее уплотненным из них является Антарес, прозванный так (переводится как «соперник Марса»), потому что имеет одинаковые видимые размеры с данной планетой и такой же кровавый цвет. Плотность Антареса составляет $0,0014 \text{ кг/м}^3$ при диаметре в 328 солнечных и массе в 50 солнечных. Дистанция от Земли до Антареса протянулась на 171,3 св. года. Температура его поверхности равна $3000 \text{ }^\circ\text{C}$.

Несколько холоднее другой яркий великан из этой последовательности — Бетельгейзе, ее температура насчитывает $2700 \text{ }^\circ\text{C}$. Звезда удалена от нас примерно на 653 св. года. В поперечнике она в 850 раз превышает наше дневное светило. Радиус гиганта превышает радиус марсианской орбиты, а вот плотность объекта составляет от силы $0,0006 \text{ кг/м}^3$. Этот красный гигант интересен тем, что на нем впервые обнаружены научно предсказанные для красных гигантов плазменные моря — области сверхгорячей плазмы, извергаемой на поверхность звезды из ее сердцевины.

Ученые уверенно предполагают, что в нашей Галактике преобладают карликовые звезды. Их число увеличивается за счет выделенных в новую последовательность белых карликов, из которых найдены и описаны далеко не все. Причудливое название эти звезды получили из-за примечательных особенностей свечения. Белые карлики, являющиеся самыми маленькими светилами Вселенной, по цвету действительно белые или, реже, блекло-желтоватые.

Спектральный анализ выявляет для этих объектов присутствие сильно возбужденного энергетически водорода в поверхностном слое плазмы, а такое возможно при температуре порядка плюс $10\,000 - 15\,000 \text{ }^\circ\text{C}$. По причине небольших разме-

ров эти светила неспособны испускать видимый свет достаточно интенсивно. Блеск карликов равняется 0,01—0,001 солнечного. Эти объекты вообще излучают по большей части благодаря колоссальным запасам, оставшимся от былых времен. Энергетический резерв белыми крохами будет исчерпан лишь через несколько десятков миллиардов лет. Однако процесс затухания начался уже сейчас.

При незначительных размерах, сопоставимых с земными, карлики обладают солидной массой, близкой к солнечной. Причиной тому высокая плотность этих звезд. В числе рекорсменов по плотности следует упомянуть белый карлик Вольфа 457, который имеет в диаметре 4600 км, что немного более лунного поперечника. Температура поверхности маленькой звездочки составляет плюс 10 000 °С, а масса равняется солнечной.

Поперечник другого карлика — звезды Кейпера — составляет 0,5 земного. Однако плотность светила равна 2400 млн кг/м³, что означает следующее: литр столь плотного вещества весит 2400 т! Меньше всех по размерам звезда Лейтена. Ее поперечник достигает 1200 км, что приблизительно равняется 0,1 земного.

Один из ближайших к Солнечной системе белых карликов известен как Сириус, а точнее как Сириус В из двойной системы, поскольку объект А прекрасно виден невооруженным глазом — это крупная и необычайно яркая звезда, являющаяся самой яркой на ночном небе. По блеску она превосходит Солнце в 23 раза. Система Сириуса находится в 8,8 св. года от Земли. Карлик Сириус В превосходит Землю по линейным размерам лишь в 2,5 раза.

Однако, это настоящая звезда, т.к. температура поверхности Сириуса В равняется плюс 9000 °С, а масса составляет 0,89 массы Солнца. Отсюда находится плотность ее вещества, которая

достигает чудовищного показателя — 52 млн кг/м³. Это говорит о том, что литр вещества с Сириуса В «весит» 52 т. Светимость карлика в несколько сотен раз уступает солнечной. К числу наиболее горячих карликов относится звезда 40 Эридана В. Ее показатели: масса — 0,31 солнечной, диаметр — 0,016 солнечного. Температура ее поверхности оценивается в плюс 12200 °С, что в два раза выше температуры солнечной фотосферы! Плотность звезды 40 Эридана В равняется 110 млн кг/м³. У звезды ван Маанена поверхность нагрета также очень высоко, почти до плюс 8000 °С. Но для белых карликов это отнюдь не рекорд, даже наоборот — ниже нормы. Плотность вещества светила достигает невиданного значения 400 млн кг/м³. Среди звезд имеются и другие примечательные объекты, представленные разными перечисленных последовательностей.

Подробнее по отдельным вопросам см.: *Астрофизика, Величины астрономии, Галактики, Излучение космическое в астрофизике, Космогония, Космология, Планетология, Планеты (астрономия и астрофизика), Системы мира, Солнце, Солнечная система.*

Земля

Практически во всех языках название планеты «Земля» происходит от древнего слова, обозначавшего низ, нижнюю часть чего-либо. Впоследствии слово это закрепилось за небольшим участком земли, служащего опорой дома. С развитием земледелия понятие расширилось, стало включать в себя земельный надел крестьянина. Постепенно слово стало применяться к об-

ширным владениям князей, приобрело политический смысл. Появилось представление о русской земле и заграничных землях. Наконец, землей стали называть весь свет.

В целом эволюция названия отражает развитие мировоззренческих представлений народов древности. На протяжении большей части истории развития человечества Земля представлялась людям по-разному. Ее считали плоской, покоящейся посреди вод мирового океана. Во многих мифологиях эту плоскую Землю держали на своих спинах исполинские киты, слоны, черепахи, и прочие сказочные живые существа.

Во II в. до н.э. великий астроном античности Гиппарх из Александрии установил продолжительность солнечного года с ошибкой на 6 мин., что является очень точным результатом. Кроме того, грек вычислил размеры Луны и удаленность нашего спутника от Земли. Однако в то время, согласно геоцентрической схеме Аристотеля, Землю представляли массивным центром Вселенной, вокруг которой обращаются в своих небесных сферах планеты и прочие космические тела.

Лишь в III в. до н.э. Аристарх Самосский предположил, что Земля обращается вокруг Солнца на расстоянии 600 собственных радиусов. Мыслителя обвинили в безбожии и подвергли остракизму. Как планета Земля была открыта великим польским астрономом Н. Коперником в XVI столетии. В 1543 г. Коперник в своей книге, посвященной гелиоцентрической системе мира, впервые развил идею, что Земля является рядовым блуждающим телом – планетой, обращающейся вокруг Солнца. Так было положено начало изучения Земли как космического тела.

И. Кеплер в XVII столетии определил орбиту Земли как эллипс. И. Ньютон в XVIII в. открыл закон всемирного тяготения, что помогло науке получить много информации о физических условиях Земли – ускорение свободного падения на земной поверхности, плотность Земли, космические скорости

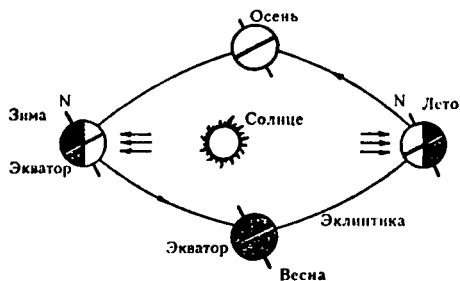


Рис. 34. Положение Земли на орбите в различные сезоны Северного полушария

для Земли, движение Земли. Несмотря на гениальные открытия многих астрономов и физиков, в научном мире до середины XX в. шла борьба гипотез об истинной природе Земли.

В конце XIX столетия, например, стала очень популярна гипотеза о вогнутой Земле. Эту весьма убедительную гипотезу использовал известный российский геолог и писатель-фантаст В. А. Обручев в своем популярном произведении «Плутония». Согласно данной версии строения мира, Земля имеет форму сферы, причем люди населяют внутреннюю сторону этой фигуры. В центре сферы, над головами жителей Земли, находятся Солнце и космические тела. Доводы гипотезы оказалось возможным опровергнуть окончательно лишь в 1957 г., когда в нашей стране был запущен на орбиту первый искусственный спутник.

Астрономия

Земля – третья планета Солнечной системы, совершающая полный оборот вокруг Солнца за 365 суток 5 ч 48 мин. 46 с.

Этот период называют периодом обращения, и, кроме того – звездным годом. Однако измерять годы как обороты Земли вокруг Солнца по отношению к звездам было бы сложно: такое исчисление затрудняло бы установление соответствия между звездным годом и земными природными сезонами; во избежание этой трудности календарный или «тропический» год

принято измерять между двумя прохождениями Солнца через точку весеннего равноденствия. «Истинный» земной год длиннее «тропического» на 20 мин. Среднее расстояние от Земли до Солнца составляет 149,6 млн км. Земля движется по эллиптической орбите, в одном из фокусов которой располагается Солнце. Ближайшую к светилу точку орбиты называют перигелием, наиболее дальнюю от него – афелием. Земля проходит через перигелий в середине зимы северного полушария, а через афелий – в середине зимы южного полушария.

Земная ось, «направленная» на Полярную звезду, что в созвездии Малой Медведицы, наклонена к плоскости вращения планеты (эклиптике) на 66,5 градуса; экватор, соответственно, наклонен. Наклоном экватора объясняются изменения размеров полярных шапок и сезонные изменения в природе умеренных поясов.

Астрофизика

Принято говорить, что Земля – шар, однако, это утверждение не вполне соответствует истине. Тщательные измерения показывают, что экваториальный диаметр планеты меньше полярного на $1/298$ долю, что составляет 48 км, т.е. Земля как бы «сплюснута» с полюсов. Эта деформация возникла не слу-

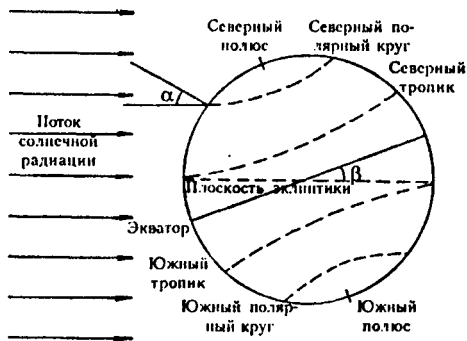


Рис. 35. Наклон Земли к плоскости эклиптики



Рис. 36. Магнитосфера Земли

чайно, и не всегда планета имела вид «эллипсоида вращения», тем более, что собственная сила гравитации Земли достаточно велика, чтобы придать земному веществу форму практически идеального шара. Этому препятствует суточное вращение. Вызванная им центробежная сила приводит в итоге к увеличению экваториального диаметра и уменьшению полярного.

Масса Земли составляет почти 6 секстиллионов т, что в 333 тысячи раз меньше массы Солнца; определить эту массу удалось только путем сложных вычислений, оттал-

кивавшихся от гравитационной постоянной и ускорения силы тяжести на земной поверхности. Объем Земли меньше объема Солнца в 1301 раз, а диаметр – в 109 раз. Средняя плотность земного вещества достигает 5500 кг/м^3 , хотя плотность земной коры значительно меньше. Поверхность Земли покрыта водой на 75%; Мировой океан вмещает 98% всей воды планеты.

Атмосфера Земли на 78% состоит из азота, 21% приходится на долю кислорода, инертные газы составляют 0,94%, углекислый газ – 0,03%, водяные пары и прочие примеси – также не более 0,03%. За пределами плотных слоев атмосферы, на границе тропосферы, расположен тонкий слой озона, защищающий все живое на планете от губительного действия ультрафиолета.

Земля, как и все планетные тела, обладает сравнительно сильным магнитным полем. Магнитные полюса не совпадают с географическими, более того – они постоянно « дрейфуют » по направлению к экватору. Магнитное поле Земли изредка меняет знак, в результате чего на месте северного магнитного полюса оказывается южный и наоборот.

О внутреннем строении Земли ученым приходится судить по косвенным данным геофизики и сейсмологии; последняя, главным образом, поставляет информацию о вулканических процессах и возбуждаемых ими волнах в земной коре.

Сейчас принято считать, что толщина коры планеты под океанами составляет 6 – 10 км, а в материковых областях достигает 35 – 70 км. Верхний слой коры, толщина которого не превышает 5 – 7 км, состоит в основном из кремния, железа, алюминия и щелочных металлов. Под этим слоем лежит второй, гранитный, простирающийся вглубь на 35 – 40 км; иногда граниты выходят и на поверхность Земли. Последний слой, толщиной около 30 км, сформирован базальтами.

Температура в земной коре повышается с глубиной, причем не вполне равномерно: если на глубинах до 3 км каждые 100 м температура повышается на 1 градус, то в диапазоне глубин 3 – 30 км – уже на 2 градуса, а еще глубже – на 2,5 градуса за каждые 100 м. Таким образом, на глубине 11 км температура уже превышает 180 °С. Столь быстрое повышение температуры объясняется идущим от центра планеты мощным потоком тепла. В пробуренных скважинах на всем их протяжении обнаруживаются воды с высоким содержанием брома, йода и тяжелых металлов, и газы: гелий, водород, азот, а также метан и более высокие углеводороды.

Под корой находится мантия, сложенная в основном вязкими расплавленными базальтами и силикатами. Именно в мантии формируются зоны вулканизма и очаги землетрясений.

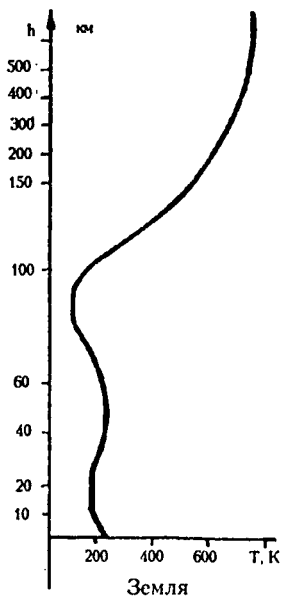


Рис. 37. Профиль температуры атмосферы Земли

Нижняя граница мантии доходит до глубины 2920 км и со-прикасается с поверхностью внешнего ядра толщиной около 2200 км. При переходе этой границы плотность вещества скачкообразно повышается с 5,6 до 8 и далее до 10 г/см³; столь же скачкообразно изменяется и температура, равно как и давление.

Иначе изменяется температура в земной атмосфере. Наиболее резко эти изменения в двух нижних ее слоях. На протяжении 18 км тропосферы температура падает в среднем от 20 до минус 55 °С. На тропосфере приходится около 80% массы всей атмосферы и практически все водяные пары. На высотах 18—55 км простирается стратосфера; в ее нижнем ярусе располагается тонкий слой озона, образовавшегося из кислорода в результате фотохимических реакций.

Слой озона поглощает ультрафиолетовое излучение, в результате чего в стратосфере температура постепенно повышается, и у верхней границы слоя близка к 0 °С. В мезосфере, протянувшейся над стратосферой до высоты 80—85 км, температура снова падает, теперь уже до минус 80 °С. Над мезосферой находится ионосфера, состояние которой уже более приближается к слабоионизированной плазме, нежели к газовой оболочке. В ионосфере температура снова несколько повышается, однако, здесь привычное человеку определение температуры уже непригодно.

Спутники естественные

У Земли один естественный спутник – Луна. Об этом небесном теле, оказывающем неоспоримое влияние на Землю, будет рассказано в соответствующем разделе.

Подробнее по отдельным вопросам см.: *Астрофизика, Ветер солнечный, Вода, Вулканизм, Жизнь, Законы движения космических тел, Излучение космическое в астрофизике, Исследования космические, История астрономии, Луна, Метеориты, Метеороиды, Метеоры, Оболочки планетные, Околосземное космическое пространство, Орбита, Планеты (астрономия и астрофизика), Системы мира, Скорости космические, Солнечная система.*

«Зонд» (серия АМС)

Первые «Зонды» были запущены в 1964 г. с целью отработки технологии межпланетных перелетов и доработки и усовершенствования такого рода космических аппаратов. Третью станцию из этой серии, стартовавшую с Земли 18 июля 1965 г., направили в сторону Луны для фотографирования обратной, невидимой астрономам стороны нашего естественного спутника. Помимо того, станция осуществила ряд исследований космического пространства.

С целью изучения периферийных участков околоземного пространства была запущена в космос 2 марта 1968 г. АМС «Зонд-4». В том же году были направлены к Луне еще две станции из этой серии, пятая и шестая, которые первыми из «Зондов» вернулись на Землю после выполнения программы исследований. Запуск пятой АМС пришелся на 15 сентября, а

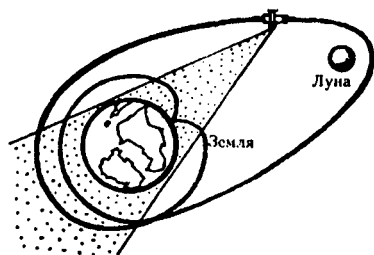


Рис. 38. «Зонд» фотографирует Землю

шестой на 10 ноября. Станции облетели Луну и провели разнообразные научные тесты и эксперименты, включая биологические: «Зонд-5» имел на борту черепах.

Седьмая станция серии, посланная в космос 8 августа 1969 г., не только вернулась на Землю после облета Луны, но и совершила мягкую посадку

в результате управляемого спуска. Это событие произошло 14 августа в том же году. Также обширную программу исследований осуществил «Зонд-8» (отправлен 20 октября 1970 г.) за время своего полета к Луне и облета вокруг нашего естественного спутника. Эта станция тоже благополучно вернулась на Землю 27 числа этого же месяца.

Подробнее по отдельным вопросам см.: *Биология космическая, Величины астрономии, Исследования космические, Космонавтика, Околосземное космическое пространство, Орбита.*

И

Излучение космическое в астрофизике

Космическое излучение (космические лучи) – ионизирующие потоки частиц или электромагнитные волны космического происхождения и разных энергий, не воспринимаемые органами чувств человека, хотя и воздействующие на живое вещество клеток. Эти потоки движутся в мировом пространстве от источников излучения, звезд и галактик, достигая околоземного космического пространства, области магнитосферы Земли, а иногда и земной поверхности.

Доступные таким образом астрофизическому изучению лучи служат, наравне с видимым светом, носителями обширной информации о физических процессах в Солнечной системе и далеком космосе, а также об общих свойствах материи в бесконечном пространстве-времени Вселенной.

Существование космических лучей впервые было предположено австрийским физиком В. Гессом в 1913 г. Этим явлением ученый пытался объяснить феномен электропроводности воздуха. В результате своих экспериментов Гесс доказал приход на Землю из космоса проникающего излучения, которое ионизирует молекулы воздуха, вызывая явление электропроводности. Выводы австрийского физика подтвердил советский

ученый Д.В. Скобельцын в 1927 г., во время опытов с камерой Вильсона. В магнитном поле камеры были зарегистрированы следы заряженных частиц с высокой энергией, около нескольких миллиардов эВ. Такие частицы обладают большой скоростью и вызывают странное поведение вещества при взаимодействии с ними. Благодаря дальнейшим работам в этом направлении – поиску с камерой Вильсона – американцем К. Андерсоном были открыты частицы, составляющие космические лучи. В 1932 г. американский физик открыл позитрон, а спустя 4 года мюон. В 1947 г. англичанин С. Пауэлл обнаружил пион, являющийся прародителем мюона. В дальнейшем последовали открытия гиперонов и мезонов.

Благодаря космическим исследованиям ядерная физика обогатилась новыми представлениями о свойствах материи, что позволило после исследований 1953 г. создать теорию слабых взаимодействий, прежде находившуюся в зачаточном состоянии (теория Ферми). Дальнейшие исследования позволили выяснить закономерности сильных взаимодействий. За 1940–50-е гг. исследования астрофизиков выявили строение спектра космических излучений и происхождение большинства частиц. Энергия потока в целом составляет от 0,000 01 до 100 квинтиллионов эВ.

Слагающие поток частицы относятся к т.н. галактическому космическому излучению (ГКИ), представленное ядрами гелия и протонами – ядрами водорода. ГКИ полностью поглощается свинцовым экраном 15-метровой толщины. Проникающая способность этого излучения уступает лишь нейтрину. Губительное ГКИ значительно ослабляется магнитосферой Солнечной системы – суммарным магнитным полем планет и Солнца, а также солнечным ветром. Атмосфера и собственная магнитосфера нашей планеты оберегает биосферу от интенсивного воздействия космических лучей: часть их не достигает поверх-

ности. Попадая в атмосферу, поредевшие космические лучи испытывают ядерные превращения, названные каскадным процессом. Сам каскад принято называть вторичным космическим излучением (первичным было собственно ГКИ из протонов и гелия).

Первой стадией каскада является ядерно-активная: частицы представлены протонами, нейтронами и пионами. На второй, проникающей стадии, излучение состоит из мюонов. На третьей стадии частицы лучей – это электроны и гамма-фотоны. Спектр вторичного излучения состоит из всех трех каскадов в разном соотношении. Эти каскады обрушиваются на Землю в виде т.н. атмосферного ливня.

В астрофизике одинаково важны все типы излучений, но наиболее легко регистрируются и наиболее информативны при исследовании Солнечной системы альфа-, бета- и гамма-лучи. Альфа-лучами называются потоки положительно заряженных ядер гелия-4, очень устойчивых частиц из разряда ГКИ. Бета-лучами называется рентгеновское излучение, состоящее из электронов, отрицательно заряженных частиц. Гамма-лучи сложены гамма-фотонами (гамма-частицами), обладающими высокой частотой и большой энергией. Это незаряженные частицы.

Альфа-, бета- и гамма-лучи исходят обычно от каждого мощного источника космического излучения или радиоактивного вещества, но в разных соотношениях. Энергия может расходо-

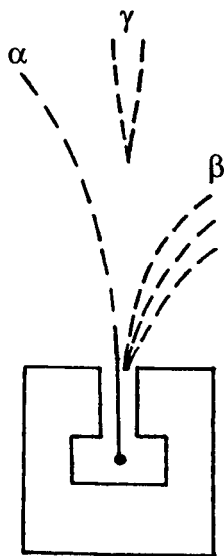


Рис. 39. Альфа-, бета- и гамма-излучение

ваться на какой-то один тип лучей преимущественно. В магнитном поле альфа- и бета-лучи отклоняются к полюсам, тогда как высокопроникающие гамма-фотоны не отклоняются, будучи нейтральными.

ГКИ порождается внутри нашей Галактики взрывами сверхновых звезд, а также некоторыми другими источниками. Ближе по природе к ГКИ солнечное космическое излучение (СКИ), которое представляет собой высокоэнергетическую корпускулярную составляющую солнечного ветра. СКИ порождается вспышками в солнечной хромосфере, которые являются крупномасштабными взрывами плазменного вещества. За этими взрывами неизменно следуют такие разрушительные процессы, как выбросы в виде протуберанцев, магнитные бури и прочие.

СКИ нередко возникают в результате обычной солнечной активности, но тогда плотность потока и энергия частиц невелики и уравниваются ГКИ. При вспышках плотность излучения многократно возрастает, в тысячи раз превосходит ГКИ. Солнечное излучение состоит из разных частиц, включая нейтрино и электроны, но преобладают в нем протоны и альфа-частицы. СКИ почти целиком тормозится земными магнитосферой и атмосферой.

Солнце излучает, кроме прочего, как и многие другие звезды, инфракрасные и ультрафиолетовые электромагнитные волны и радиоволны.

Происходящие от разных источников инфракрасные, ультрафиолетовые, гамма-, рентгеновские лучи и радиоволны наравне с видимым светом составляют спектр электромагнитного излучения, в котором занимают определенное положение в зависимости от частоты и длины волны. Астрофизика Солнечной системы опирается на все эти излучения, порожденные Солнцем и отражаемые планетами, а также на собственные излучения планет (радио- и инфракрасное).

Немногим менее 50% солнечного излучения приходится на инфракрасную часть спектра. Это излучение характерно для любого тела с температурой в пределах от 250°C до 5000°C, поэтому собственным инфракрасным излучением обладают и планеты. Рентгеновское и гамма-излучение порождаются процессами, сопряженными с высокими энергиями и большими температурами.

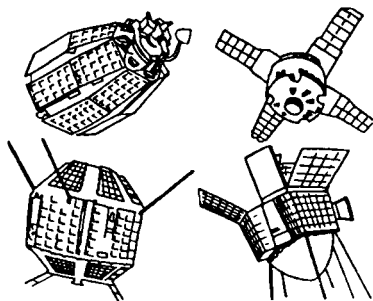


Рис. 40. Спутники «Интеркосмос»

Поэтому в нашей системе единственным источником этих лучей является Солнце, где подобные лучи рождаются в результате взаимодействия электронов с протонами (тормозное излучение) или с фотонами (так называемый обратный комптон-эффект). Примерно то же можно сказать про ультрафиолет, который излучается единственно Солнцем.

Излучение планет возникает за счет выделения тепла недрами, а также отражения солнечного теплового инфракрасного и радиоизлучения поверхностью планеты и верхним облачным слоем планетной атмосферы. Поскольку нагретость планет весьма мала, то сами они излучают преимущественно инфракрасные лучи и немного радиоволны, т.е. то же, что и отражают из солнечного спектра.

Относительно активно отражаются атмосферами планет ультрафиолетовые лучи, которые отчетливо высвечивают строение облачного покрова и воздушные течения. Рентгеновские лучи не достигают поверхности планет и не отражаются, поскольку захватываются магнитным полем, формируя радиаци-

онные пояса, или обтекают планеты с потоком солнечного ветра. То же можно сказать о ядрах водорода СКИ и ГКИ. Немногие из протонов и электронов, попадающие в атмосферу, полностью поглощаются ей и испытывают ядерные превращения (протоны).

Подробнее по отдельным вопросам см.: *Астрофизика, Величины астрономии, Ветер солнечный, Излучение космическое в биологии, Исследования космические, Радиоастрономия.*

Излучение космическое в биологии

Космическое излучение (космические лучи) способно вследствие ионизации молекул нарушать обменные процессы в протоплазме и даже разрушать белковые связи. Оно представляет опасность для космонавтов, а потому подлежит изучению радиобиологами. Протоны СКИ наиболее опасны, поскольку обладают большой энергией. Она в среднем составляет 100 МэВ, как показывают замеры потока нескольких последних 11-летних циклов солнечной активности, сопровождавшихся более чем 100 вспышками.

Также к космическим излучениям причисляют радиационные пояса Земли (РПЗ), состоящие из захваченных магнитосферой заряженных частиц, в первую очередь протонов. Пояса представляют собой области повышенного ионизирующего излучения на некоторой высоте над земной поверхностью.

Подробнее по отдельным вопросам см.: *Биология космическая, Величины астрономии, Ветер солнечный, Излучение космическое в астрофизике, Исследования космические, Космонавтика, Медицина космическая, Радиобиология космическая.*

Ио

Ио – по имени возлюбленной Зевса – называется один из галилеевых спутников, самый близкий к планете-гиганту Юпитеру. Название спутнику было присвоено С. Мариусом в 1614 г. Это тело занимает среди остальных больших спутников третье место, превосходя по размеру Европу.

Диаметр Ио равняется 3630 км, т.е. составляет 1,04 лунного. Размеры юпитерианской луны сопоставимы с размерами земной. Однако масса превышает лунную в 1,21 раза, достигая 88 935 квадриллионов т. Блеск уступает блеску прочих галилеевых спутников, за исключением Ганимеда.

Ио всегда повернута одной стороной к планете, точно так же, как Луна к Земле. Это объясняется тем, что скорость оборота Ио вокруг оси равна скорости оборота вокруг Юпитера. Расстояние между планетой и спутником составляет 421,6 тыс. км, остальные галилеевы спутники расположены гораздо дальше от Юпитера.

У Ио есть и другой рекорд: поскольку она была открыта одной из первых и оказалась на тот момент ближайшей к планете, то получила порядковый номер I (Европа, Ганимед и Каллисто соответственно II, III, IV). Одновременно с тем действительно ближайшие спутники естественные Юпитера Метидя и Адрастея носят номера XVI и XIV.

Рельеф этого спутника необычайно сложен в сравнении с поверхностью прочих: широкие долины с крутыми откосами и эскарпами (крутыми уступами), холмами и впадинами, многочисленные вулканические кальдеры, высокие – до 10 км – горы в северном полушарии.

Поверхность Ио сформировалась около 1 миллиона лет назад и является очень молодой в геологическом плане. Об этом свидетельствует полное отсутствие ударных кратеров с диа-

метром больше 2 км. Кроме того, это подтверждает высокая вулканическая активность недр спутника. Ио является единственным в пределах Солнечной системы вулканически активным спутником. Фотосъемка «Вояджеров» обнаружила на поверхности объекта более ста кальдер (отверстий вулканических кратеров) диаметром от 200 км, т.е. на несколько порядков превосходящих земные. Космические аппараты зафиксировали работу семи вулканов, про которые с полной уверенностью можно сказать, что они действующие. Первый из аппаратов, приблизившихся к Ио, наблюдал работу всех семи вулканов, к моменту подлета второго аппарата извержение одной из огненных гор завершилось. Пленка зафиксировала выбросы из жерл окраинного вулкана изверженного материала на высоту 200 км. Вулкан исторгал вещество, придавая ему скорость 1 км/с, чего не наблюдается на Земле. По химическому составу газы и частички вулканического выброса представлены в основном сероводородом и сернистым ангидридом. Это характерно и для земных извержений.

Скорее всего, на Ио сера служит главным элементом в химической эволюции планеты. Существует версия, что на Ио жидкая магма почти не прорывается на поверхность твердой силикатной коры спутника, поскольку вступает в реакцию с серными морями. Последние представляют собой подкорковые запасы жидкой серы.

Именно она выбрасывается под давлением на поверхность спутника, прорывая его тонкую молодую кору. Эта сера скапливается на планете слоями толщиной от 3—5 в среднем до 30 км максимум. Облик планеты ярко раскрашен соединениями серы. Красные, пурпурные и желтые пятна образовались из сконденсированных паров чистой серы, черные — из насыщенного серой вулканического пепла, белые — из кристаллов сернистого ангидрида, называемых серным снегом.

Подробнее по отдельным вопросам см.: *Величины астрономии, Вулканизм, Геология космическая, История астрономии, Спутники естественные, Юпитер.*

Исследования космические

Исследования космические – одно из самых современных направлений науки. Цель космических исследований – новая информация о космическом пространстве и ее глубокий анализ. Кроме того, комплекс наук, занимающихся исследованиями космоса, вырабатывает возможные схемы, версии, гипотезы и теории по разнообразным проблемам, касающимся законов природы и комплекса природных (физико-химических) условий, царящих в нашей планетной системе и за ее пределами.

Космические исследования зародились в античности. Первыми исследованиями космоса можно назвать открытие шарообразности небесных тел Аристотелем и попытки определения космических расстояний его современниками. Бурное развитие космических исследований началось после создания новой картины мира, основанной на теории относительности Эйнштейна, и вне-

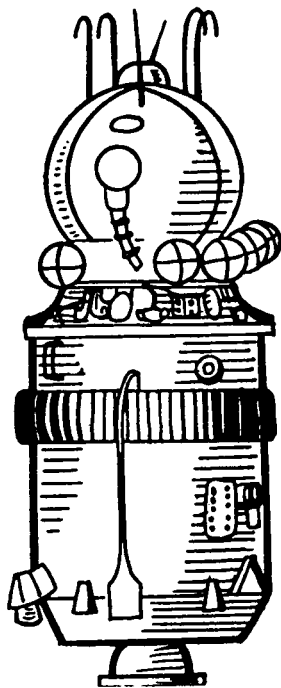


Рис. 41. Внешний вид космического корабля «Восток»

дрения в науку астрофизических методов. Опорой сегодняшних космических исследований служат ультрасовременные области науки и техники: радиоастрономия, астрофизика, космонавтика. К изучению межпланетной и планетной среды подключаются механика, кибернетика, геология, химия, климатология, метеорология и прочие науки. Вооруженные последними биологическими открытиями ученые предпринимают попытки обнаружить в Солнечной системе жизнь. С 1961 г., после полета Ю.А. Гагарина на космическом корабле «Восток» реализовалась естественная потребность в активном привлечении человека, человеческих способностей к космическим исследованиям.

Космонавты сегодня длительное время находятся в околоземном космическом пространстве, где проводят многочисленные эксперименты, постановка которых без участия человека была бы невозможной. Интенсивно ведутся биологические исследования, которые помогут человечеству обжить другие планетные миры и овладеть ресурсами Солнечной системы. А главное, в процессе проведения космических исследований уточняются и умножаются знания о нашем космическом доме, о самой планете Земля. Если говорить об актуальных задачах космических исследований более конкретно, то они заключаются в следующем. Необходимо научиться собирать и анализировать волновую и иную информацию о физических событиях в пространстве; с максимальной точностью моделировать космические процессы на ЭВМ; выяснить возможность долгосрочных (многолетних) работы и проживания человека в космической среде; разработать летательные аппараты, отвечающие стоящим перед наукой задачам.

Эти четыре пути космических исследований являются на сегодняшний день центральными. Космические исследования в наше время ведутся посредством наземных наблюдений из об-

серваторий, посредством запуска искусственных спутников и космических кораблей.

Космонавтика добыла для науки ценнейшие сведения. Со спутников и иных летательных аппаратов получены фотографии Солнца в ультрафиолетовых и рентгеновских лучах, изучены магнитные поля планет, произведено топографическое картирование участков поверхности

многих планет, осуществлено изучение и фотографирование их естественных спутников, близкое изучение химического состава кометы, исследованы свойства и состав грунта Луны, Венеры, Марса, а также проведено зондирование или просвечивание атмосферы ряда планет.

На орбитальных станциях и биологических спутниках были поставлены эксперименты над живыми существами. Медицинские наблюдения ведутся над космонавтами. В технических и химических лабораториях космических кораблей получают в условиях невесомости материалы с новыми свойствами, в частности, выращиваются кристаллы и изготавливаются биологически активные вещества (лекарства и т.п.).

Нельзя представлять космическую программу ученых в виде абстрактного плана завоевания звездных миров. Все космические исследования имеют своей конечной целью не отвлеченные изыскания в «далях Вселенной», но глубокое познание прежде всего земной природы. Благодаря сравнительно-планетологическому анализу удается установить генезис и особенности тектонических и геодинамических процессов на Земле,

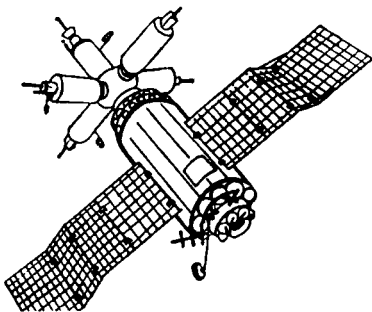


Рис. 42. Станция «Мир»

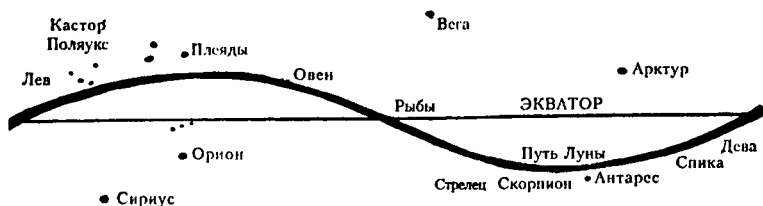


Рис. 43. Видимый путь Луны

что важно для прикладной геологии. Изучение солнечной плазмы и космического излучения принесло ценные сведения о ядерных превращениях, о воздействии лучей на вещество, о высоких температурах и ионизированном газе: все это используется в современном производстве. Проблемы подготовки космонавтов позволили ученым прийти к новым, более верным взглядам на здоровье, патологию, отклонения и норму организма, на воздействие стрессовых факторов, на биоритмы, режим работы и отдыха, качество пищевых продуктов и т.д. А это существенно в том числе и для земной медицины.

Подробнее по отдельным вопросам см.: «Аполлон» (серия космических кораблей), Археология, Астрономия, Астрофизика, Биология космическая, «Вега» проект, Величины астрономии, «Венера» (серия АМС), «Викинг» (АМС), «Вояджер» (АМС), Геология космическая, Жизнь, «Зонд» (серия АМС), Излучение космическое с астрофизике и биологии, История астрономии, Космонавтика, «Луна» (серия АС), «Марс» (серия АМС), Медицина космическая, Обсерватория, Околосреднее космическое пространство, Орбита, Радиоастрономия, Радиобиология космическая, Солнечная система, Телескопы, Топография космическая, «Хаббл».

История астрономии

Астрономия, наука о космических объектах, возникла еще в доисторические времена. Каменные кромлехи на Алтае и в Англии, воздвигнутые несколько тысячелетий назад, применялись древними земледельцами для астрономических наблюдений за годичным и суточным движением Солнца и Луны, за фазами Луны. Названия звезд и планет, возникшие у древних народов, убеждают в том, что астрономия широко применялась древними народами для определения календарного времени и ориентирования: По небесным телам человек освоил математический счет.

Невооруженным глазом на небе можно заметить восемь тел, принадлежащих Солнечной системе. Это были первые астрономические объекты, открытые древним человеком. По яркости эти тела располагаются в следующем порядке: Солнце, Луна, Венера, Юпитер, Марс, Меркурий, Сатурн, Веста. Первое тело – центр Солнечной системы, единственное дневное светило. Луна – главное ночное светило.

Венера является самым ярким объектом после Луны и Солнца, ее наши предки наблюдали дважды: на восходе и на закате, а потому считали двумя разными светилами. Юпитер является одним из ярчайших светил ночного неба, иногда с ним соперничает Марс.

Вестой называется малая планета, астероид, который почти незаметен и напоминает звезду. Древние астрономы не знали природы Весты, подавляющее большинство астрономов даже более поздних времен попросту не обращали на это космическое тело внимания.

Семь объектов Солнечной системы (не считая Весту) вели себя не так как звезды, были особенными во всех отношениях, а потому почитались как боги. С этими телами народы связы-

вали свою судьбу, предсказывали по ним будущее. В честь семи планет биоритм человеческой работоспособности разбили на семь дней, сложившие неделю. Позднее число семь приобрело мистическое значение: семь нот, семь цветов спектра, семь известных издревле металлов, семь мудрецов древности.

Древние мудрецы развивали космогонические идеи. Гераклит, Фалес и другие пытались объяснить происхождение мира. Современное состояние Вселенной они называли мировым порядком, по-гречески космосом.

Великий философ-мистик Пифагор установил, что утренняя и вечерняя звезды являются одной планетой – Венерой. Он утверждал, что в космосе царит гармония, сродни музыкальной, и он, философ, может слышать эту музыку высших сфер. Грек был прав, говоря о гармонии, хотя музыки он слышать, конечно, не мог: ритмы длятся 250 лет и их звуки не распространяются в вакууме.

Еще Пифагор утверждал, что Земля шарообразна, а Фалес впервые в истории предсказал солнечное затмение. Это было в VI в. до н.э. В IV столетии до н.э. Аристотель доказал шарообразность Земли и Луны, предположил сферу как форму всех небесных тел. Он выбрал окружность в качестве типичной планетарной орбиты и составил первую научную систему мира – геоцентрическую. В III в. до н.э. Эратосфен вычислил размеры земного шара, а Аристарх Самосский попытался измерить расстояние до Солнца и Луны.

Он исходил из предположения, что Луна в первой или последней четверти образует с Солнцем вершины M и E прямоугольного треугольника. Земля служит вершиной S. Измерение угла MES позволит отыскать по теореме синусов соотношение сторон. Аристарх выяснил, что Земля безмерно далека от Солнца, которое многократно превосходит нашу планету. Земля вращается вокруг Солнца, но это неочевидно для астрономов,

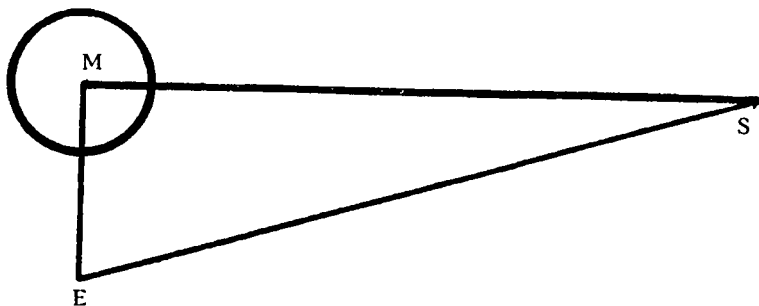


Рис. 44. Определение космических расстояний Аристархом

поскольку позволяющее сделать такой вывод параллактическое смещение звезд незаметно из-за их удаленности на расстояние, с которого орбита Земли воспринимается точкой. Поэтому считалось, что ось вращения проходит через Землю, а Солнце и другие небесные тела вращаются вокруг Земли.

Аристарх не мог точно вычислить космические расстояния, это сделал александрийский астроном Гиппарх, который установил удаленность Луны от Земли и выяснил размеры нашего естественного спутника.

Его сограждане, александрийские астрономы, спустя 200 лет разработали новый календарь для Юлия Цезаря и Октавиана Августа. Этот календарь, получивший название юлианского, точнее определял продолжительность года и был приближен к современному.

Во II в. н.э. другой астроном из Александрии, Птолемей, развил и дополнил геоцентрическую систему Аристотеля, благодаря чему получил возможность очень точно описать видимое движение планет на небе. Схема Птолемея может применяться и сегодня в навигации искусственных спутников. Од-

нако грек неправильно понимал истинное движение космических тел. Эта ошибочная система мира горячо поддерживалась средневековыми теологами.

Однако уже в 1543 г. польский астроном Николай Коперник (1473 – 1543 гг.) издал работу, в которой опроверг геоцентрическую систему мира и доказал вращение планет и Земли вокруг Солнца. Новая схема мироздания получила названия гелиоцентрической. Коперник ошибочно думал, будто планеты движутся по «идеальным», в понимании древних, круговым орбитам, а неподвижные и равноудаленные от Солнца звезды образуют сферу вокруг Солнечной системы. Учение Коперника развил итальянец Джордано Бруно (1548 – 1600 гг.), который предполагал наличие во Вселенной других планетных систем, подобных Солнечной.

Итальянский астроном Галилео Галилей (1564 – 1642 гг.) доказал правоту учения Коперника на основании новых фактов о Солнечной системе. Благодаря созданию телескопа Галилей смог обнаружить спутники Юпитера, пятна на Солнце, горы на Луне и фазы Венеры. Разработки Галилея в области механики (открытие инерции и ускорения свободного падения) положили конец прежним, аристотелевским представлениям о законах движения тел, что также сыграло свою роль в опровержении геоцентрической системы мира.

Однако развиваемое этими астрономами учение не могло удовлетворительно объяснить видимого движения планет. Лишь в XVII столетии немецкому астроному Иоганну Кеплеру (1571 – 1630 гг.) удалось математически сформулировать законы обращения планет. Три закона движения космических тел принесли ученому среди сторонников славу «законодателя неба» Кеплер при составлении законов опирался на многолетние наблюдения замечательного датского астронома Тихо Браге. Этот ученый доказал, что кометы являются космическими

телами, а не атмосферными испарениями, как считалось ранее, и предполагал обращение всех планет вокруг Солнца, за исключением Земли.

Кеплер ошибочно предполагал существование всемирной гармонии в космосе, которая заключается в числе спутников, обращающихся вокруг планет. Поскольку вокруг Юпитера обращаются 4 луны, а вокруг Земли – одна, то вокруг Марса их должно быть две. Ровно столько их и было найдено в 1877 г. Асафом Холлом. Кроме того, в XIX в. стараниями сначала Дж. Кассини, потом В. Гершеля, а после других астрономов были найдены 8 спутников Сатурна, что соответствовало кеплеровской гармонии. Однако уже в 1892 г. был открыт пятый спутник Юпитера, что разрушило красивую, но неверную гипотезу.

В области изучения природы Солнечной системы многое сделали другие великие астрономы. Поляк Ян Гевелий (1611–1687 гг.) увлеченно занимался селенографией и издал первый в мире атлас Луны. Многие селенонимы, предложенные Гевелием, сохранились на карте Луны и по сей день. Итальянец Джованни Кассини (1625 – 1712 гг.), работавший во Франции, не только открыл четыре спутника Сатурна, но и установил, что Марс и Юпитер обращаются вокруг своих осей.

Также ученый обнаружил щель между его кольцами, получившую наименование щели Кассини. Совместно с французом Ш. Рише Кассини измерил расстояния от Земли до Солнца и нашел величину, близкую к действительной. Так ученые впервые получили отчетливое представление о размерах Солнечной системы. Голландский физик Христиан Гюйгенс (1629 – 1695 гг.) открыл самый большой спутник Сатурна Титан и кольца вокруг этой планеты-гиганта. Физик отрицал учение Птолемея и в книге «Обозрение Вселенной» развивал мысль о бесконечности Вселенной и о существовании вокруг звезд населенных жизнью планетных систем.

Астрономам того времени не удалось ответить на главный вопрос: какая сила заставляет небесные объекты перемещаться вокруг некоего массивного центра? Ответ на этот вопрос получил английский физик Исаак Ньютон (1643 – 1727 гг.), открывший закон всемирного тяготения. Благодаря открытию Ньютона возникло представление о законах движения космических тел, была составлена научная схема Солнечной системы, а также найдены новые планеты.

В начале XVIII в. астроном Эдмунд Галлей, поддерживавший учение Ньютона, открыл периодичность комет на примере одной из них, которая была в дальнейшем названа в его честь. Так Солнечная система пополнилась новым телом. Далее была открыта периодичность кометы Энке (1786 г.), а в XIX столетии – еще нескольких, после чего стало ясно, что все кометы обращаются вокруг Солнца. В 1803 г. научным миром было признано существование метеоритов, а с 1820 – 30-х гг. начались систематические наблюдения за метеороидами и метеорными потоками в космосе.

В 1781 г. В. Гершель открыл существование восьмой планеты Солнечной системы. Это тело назвали Ураном. В 1846 г. француз У. Леверье предположил наличие планеты за Ураном, которой присвоил название Нептун. Сходное предположение одновременно выдвинул англичанин Дж. Адамс. Оба исходили из гравитационных отклонений орбиты Урана. Эти отклонения указывали на воздействие на планету другого массивного тела (возможно, другой планеты), орбита которой находится еще дальше. В том же году немецкий астроном И. Галле, следуя расчетам Леверье и Адамса, сумел обнаружить Нептун.

В 1801 г. итальянский астроном Джузеппе Пиацци (1746–1826 гг.) открыл астероид Цереру. После открытия в следующем году немцем Г. Ольберсом (1758 – 1840 гг.) еще одного астероида пришлось давать определение этим планетам, кото-

рые назвали малыми. К 1868 г. было открыто 97 астероидов, что тогда посчитали даром судьбы, поэтому последний из открытых окрестили Клото в честь одной из богинь судьбы. В 1895 г. астероидов насчитывалось уже 400. Сейчас их почти в 12 раз больше, и открытия продолжаются. Существование Плутона было открыто благодаря изучению отклонений в орбите Нептуна под влиянием гравитации.

Американский астроном П. Ловелл (1855 – 1916 гг.) в начале XX в. вычислил орбиту Плутона и последние годы своей жизни посвятил безрезультатному поиску этой планеты, которую обнаружил Клайд Томбо лишь в 1930 г. Астрономические открытия XX в. связаны по большей части с развитием космической астрономии: в результате вывода на орбиту телескопов-спутников, типа КТХ, и полетов «Пионеров» и «Вояджеров» были открыты новые спутники, уточнены данные о движении комет и метеорной опасности у разных планет.

Подробнее по отдельным вопросам см.: *Астронимика, Астрономия, Астротопонимия, Астрофизика, Величины астрономии, Земля, Излучение космическое в астрофизике, Исследования космические, Космонавтика, Обсерватория, Палеоастрономия, Планеты (Астрономия и Астрофизика), Радиоастрономия, Системы мира, Солнечная система, Телескопы, Топография космическая, «Хаббл», Эпициклы.*

К

Каллисто

Каллисто – пожалуй, наиболее древний спутник планеты Юпитер, во всяком случае – самый древний из галилеевых спутников, – носит имя нимфы, возлюбленной Зевса. Эта планета была открыта и впервые описана Г. Галилеем в 1610 г. вместе с тремя остальными крупными спутниками планеты. В 1614 г. С. Мариус дал название новооткрытому телу вблизи Юпитера. По своему блеску Каллисто превосходит даже спутник Европу, хотя и уступает ей по яркости. Каллисто хорошо заметна земному наблюдателю при помощи телескопа или сильного бинокля.

Размеры спутника очень велики, среди прочих юпитерианских спутников он уступает лишь Ганимеду. Диаметр великана достигает 4800 км, что составляет 1,38 лунного. Масса спутника, выраженная в массах Луны, равняется 1,44, что составляет 105 840 квадриллионов т. Тело совершает полный оборот вокруг Юпитера за 16,7 земных суток, держась на расстоянии 1880 тыс. км от планеты. Спутник всегда повернут к планете одним и тем же полушарием. О солидном возрасте этого тела можно судить на основании данных фотосъемки его поверхности, проведенной «Вояджером-2».

Поверхность спутника сильно кратеризована. На этом объекте Солнечной системы плотность кратеров достигла максимальной величины. Нет больше ни одного другого тела в пределах нашей планетной системы, где так велико количество следов метеоритных ударов. Число самых крупных ударных воронок достигает нескольких сотен, мелкие воронки учитывать совершенно невозможно.

Вокруг многих кратеров сохранились отчетливо различные яркие лучевые структуры. Имеются и необычные образования, например, два так называемых «бычьих глаза». Это обширные котловины величиной до 600 м в поперечнике, окруженные концентрическими кольцами. По своей структуре котловины близки к лунным морям. Как показывают фотографии, число колец достигает 15, причем диаметр внешнего равняется 2600 км.

Стенки котловин должны окружать валы, как на Луне, Меркурии, Марсе. Этого не наблюдается, валы заменены кольцами. Те, видимо, являются следами ударных волн, которые буквально стерли с поверхности спутника новообразованные валы. Т.е. не успели эти валы оформиться из выброшенной при метеоритной атаке породы, как массы грунта, из которого они состояли, были раскиданы ударной волной. Это свидетельствует о новом сильном ударе. Поверх колец замечены новые кратеры.

Столь интенсивная бомбардировка планет и спутников метеоритами произошла 4 млрд лет назад, поэтому ученые могут с уверенностью сказать, что Каллисто возникла уже в ту далекую эпоху (азойская эра). Более того, исследуя Каллисто, ученые получили возможность представить облик Земли тех времен. Внешние, т.н. экзогенные силы (выветривание и т.п.) уничтожили на поверхности нашей планеты следы интенсивных бомбардировок. Не заметно их и на Марсе. На

Каллисто процессы выравнивания рельефа слабы, поэтому облик спутника великолепно сохранился до настоящего времени. Можно сказать, что это космическое тело — реликт давно ушедшей эпохи.

В целом рельеф поверхности очень гладкий, выровненный, ощутимые перепады высот отсутствуют. Сложен Каллисто из силикатной коры, перекрытой сверху ледяным панцирем, подобно вечным льдам на других галилеевых спутниках — Ганимеде и Европе.

За счет ледника поверхность спутника столь гладкая. Лед Каллисто сильно загрязнен примесями силикатов и покрыт слоем метеорной пыли, оттого отражательная способность спутника невысока.

Подробнее по отдельным вопросам см. статьи: *Величины астрономии, Вода, Геология космическая, История астрономии, Метеориты, Спутники естественные, Юпитер.*

Климатология и метеорология космическая

Предметом космической метеорологии является изучение состава атмосфер планет и закономерностей их динамики и теплового режима, в т.ч. свойства околопланетных облаков, а также взаимодействие атмосфер с поверхностями планет. Эта наука рассматривает всю совокупность явлений, которая определяет климатические и погодные условия на планетах.

Изучение других планет дает возможность «моделировать» атмосферные процессы в условиях, экстремальных по сравнению с земными: тонкая атмосфера Марса, плотная и медленно вращающаяся атмосфера Венеры, атмосферы планет-гигантов,

движущиеся с крайне высокими скоростями. Кроме сбора и систематизации данных о планетах Солнечной системы, космическая метеорология имеет и еще одну цель: понимание процессов, происходящих в атмосферах других планет, позволяет лучше понять закономерности земной атмосферы. Возможность получить такую информацию появилась с началом полетов автоматических орбитальных станций и спускаемых аппаратов.

Космическая климатология и метеорология носят прикладной и сравнительный характер. Известно, что радиационный режим планеты существенным образом определяется химическим составом атмосферы, а также степенью ее замутненности аэрозолями (пылью). Один из механизмов влияния радиационных факторов на климат связан с парниковым эффектом атмосферы: атмосфера, сравнительно прозрачная для солнечного излучения, в значительной степени экранирует, не пропускает тепловое излучение, идущее от поверхности планеты.

Такие планеты Солнечной системы, как Земля, Венера, Марс, практически всю энергию получают от Солнца. Лишь планеты-гиганты (Юпитер, Сатурн) обладают внутренними источниками энергии. Тепловой баланс планеты определяется равенством поглощенной солнечной радиации и длинноволнового излучения, уходящего в космос. Поэтому очевидна важность исследований влияния радиационных процессов, происходящих в атмосферах планет, на их климат и атмосферную циркуляцию.

По мере эволюции планет существенно меняются структура и химический состав их атмосфер и климат. Для Земли, например, изменения климата в настоящее время и ближайшем будущем в значительной мере могут быть обусловлены воздействием человека. Планета Венера отличается очень медленным вращением вокруг собственной оси; кроме того, вращение это происходит в направлении, противоположном направлению ее

движения вокруг Солнца. В связи с этим исследования Венеры представляют особый интерес для изучения тропической циркуляции на Земле. Однако на Земле замкнутая циркуляция носит несколько иной характер и ограничивается тропическими широтами, а на Венере циркуляция того же типа охватывает значительно большую часть атмосферы.

Внимание к исследованиям общей циркуляции венерианской атмосферы возросло в связи с неожиданно сложной системой крупномасштабных воздушных течений, обнаруженных АМС «Маринер-10» в надоблачной части венерианской атмосферы.

Общие черты земной и марсианской атмосфер определяют близкими значениями силы Кориолиса, отклоняющей воздушные течения в сторону, противоположную направлению вращения планеты. Кроме того, на обеих планетах существуют суточный и сезонный метеорологические циклы, вызванные почти равным и у Земли, и у Марса наклоном оси к плоскости вращения вокруг Солнца.

Главные различия заключаются в обезвоженности Марса: отсутствии океанов, малом содержании водяного пара, гораздо меньшей протяженности и большей неустойчивости облачного покрова.

Низкая плотность атмосферы Марса вблизи поверхности и преобладание углекислого газа объясняют большое значение для атмосферы Марса радиационных процессов. Они определяют температурный режим планеты и влияют на общую циркуляцию атмосферы. На Венере и Юпитере наблюдается противоположная ситуация.

Характерная особенность погоды на Марсе – пылевые бури, порой охватывающие всю атмосферу планеты. Возникновение глобальных пылевых бурь и общая циркуляция марсианской атмосферы позволяют рассматривать Марс как экстремальную модель воздействия пылевого загрязнения атмосферы на ме-

теорологический режим планеты в целом. Это особенно важно при рассмотрении проблемы влияния запыленности земной атмосферы на современный климат Земли, которая привлекает сейчас большое внимание, но все еще остается не решенной. Большой интерес представляет исследование интенсивных процессов эрозии марсианского грунта.

На поверхности Марса обнаружены структуры, напоминающие высохшие русла рек. Это навело многих исследователей на мысль о возможности существования на этой планете в прошлом теплого и влажного климата. Одна из гипотез предполагает, что в истории Марса был длительный период повышенной интенсивности («вспышки») солнечной радиации. Такая вспышка должна была бы вызвать изменения климата также на Земле и других планетах, однако, убедительного подтверждения этого пока не обнаружено. Несмотря на то, что существование марсианских «каналов» впоследствии не подтвердилось, интерес к сравнительной палеоклиматологии (климатам геологического прошлого) планет заметно возрос.

Богатый материал для исследований в плане сравнительной метеорологии дает изучение облаков и условий их формирования на различных планетах, изучение вклада облачности в формирование парникового эффекта. Неустойчивые облака на Марсе и стабильный глобальный облачный покров на Венере — примеры резко контрастных ситуаций. Наиболее вероятным кажется, что верхняя часть облачного покрова Венеры состоит из капель концентрированного водного раствора серной кислоты. Это предположение опирается на аналогию с так называемым аэрозольным слоем Юнге в земной стратосфере, основными компонентами которого являются соединения серы. Немалый интерес представляет также изучение роли ядер конденсации в образовании облаков на различных планетах, специфики взаимодействия облачности и радиации.

В марсианской атмосфере АМС «Маринер-9» и «Марс-5» обнаружили озоновый слой с неравномерным, клочковатым распределением газа. Слой озона на Марсе не стабилен и не однороден, в отличие от устойчивого земного озонового слоя, который защищает живое вещество на Земле от губительного воздействия жесткой ультрафиолетовой радиации.

В последнее время часто высказываются предположения о возможности частичного разрушения слоя озона из-за массовых полетов сверхзвуковых самолетов в стратосфере и фреона, попадающего в земную атмосферу из аэрозольных упаковок.

Поэтому особый интерес представляет изучение закономерностей образования и разрушения озона в экстремальных условиях, когда для слоя озона характерны нестабильность и пространственная неоднородность.

Одна из специфических особенностей Марса – движущиеся полярные шапки, состоящие из твердой углекислоты. Впрочем, есть основание предполагать, что в глубинах полярных шапок под слоем окиси углерода «погребен» водяной лед. Сезонное «таяние» марсианских полярных шапок вызывает изменения содержания углекислого газа в атмосфере и атмосферного давления у поверхности (на 13–14%).

Внимание ученых привлекают условия атмосферной циркуляции на Юпитере, характерные как для планеты, так и для звезды. О теории звездных процессов заставляют вспомнить водородный состав атмосферы Юпитера, наличие у него внутреннего источника тепла и большая роль конвекции (циркуляции). Юпитер с его 16 спутниками подобен миниатюрной «звездно-планетной системе». Однако Юпитер принято считать и называть планетой, т.к. основной особенностью звезды является достижение на некоторой стадии эволюции столь высокой температуры, при которой может начаться термоядерная реак-

ция. Теоретические расчеты показывают, что это возможно лишь в случае, если масса небесного тела превосходит массу Юпитера приблизительно в 80 раз. У такого «солнца», лишенного условий для термоядерной реакции, как Юпитер, тепловой поток от внутренних оболочек в миллионы раз меньше, чем эмиссия реального Солнца.

Исследования Юпитера как планеты представляют большой интерес, в частности, потому, что здесь, как и на Земле, удобно наблюдать проявления погоды, изучая динамику облачного покрова по изображениям планеты. Наземные наблюдения и наблюдения с АМС «Пионер-10» и «Пионер-11» наглядно продемонстрировали, что глобальный облачный покров на Юпитере по сравнению с облачным покровом Земли отличается осевой симметричностью и большой устойчивостью отдельных элементов: так, Большое Красное Пятно существует уже по меньшей мере в течение нескольких столетий.

Подробнее по отдельным вопросам см.: *Ареология, Астрофизика, Величины астрономии, Вода, Вулканизм, Исследования космические, Оболочки планетные, Планеты (астрономия и астрофизика), Солнечная система, Спутники естественные, Топография космическая.*

Кометы

Само название «комета» произошло от греческого слова, переводящегося как «хвостатая». В отличие от звезд и планет, комета выглядит как небольшое туманное пятнышко с размытыми очертаниями. Это светящееся пятнышко и есть «голова» кометы – окруженное оболочкой ядро; если комета достаточно

яркая, и путь ее проходит близко от планеты наблюдателя, то можно увидеть и «хвост» кометы – длинный светящийся шлейф, тянущийся за ее головой. «Голову» и «хвост» имеют все кометы, однако, хвост слабой кометы увидеть невооруженным глазом довольно трудно. Замечено, что хвост кометы всегда направлен от Солнца, при наблюдениях создается впечатление, что, приближаясь к Солнцу, комета движется головой вперед, удаляясь, – вперед хвостом.

Голова кометы, или «кома» – самая яркая часть кометы. Ее центром является твердое ядро не более нескольких километров в поперечнике, что по космическим меркам совсем не много. Это ядро, состоящее из льда и смержшихся каменных обломков, окружено газопылевой оболочкой, диаметр которой может достигать сотен тысяч километров. Хвост – это растянувшаяся на миллионы километров часть газопылевой оболочки, нагретая ближайшим светилом больше, чем остальная часть кометы. Размеры как хвоста, так и оболочки могут достигать гигантских величин. Так, у кометы Холмса в 1822 г. оболочка имела диаметр 1,5 млн км, а хвост вытягивался приблизительно на 300 млн км.

Принято считать, что вдали от Солнца (или любой иной звезды) комета представляет собой голое ядро – мерзлый конгломерат льда, метана и аммиака, в который вморожены частички камня, металла и пыли. По мере приближения к Солнцу ядро кометы начинает испаряться, причем интенсивность испарения постепенно возрастает. Вокруг ядра образуется газопылевая оболочка. Под давлением солнечного света часть газов этой оболочки отталкивается в сторону, противоположную Солнцу и направлению движения кометы. Так образуется хвост.

Существует несколько типов классификации кометных голов и хвостов, учитывающих их форму и внутреннюю структуру. Так, головы комет по наиболее распространенной классифи-

кации С.В. Орлова делятся на пять основных типов. Голова типа Е наблюдается у комет с яркими комами, со стороны Солнца обрамленными параболическими светящимися оболочками с фокусом в ядре кометы. Головы типа С, чье свечение приблизительно в 4 раза слабее свечения голов типа Е,

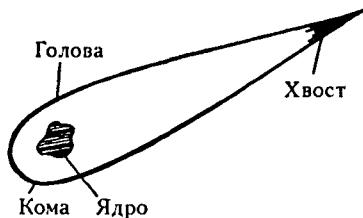


Рис. 45. Строение кометы

принадлежат более мелким и слабым кометам; по форме они похожи на луковицу. Головы типа N – головы комет, у которых отсутствуют и кома, и оболочки. Головы типа Q характерны для комет с «аномальным хвостом» – слабым игольчатым выступом в сторону Солнца. И, наконец, головы типа H наблюдаются у комет, в голове которых образуется «гало» – равномерно расширяющиеся кольцевые полосы с центром в ядре.

Наиболее впечатляющая часть кометы – ее хвост. Его образование впервые было объяснено в 1835 г. Ф. Бесселем, исследовавшим форму хвоста кометы Галлея. Ученый предложил гипотезу о действии сил отталкивания, исходящих от Солнца и обратно пропорциональных квадрату расстояния от Солнца. Он же ввел «отталкивательное ускорение» $1-s$, численное значение которого показывало, во сколько раз силы отталкивания превышают силу тяготения. Наиболее развитую классификацию кометных хвостов предложил Ф.А. Бредихин.

Для хвостов I типа значения $1-s$ достигают нескольких десятков, а в отдельных случаях – нескольких тысяч. По внешнему виду это прямолинейные стелющиеся хвосты, вытянутые по продолженному радиус-вектору. Очертания их неправильной формы, часто винтообразные. Кроме того, хвосты этого типа могут состоять из отдельных лучей или струй; вдоль та-

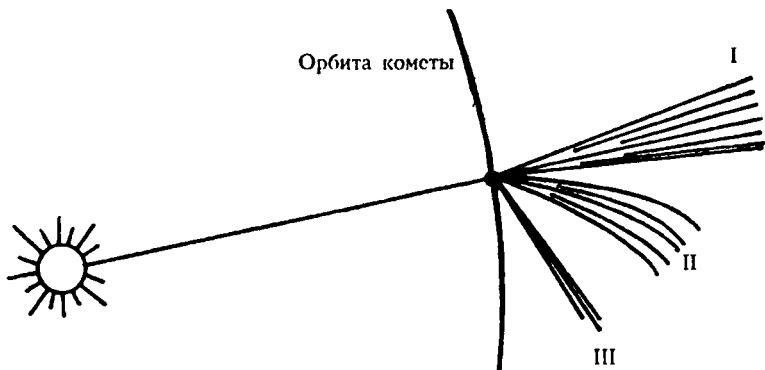


Рис. 46. Три типа кометных хвостов

ких хвостов с большой скоростью проносятся облачные образования – сгустки ионизированного кометного вещества. Основную долю в спектрах хвостов I типа дают ионизированные пары воды, окиси углерода и азота.

Для хвостов II типа значения $1-s$ заключены в границах 0,6–2,5. К этой группе в основном относятся хвосты, внешне напоминающие воловий рог или сильно изогнутый конус. На концах таких хвостов часто можно наблюдать полосы так называемых синхрон, направленных к ядру кометы; предполагается, что они появляются при одновременном выбросе из ядра кометы облака вещества. Свечение хвостов этого типа характеризуется непрерывным спектром.

Величины $1-s$ для хвостов III типа принимают значения между 0 и 2,5. По внешнему виду это короткие прямые хвосты; на деле же они представляют собой одну полную синхрону, начинающуюся от самого ядра. При этом угол отклонения оси хвоста от продолжения гелиоцентрического радиус-вектора непрерывно увеличивается.

Большие заслуги в изучении поведения комет принадлежат астроному Э. Галлею, в честь которого названа одна из наиболее интересных комет. Эдмунд Галлей, дипломат и переводчик на английской службе, был современником Исаака Ньютона. Результаты исследований последнего гласили, что планеты не могут двигаться вокруг светила произвольным образом, но могут описывать только одну из трех кривых: эллипс, параболу или гиперболу, причем Солнце обязательно должно находиться в одном из фокусов этой кривой.

Вдохновленный трудами Ньютона, Галлей приступил к сбору данных о траекториях комет, в том числе в рукописях астрономов и древних летописях. К 1705 г. Галлей рассчитал орбиты более чем 20 комет, наблюдавшихся с 1337 г. Сравнивая полученные траектории, он пришел к выводу, что некоторые из этих комет, много лет назад уйдя от Солнца, вернулись к нему вновь! Налицо была периодичность движения комет. Предсказал Галлей и возвращение одной из самых больших комет; сам он не дожил до дня, когда исполнилось его предвидение, однако, комета та получила его имя. Последний раз комета Галлея появлялась близь Земли в 1986 г., а до того – в 1910 г. В 1986 г. условия для наблюдения кометы сложились крайне неблагоприятно, поскольку комета и Земля расположились по разные стороны от Солнца.

В ходе программы, принятой на 18-й Генеральной ассамблее Международного астрономического союза, 15 декабря 1984 г. с космодрома Байконур стартовала АС «Вега-1», а спустя еще 6 дней была запущена «Вега-2». В июне 1985 г. обе станции достигли Венеры и, выполнив первую часть программы, направились на встречу с кометой Галлея. 6 марта 1986 г. «Вега-1» прошла на расстоянии 8900 км от ядра кометы, а 9 марта того же года «Вега-2» миновала ядро на еще меньшем расстоянии – 8000 км. Ядро в длину имело 18 км, в

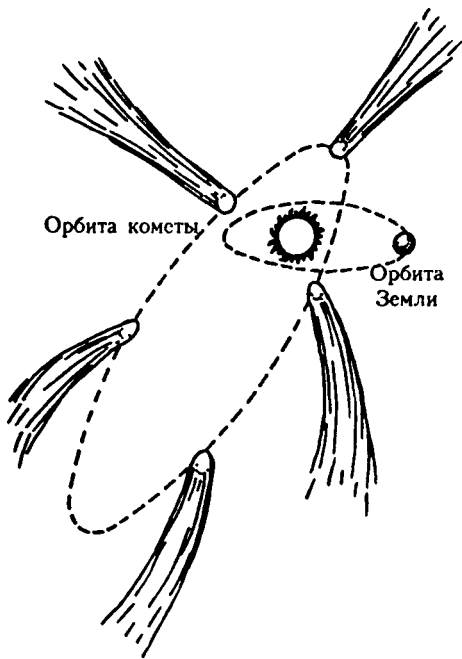


Рис. 47. Орбита кометы

ширину – 12, и в толщину 8 км. Получить изображение кометного ядра с такого расстояния удалось впервые; информация, переданная «Вегой-1» и «Вегой-2», по сей день остается уникальной. Данные, полученные с этих двух АС, помогли скорректировать программу западноевропейского аппарата «Джотто», запущенного несколькими днями позже, и тот прошел всего в 500 км от ядра кометы. По данным, которые удалось получить с него прежде, чем ориентация аппарата была нарушена уда-

ром метеорной частицы, комета каждую секунду выбрасывает около 50 т газов.

Таким образом, каждое возвращение к Солнцу обходится комете приблизительно в 300 млн т составляющего ее вещества.

Не меньший интерес представляет для ученых менее известная комета Энке. Ее открывали дважды: в 1786 и в 1819 гг., не зная, что это одна и та же комета. Орбита кометы Энке

необычайно мала – один оборот вокруг Солнца комета делает всего за 3,3 г. Очередное появление кометы в 1822 г. было предсказано немецким астрономом Иоганном Энке, вычисления которого подтвердились с точностью до часов и долей градуса; в честь ученого комета была названа его именем. Еще одна особенность этой кометы – ее удивительная живучесть: раз за разом возвращаясь к раскаленному Солнцу, она не проявляет никаких признаков распада.

А вот комета Биэлы, названная по имени открывшего ее астронома-любителя В. Биэлы, распалась в XIX – XX вв., хотя имела почти вдвое больший период обращения. При появлении этой кометы в 1845 г. астрономы стали свидетелями редкого явления: буквально на глазах наблюдателей комета распалась на две неравные части. В 1852 г. комета предстала их глазам все в том же расщепленном виде, но хвост одного из осколков ее стал заметно длиннее.

Ни в 1859 г., ни в 1865 г. комета, вопреки ожиданиям, не появилась. Появилось предположение, что под влиянием гравитационных полей других планет Солнечной системы комета изменила свой путь. Еще ранее, в 1832 г., астрономы отметили, что орбита кометы Биэлы проходит всего в нескольких тысячах км от Земли, и при малейшем ее сдвиге возможно столкновение. По всей видимости, именно это и произошло в 1872 г.: Земля столкнулась с остатками кометы Биэлы. Существует гипотеза, что именно один из обломков этой кометы стал причиной пожара, уничтожившего Чикаго в 1872 г. Город тогда сгорел дотла; горели поселки, леса и прерии и в нескольких сопредельных штатах страны. Пожары достигали гигантских размеров, хотя день был безветренным. В ноябре того же года во многих районах Европы наблюдался обильный звездный дождь. Метеоры сыпались с тех участков неба, где ожидалось появление кометы Биэлы. Последняя из известных частей ко-

меты Биэлы упала на Землю уже в середине XX в. В сентябре 1966 г. в небе над северо-восточной частью США вспыхнул огромный метеорит, который спустя несколько секунд взорвался. Его раскаленные обломки огненным градом обрушились на земли штатов Индиана и Мичиган, а также на степи южной части канадской провинции Онтарио, вызвав множество пожаров. Некоторые из уцелевших осколков этого метеорита достигали 45 см в поперечнике.

Подробнее по отдельным вопросам см.: *Астрономика, Астрономия, Астрофизика, Бомбардировки космические, «Вега» проект, Величины астрономии, Ветер солнечный, Вода, Законы движения космических тел, Земля, Исследования космические, История астрономии, Космонавтика, Облако Оорта, Обсерватория, Орбита, Радиоастрономия, Солнечная система.*

Космогония

Космогония (от греч. «космос» – «мировой порядок», «гнос» – «происхождение») – наука о происхождении и эволюции различных космических объектов, таких как планеты, звезды, галактики. В том числе космогония изучает становление и развитие Солнечной системы. Однако она не затрагивает проблему происхождения Вселенной. Этим вопросом занимается космология.

Согласно современным представлениям, Вселенная никогда не происходила: она вечна. Ее расширение началось около 13–15 млрд лет тому назад или, по последним расчетам, 20 млрд лет назад с «Биг Бэнга», Большого Взрыва малой частицы вещества сверхвысокой плотности. По другой версии Вселен-

ная состояла из равномерно заполнявшей ее плазмы, в которой возникли электромагнитные возмущения. Под действием гравитации выброшенное взрывом вещество (или возмущения плазмы) начало сгущаться и образовались т.н. протогалактики, т.е. зародыши звездных систем.

Окончательное становление галактик произошло после возникновения звезд первого поколения. Первоначально это были сжимавшиеся и уплотнявшиеся от собственного тяготения сгущения газовой туманности, названные протозвездами. С увеличением плотности и давления в недрах протозвезд повышалась температура. Когда она достигла нескольких миллионов градусов в протозвездах начались ядерные реакции превращения водорода в гелий.

Энергия термоядерного синтеза остановила сжатие вещества и значительно повысила его температуру, вызвав самосвечение протозвезды. Сегодня в нашей Галактике 98% массы приходится на сформировавшиеся звезды разных типов, а остальное на газопылевую туманность. Можно сказать, что эволюция звездной системы в целом закончена.

Наша звездная система имеет вид спиральной галактики с длинными рукавами. Солнце сформировалось на т.н. орбитальной окружности системы, на которой сосредоточены звезды, угловая скорость обращения которых вокруг галактического ядра равняется угловой скорости волн уплотнения вещества. Вдоль этой окружности расположены многие другие звезды, подобные Солнцу. В спиральных рукавах находятся звезды совершенно иных типов и даже возраста, в особенности сверхновые, о которых будет рассказано ниже.

Тип новорожденной звезды зависит от количества и состояния слагающего ее вещества – преимущественно от его массы и плотности. От них же зависят поверхностная температура и светимость звезды, а также дальнейшая эволюция новорожден-

ных объектов. Выделяются следующие основные типы звезд: красные карлики, желтые карлики (подобные Солнцу), оранжевые и голубые звезды. Их судьбы различны. Масса определяет количество расходуемого ядерного материала, а светимость – интенсивность расхода в виде излучения.

Самые малые карлики живут до 100 млрд лет. Звезды, подобные Солнцу, расходуют свой запас энергии за 10 млрд лет, а крупные потухают за 1–2 млн лет. Солнце существует уже 5 млрд лет, следовательно, оно потухнет лишь спустя примерно такой же интервал времени. Потухание звезды связано с выгоранием водорода и его переходом в гелий, который формирует внутри звезды плотное ядро. Во внешних, неядерных слоях долго сохраняются небольшие остатки водорода, а потому все еще протекают реакции синтеза с выделением света.

В гелиевом ядре никакие реакции вначале невозможны. Но по мере его сжатия и уплотнения и в недрах ядра начинается превращение гелия в углерод. Наступает старение звезды. Потухающая немассивная звезда может превратиться в желтого сверхгиганта, затем стать пульсирующей, а после того она становится красным гигантом. Внешние слои звезды, многократно увеличиваясь в размерах, постепенно утрачивают связь с ядром и распыляются в мировом пространстве. Оставшееся ядро превращается в белый карлик. Такая судьба ждет и наше Солнце.

Массивные звезды заканчивают свои дни мощным взрывом, который принято называть взрывом сверхновой. Ядро сверхновой стремительно сжимается и превращается в невероятно плотную нейтронную звезду. Взорвавшиеся и распыленные в космосе в виде прямого выброса внешние слои сверхновой превращаются в газовые туманности со сложным составом. Они служат основой для возникновения протозвезд, которые со временем превратятся в настоящие звезды второ-

го поколения. Судя по химическому составу, Солнце сложено именно из остатков сверхновой, т.е. является в эволюционном плане звездой второго поколения. Газовая туманность, сформировавшая нашу звезду, послужила одновременно основой для возникновения вокруг нее первичных планетных образований. (Подробнее эволюция Солнечной системы рассмотрена в соответствующем разделе.) В настоящий момент в нашей Галактике можно наблюдать взрывы сверхновых, красные гиганты и белые карлики, т.е. все стадии развития звезд. Астрономические и астрофизические наблюдения за этими объектами позволили сделать выводы об истории Солнца.

Наиболее широким признанием в настоящее время пользуется теория зарождения звезд в процессе конденсации газопылевого межзвездного вещества. Под действием гравитационных сил первоначальное гигантское скопление холодного вещества принимает форму, близкую к сфере, и начинает сжиматься. Потенциальная энергия уменьшается, однако, возрастают кинетическая и тепловая (внутренняя), вследствие чего вещество постепенно нагревается и начинает излучать тепло в окружающее пространство.

Эта фаза развития звезды называется «контракционной» (от лат. «контракцио» – «сжатие»). Гравитационная энергия является единственным источником нагрева формирующейся звезды только в самом начале кон-тракционной фазы, когда перенос энергии в протозвездной области осуществляется только конвекционным путем.

После того, как светимость звезды достигает порогового значения, она начинает очень быстро сжиматься. Из-за резкого уменьшения радиуса звезды растет ее внутренняя температура, но светимость падает. На этом этапе во внешних слоях звезды начинается сгорание дейтерия, которое вызывает другие низкотемпературные ядерные реакции с выгоранием лития, берил-

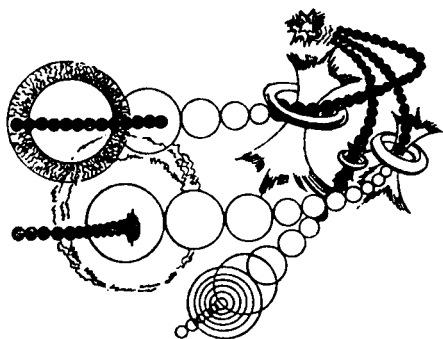


Рис. 48. Эволюция звезд

Если на предыдущие стадии затрачивалось всего по несколько миллионов лет, то теперь для достижения следующего этапа развития звезде требуются и сотни миллионов лет. С переходом к термоядерной стадии темп эволюции звезды сильно замедляется. Так, например, за 3 млрд лет, прошедшие со времени начала термоядерной стадии эволюции Солнца, оно лишь «немного» разогрелось: в ту эпоху – период докембрия – оно излучало не более чем на 20% слабее, чем сейчас, а средняя температура Земли составляла приблизительно 0°C . Однако рано или поздно начинается сжатие гелиевого ядра звезды и его нагрев. При этом происходит серия скачкообразных изменений в структуре звезды, температура в ее центральной области достигает 300 млн $^{\circ}\text{C}$, а выход энергии в пространство практически прекращается из-за непрозрачности вещества ядра и слабой циркуляции в этой области.

Вырождение вещества ядра прекращается, ядро несколько расширяется и охлаждается. Однако при этом вещество ядра выходит за его пределы и соприкасается с богатым водородом веществом лучистой оболочки. Это соприкосновение почти мгновенно приводит к началу стадии сгорания водорода.

В центре же звезды образуется область лучистого равновесия – так называемое «лучистое ядро». Сжатие звезды постепенно замедляется, светимость стабилизируется. Температура поверхности звезды, тем не менее, продолжает расти, что вскоре приводит к началу стадии сгорания

венно (по звездным меркам) изменяет структуру звезды, превращая ее в химически однородный шар с почти абсолютным содержанием гелия. Этот процесс называют гелиевой вспышкой. У звезд, богатых гелием, теоретически возможны устойчивые пульсации, но значительно чаще гелиевая звезда превращается в белый карлик (иногда минуя на этом пути стадию белого гиганта).

Подробнее по отдельным вопросам см.: *Аккреция, Астрономия, Астрофизика, Величины астрономии, Жизнь, Законы движения космических тел, Исследования космические, Солнечная система, Эволюция Солнечной системы.*

Космонавтика

Космонавтика (от греч. «космос» – «мировой порядок», «натуркос» – «плавание») – синтетическая дисциплина, решающая разнообразные вопросы освоения человеком космического пространства в мирных целях, ради социального прогресса. Объединяет различные отрасли физики, астрофизики, техники, космической биологии и многих других наук.

История космонавтики связана с развитием ракетостроения и космических исследований. Первые реактивные двигатели были созданы природой за сотни миллионов лет до появления на планете первых людей: медузы отлично освоили этот принцип передвижения. В дальнейшем посредством реактивного движения перемещались кальмары, белемниты, аммониты, многие другие существа. Человек открыл ракетный двигатель одновременно с открытием свойств пороха. Была замечена отдача ствола при выстреле порохового орудия (пушки). Это по-

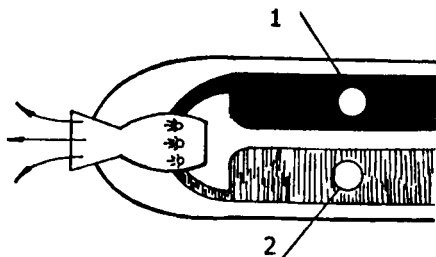


Рис. 49. Принципиальная схема ракетного двигателя: 1 – горючее, 2 – окислитель

зволило прийти к гениальной догадке о том, что если стрелять бесконечно, то можно взлететь в небо.

В древнем Китае появились первые ракеты для развлечения и для осады крепостей. В позднем Средневековье пороховая ракета широко распространилась по

странам Азии и Европы в качестве средства для фейерверков. Интерес к боевым возможностям ракет возник в XIX столетии. Талантливый физик, народоволец Н.И. Кибальчич (1853–1881 гг.) впервые указал на возможность применения ракетной тяги для осуществления полета. И в 1883 г. рождается идея покорения космоса посредством такого летательного аппарата. Ученый-самоучка К.Э. Циолковский впервые точно указал принцип работы космической ракеты и особенности полета на ней. Дальнейшая судьба ракетостроения связана со множеством имен, в первую очередь с именами С.П. Королева, В.П. Глушко, М.В. Келдыша – основателей первой в мире космонавтики.

Реактивное движение возможно в любой среде, где вообще возможно движение: в газовой, в воздушной, в вакууме. Ракета приводится в движение реактивной силой, возникающей в полном соответствии со вторым законом Ньютона. Количество движения тела изменяется под действием импульсов какой-либо силы. При реактивном движении происходит отделение частиц от тела с переменной массой (выброс продуктов сгорания ракетой), что сопровождается появлением такой силы.

Она всегда пропорциональна массе ежесекундно отделяющихся частиц. Уравнения для реактивной тяги из второго закона Ньютона впервые найдены в 1897 г. профессором И.В. Мещерским. Исходя из этих формул инженерами-ракетостроителями XX в. были найдены состав ракетного топлива, наилучший тип конструкции ракетного двигателя и многое другое.

Устройство реактивного двигателя относительно просто. На борту ракеты имеются баки с горючим и окислителем. Эти вещества поступают в камеру сгорания, где сжигаются. Через выходные дюзы продукты сгорания выбрасываются наружу. Выброс порождает реактивную тягу. В качестве окислителя выступает обычно кислород, а роль горючего выполняет керосин. Это упрощенная схема, в действительности ракету придется оснащать более сложными реактивными двигателями.

Объема одного бака явно недостаточно для того, чтобы вместить весь запас топлива. Сооружать слишком большие баки или систему из нескольких баков на борту ракеты крайне невыгодно, поскольку уменьшение массы ракеты в таком случае будет незаметным. На исполинский бак или систему баков пойдет слишком много металла, ракета станет слишком тяжелой. Переменная масса не создаст достаточного импульса, и ракета не сможет развить расчетной космической скорости.

Поэтому сегодня в космонавтике применяются многоступенчатые ракетносители (РН). Последнее слово «носитель» служит определителем технического назначения устройства. РН предназначены исключительно для запуска летательного аппарата – космического корабля, АС, АМС – в космическое пространство, где аппарат будет перемещаться за счет собственных реактивных двигателей. Конструкция таких ракет, выполненных в виде обтекаемого карандаша, разборная и совмещает в себе несколько т.н. ступеней. Это легко отделяемые блоки с несложной системой баков.

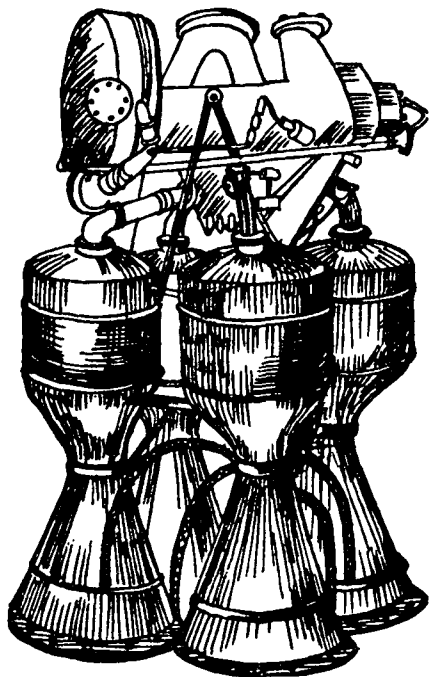


Рис. 50. Внешний вид ракетного двигателя

Обычны трех- и четырехступенчатые ракеты, в которых поэтапно сжигается топливо из разных блоков-ступеней. Первоначально подключаются двигатели первой ступени, которые поднимают ракету с космодрома. Когда запасы топлива в баках первой ступени оказываются исчерпаны, отработанный блок, ставший балластной массой металла, отбрасывается. Происходит включение двигателей второй ступени, сжигающих запасы топлива. Использованный блок также отбрасывается.

Последняя ступень выводит летательный

аппарат, защищенный специальным обтекаемым кожухом, на орбиту. В зависимости от космической скорости, сообщенной аппарату, орбита может быть околоземной или параболической и гиперболической для дальних полетов. Челноки типа «Шаттлов» или «Бурана» не имеют обтекаемого кожуха, поскольку слишком велики. Эти космические корабли крепятся на самой ракете-носителе, конструкция которой целиком сложена из ступеней с системами баков.

Устройство таких систем невероятно сложное. Механизм последовательного отключения блоков и запуска новых двигателей контролируется микропроцессорной автоматикой. К реактивным двигателям предъявляются высокие требования чисто технического характера. Форсунки должны своевременно подавать топливо в камеру сгорания.

Стенки камеры жаростойкие и прочные, рассчитаны на высокое давление и температуры порядка 1000 °С, то же касается и дюз. Последние рассчитаны на пропускание большого объема горячих газов ежесекундно. Кроме того, форма дюз и сопел должна быть подобрана таким образом, чтобы реактивная сила была направлена в нужную сторону и при этом в струе продуктов сгорания не рождались бы никакие побочные течения.

Топливо космической ракеты также подбирается особо. Следствие из второго закона Ньютона подсказывает, что оно должно обладать большой массой и плотностью и при этом быстро сгорать, чтобы получить большое количество сгоревших газов, выбрасываемых за секунду времени. Большинство американских ракет летает на твердом топливе.

В ракетах с ускорителями советской конструкции обычно применялись и применяются более чистые экологически виды топлива с высококипящими компонентами, керосином или водородом.

Эпоха космонавтики насчитывает, в строгом смысле слова, немногим более 40 лет, хотя суборбитальные и высотные полеты были освоены гораздо раньше. Но только 4 октября 1957 г. в СССР на околоземную орбиту был запущен первый искусственный спутник Земли (ИСЗ).

Массой 83,6 кг, это небольшое устройство 1400 раз облетело вокруг нашей планеты на высоте порядка 900 км, покрыв за три месяца полета 60 млн км. Уже в следующем году свой первый ИСЗ запускают США, а в 1965 г. – Франция, в

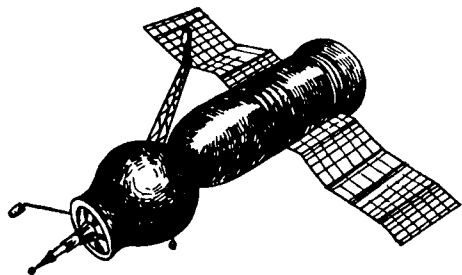


Рис. 51. Космический корабль «Союз»

1970 г. – Китай и Япония, в 1971 г. – Великобритания. Эти спутники передали ценную информацию о физических характеристиках земной атмосферы, в особенности слоя ионосферы. Вторым советским спутником имел на борту живое существо – собаку Лайку.

Третий ИЗС провел уникальное исследование околоземного космического пространства. Границы человеческого познания невообразимо расширились. ИСЗ посредством методов астрофизики изучали и продолжают изучать солнечное излучение, особенности вакуума.

Новым шагом в развитии космонавтики стало создание космических кораблей для полетов человека. Первым космическим кораблем с человеком на борту стал «Восток», на котором 12 апреля 1961 г. совершил свой исторический полет первый в мире космонавт Ю.А. Гагарин (1934 – 1968 гг.). «Восток», достигавший массы свыше 4,7 т вместе с приборным отсеком, был выведен на орбиту трехступенчатой ракетой на жидкостных двигателях (кислород и керосин). С этого года стало возможным проведение космических исследований под непосредственным контролем человека.

В 1967 г. на орбиту был запущен первый пилотируемый многоместный корабль серии «Союз», орбитальный отсек которого был оснащен лабораторией и приспособлен для проведения научных экспериментов. На космических кораблях этой серии с 1978 по 1981 гг. выполнялись полеты 9 международ-

ных экспедиций. Однако огромный объем информации по-прежнему добывался с помощью автоматических станций (АС) и межпланетных автоматических (АМС).

Первыми аппаратами такого рода стали советские «Зонды» и «Луны», которые выполняли программу изучения околоземного космического пространства и Луны. «Луна-9», запущенная в 1966 г., совершила мягкую посадку на поверхность нашего естественного спутника, это была первая посадка космического аппарата на другое космическое тело. «Луна-10» стала первым искусственным спутником Луны.

Межпланетное пространство и физические свойства ближних планет впервые исследовали космические АМС серий «Марс» и «Венера». Были составлены топографические карты поверхности Венеры и Марса. АМС осуществляли успешные посадки на поверхности этих планет. С «Венеры-9» впервые было получено изображение венерианского пейзажа: человек увидел облик иного мира.

Эту работу в дальнейшем продолжили американские аппараты. Венеру, Марс и межпланетное пространство изучали станции серии «Маринер». «Викинги» провели топографические, геологические, климатологические и иные изыскания на Марсе, а также безуспешно пытались отыскать жизнь на красной планете.

4 мая 1989 г. американский челнок «Атлантис» вывел на орбиту автоматический зонд «Магеллан». Его космическое путешествие, продлившееся около года, завершилось на эллиптической орбите вокруг Венеры.

При помощи радарной установки «Магеллан» сканировал поверхность планеты в моменты максимального сближения и передавал собранную информацию на Землю после удаления от планеты. Всего более чем за полгода работы было снято около 90% поверхности. В лунной программе приняли актив-

ное участие три стороны. Ранние исследования Луны были начаты Советским Союзом. Впервые был применен для этой цели самоходный аппарат дистанционного управления – луноход. Одновременно АС «Луна» взял образцы лунного грунта, пробуравив для этого маленькую скважину («Луна-20», 23 февраля 1972).

Американская программа «Аполлон» включала в себя полет человека к спутнику Земли и высадку космонавтов на лунной поверхности. Это событие в истории космонавтики случилось в 1969 г., когда по Луне сделали первые шаги Н. Армстронг и Э. Олдрин. Затем на спутнике побывали еще шесть экспедиций в рамках проекта «Аполлон». В 1990 г. Япония запустила к Луне свой спутник «Хитен», тем самым приняв прямое участие в изучении этого космического тела.

Изыскания в дальних областях Солнечной системы, особенно близ планет-гигантов, проводились американскими учеными посредством АМС серии «Пионер» и «Вояджер».

«Пионер-10», запущенный в марте 1972 г., прошел в феврале 1973 г. через пояс астероидов и провел исследования Юпитера и Урана вместе с их спутниками.

Запущенный в апреле 1973 г. «Пионер-11» уже в декабре 1974 г. пролетел мимо Юпитера, завершив начатые первым аппаратом исследования. Также АМС обследовала Сатурн с расстояния 20 000 км от его облачного слоя. В 1987 г. оба аппарата пересекли орбиту Плутона. В 1977 г. за пояс астероидов были направлены АМС «Вояджер-1, 2», которые провели дальнейшее исследование планет-гигантов, особенно Юпитера, Сатурна и Урана.

Некоторую информацию удалось получить о малоизученном Нептуне. «Пионеры» и «Вояджеры» имеют на своем борту послание жителям других планет, поскольку до 2005 г. должны покинуть границы Солнечной системы в направлении ближай-

ших звезд, где возможна разумная жизнь. Но и это сегодня уже не является вершиной, развитие космонавтики продолжается.

Последними достижениями стало широкое использование космических кораблей многоразового использования, т.н. челноков.

Кроме того, ведутся активные работы по созданию экологически безопасного топлива для ракет-носителей, не содержащих компонентов, разрушающих озоновый слой атмосферы Земли.

Оба этих направления были удачно решены отечественными инженерами, создавшими челнок «Буран» на РН «Энергия»

Успешное применение ядерной энергии на космических аппаратах позволяет прогнозировать постройку в будущем атомных кораблей для полетов человека к Марсу.

Подробнее по отдельным вопросам см.: «Аполлон» (серия космических кораблей), *Астрономия, Астрофизика, Биология космическая, «Вега» проект, «Венера» (серия АМС), «Викинг» (АМС), «Вояджер» (АМС), Геология космическая, Жизнь, Законы движения космических тел, «Зонд» (серия АМС), Исследования космические, «Луна» (серия АС), «Марс» (серия АМС), Медицина космическая, Орбита, Солнечная система, Топография космическая, «Хаббл», Экзобиология.*

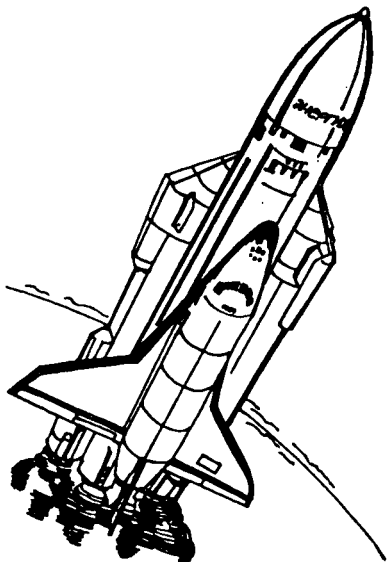


Рис. 52. Ракета-носитель «Энергия» с челноком «Буран»

Космонимика

Космонимика (от греч. «космос» – «мировой порядок», «ономос» – «имя») – наука о присвоении космическим телам собственных названий.

Подробнее по отдельным вопросам см.: *Астронимика*.

Л

Луна

Луна – единственный естественный спутник Земли. В мифах практически всех народов Луна отождествляется с богинями разного ранга. Русское название «Луна», вероятно, восходит через латинские «luna» и «lucina» к «lux» – лат. «свет». Луной прежде назывался диск светила в фазе полнолуния. Название месяц происходит от древнего индоевропейского «mes» – «луна». Слово «mes» ассоциировалось со словом «мера», и поэтому было отнесено только к фазам Луны, поскольку они делят год на 12 частей, тоже названных месяцами.

Астрономия

Луна расположена на расстоянии 384 тыс. км от поверхности Земли. Период движения Луны по околоземной орбите и период ее обращения вокруг собственной оси практически совпадают, в результате чего спутник всегда повернут к Земле одной и той же стороной. Свет Луны, наблюдаемый с Земли, есть не что иное, как отраженный свет Солнца. Луна находится так далеко от светила, что можно считать, будто солнечные лучи освещают ровно половину темного лунного шара. В первом приближении орбита Луны является эллиптической. Сред-

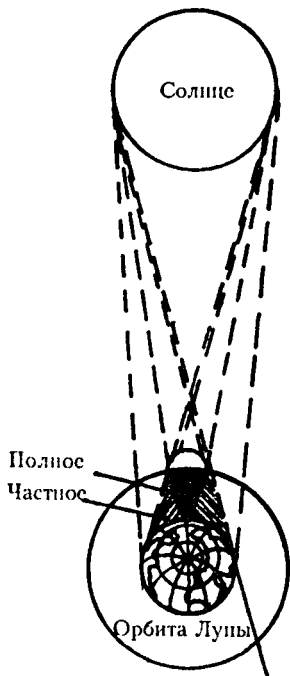


Рис. 53. Солнечное затмение

няя скорость орбитального движения Луны (с запада на восток) равна 1,02 км/с. Точка орбиты, в которой Луна наиболее близка к Земле, называется перигеем, а диаметрально противоположная точка, в которой Луна наиболее сильно удалена от Земли – апогеем.

Прямая, по которой плоскость околоземной лунной орбиты пересекается с плоскостью эклиптики, называется линией узлов и всегда лежит в плоскости земной околосолнечной орбиты. Узлами же называются точки пересечения лунной орбиты с эклиптикой. Плоскость лунной орбиты наклонена к плоскости эклиптики под углом около 5 градусов 9 минут.

Наблюдаемые с Земли виды лунного диска, изменяющиеся от тонкого серпа до полного диска, называют фазами Луны. Периодическое их изменение объясняется движением

Луны вокруг Земли, при котором к Земле поочередно обращены как освещенное, так и неосвещенное полушария, а также частично освещенный лунный диск. Фаза Луны, при которой к Земле обращено ее полностью неосвещенное полушарие, называется новолунием. Новолуние наступает при прохождении Луны между Землей и Солнцем. Характерно, что солнечное затмение может наступить только во время новолуния. Если бы плоскости земной и лунной орбит совпадали, то солнечные затмения

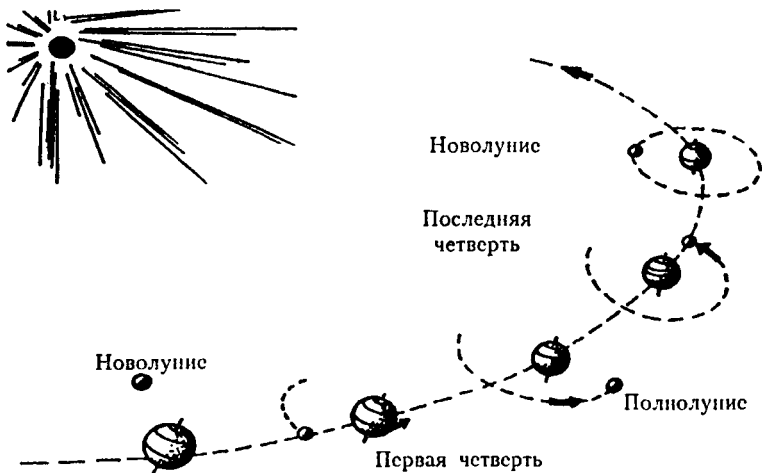


Рис. 54. Механизм смены фаз Луны

происходили бы каждое новолуние. Благодаря наклону лунной орбиты земной спутник проходит каждый раз несколько ниже или выше Солнца, и теоретически затмение возможно только тогда, когда новолуние наступает в одном из узлов лунной орбиты или вблизи него.

Впрочем, исходя из геометрии движения Луны и Земли, можно рассчитать, что Луна может полностью заслонить солнечный диск, будучи даже на весьма значительном расстоянии от узла лунной орбиты – до 18 градусов в обе стороны от узла. Солнечные затмения – явление, при котором Солнце полностью или частично перестает быть видимым для земного наблюдателя, т.к. его диск закрывается Луной, – известны всем. При движении вокруг Земли, Луна нередко полностью или частично попадает в конус тени, отбрасываемой Землей, и также на

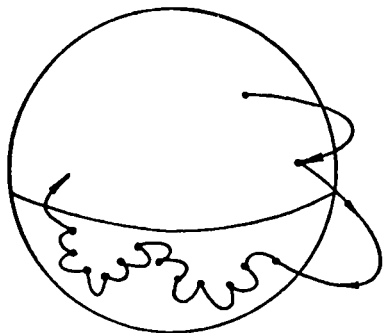


Рис. 55. Траектория частиц газа на Луне

некоторое время перестает быть видимой для земного наблюдателя. Такое явление носит название лунного затмения.

Лунные затмения происходят только во время полнолуний и только в том случае, если Луна при этом находится вблизи одного из узлов своей орбиты или в нем. Первым вступает в земную тень левый, восточный край лунного диска; постепенно его форма приближается к серповидной, но этот серп сильно отличается от серпа лунных фаз: здесь линия, разделяющая на лунной поверхности свет и тень — край земной тени. Если в конус тени войдет вся Луна, то затмение будет полным; диаметр земной тени на линии лунной орбиты превышает диаметр Луны в 2,5 раза, и полное затмение может продолжаться до 2 часов.

Во время затмения Луна, не имеющая собственного свечения, отовсюду кажется темной; ее одинаково хорошо видно на всем полушарии Земли, обращенном в сторону Луны, и для всего полушария затмение начинается и кончается в один и тот же физический момент. Все это время Луна светится слабым медно-красным светом, причина происхождения которого — преломление солнечных лучей в земной атмосфере, благодаря которому красные лучи изгибаются внутрь конуса земной тени и попадают на лунный диск. Подсчитано, что общее число солнечных и лунных затмений в году не может превышать семи: пять солнечных и два лунных или четыре солнечных и три лунных.

Наименьшее возможное число затмений – два, причем оба солнечных. Однако чаще всего за год наблюдается четыре затмения: два солнечных и два лунных.

Астрофизика

Радиус Луны составляет 1738 км, масса приблизительно в 81 раз меньше земной массы. Тем не менее, для спутника Луна более чем крупна, и поэтому систему «Земля – Луна» нередко называют «двойной планетой». Тем не менее, Луна далеко не самый большой естественный спутник в Солнечной системе. По размерам ее превосходят спутник Сатурна Титан, спутник Нептуна Тритон, а также спутники Юпитера Ганимед и Каллисто. Ганимед, кроме того, вдвое тяжелее Луны, что позволило ему сохранить атмосферу, пусть и очень разреженную. Масса Луны оказалась недостаточной, чтобы ее притяжение смогло удержать атмосферу. Магнитосферы и радиационных поясов у Луны также нет. Отсутствие атмосферы отчасти объясняет как сильное нагревание той стороны, что обращена к Солнцу, так и весьма низкие температуры обратной стороны. Объясняет оно и резкие тепловые и световые контрасты: «днем» температура поверхности Луны поднимается до 130 °С, «ночью» же падает до минус 170 °С.

Луна имеет почти твердое силикатное ядро, диаметр которого составляет приблизительно один километр. Как и у Земли, ядро Луны окружено плотной мантией. Толщина лунной коры не превышает 50 – 60 км, и на глубине 40 км температура уже достигает 300 °С. Поверхность Луны разделяется на два доминирующих типа – моря и материки. Моря, обширные углубления вроде котловин, зрительно воспринимаются, как более темные участки лунного диска. Светлые материки возвышаются над этими пространствами, занимая в общей сложности 84% поверхности спутника.

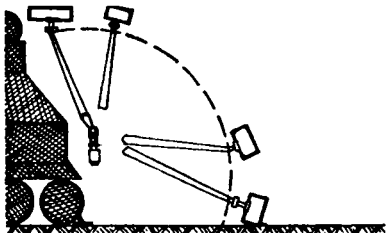


Рис. 56. Взятие пробы лунного грунта

Моря представляют собой вулканические равнины. Они сложены потоками базальтовых лав, которые отличаются по химическому составу от земных базальтов исключительно малым количеством летучих компонентов. Впрочем, то же можно сказать о химическом составе лунных материков, которые также

слагаются базальтовыми отложениями. Материки несут следы интенсивной космической бомбардировки, более явные, чем на морском ложе. В основном процессы метеоритной бомбардировки завершились 3 млрд лет назад. Материковые породы сложены брекчиями из скученных, слипшихся обломков пород группы АИТ – анортозитов, норитов, троктолитов. В целом на поверхности Луны в результате воздействия солнечного ветра, энергичных космических излучений и редких падений метеоритов образуется слой разрыхленного, неплотного реголита. В разнообразных породах Луны, более сложных по структуре и текстуре, чем земные базальты, обнаружено всего 50 видов минералов, состоящих из 70 химических элементов. Наиболее обычны пять минералов, еще 4–5 видов встречаются относительно нечасто, хотя и присутствуют в малом количестве в пробах грунта. Остальные 40 видов минералов довольно редки. Из всех химических соединений преобладает двуокись кремния. На втором месте идут окислы железа, далее прочие оксиды – алюминия, кальция, магния и прочих элементов.

Исследования Луны начались в январе 1959 г., когда в направлении спутника была запущена советская ракета «Луна-1». Эта станция, представлявшая собой приборный контейнер, про-

шла на расстоянии 5500 км от Луны и стала первым искусственным телом Солнечной системы. «Луна-2», запущенная в сентябре того же года, достигла поверхности Луны и передала на Землю первые данные о планете. В октябре «Луна-3» передала первые фотоснимки обратной стороны Луны.

США также начали исследования Луны в 1959 г. при помощи кораблей серии «Аполлон». 16 июля 1969 г. с Земли стартовал корабль «Аполлон-11», целью которого была высадка на Луну человека.

Приливы и отливы

Воздействует Луна на Землю и непосредственно. Благодаря силе лунной гравитации уровень Мирового океана Земли испытывает постоянные колебания. В течение приблизительно четверти суток он повышается, затем – на протяжении такого же времени – понижается; этот процесс, как нетрудно подсчитать, повторяется дважды в сутки. Подъем воды, нагоняющий ее на берег, носит название прилива, обратный процесс именуется отливом. Примечательно, что каждые сутки прилив и отлив наступают с наибольшим запаздыванием (в среднем около 50 мин.), точно соответствующим запаздыванию кульминации Луны. Приливы объясняются тем, что под влиянием лунного притяжения центр Земли, а с ним и все твердое тело планеты каждое мгновение смещается по направлению к Луне, причем величина этого ежесекундного смещения постоянна. Частицы же океана смещаются иначе: под действием гравитационных сил земная гидросфера принимает форму эллипсоида, вытянутого по направлению к Луне. По тем же причинам происходят и малозаметные атмосферные приливы и отливы, а также еще менее ощутимые приливы и отливы в твердом теле Земли: точки земной поверхности дважды в сутки поднимаются и опускаются в среднем на несколько десятков сантиметров.

Подробнее по отдельным вопросам см.: «Аполлон» (серия космических кораблей), Величины астрономии, Ветер солнечный, Геология космическая, Земля, Исследования космические, История астрономии, «Луна» (серия АС), Селенография, Селенология, Селенонимия, Спутники естественные, Топография космическая.

«Луна» (серия АС)

«Луна» – серия советских автоматических станций (АС), проводивших широкомасштабные физико-химические исследования природы естественного спутника Земли. Луна как крупное космическое тело привлекала внимание человека еще на заре оптической астрономии. В. Гершель утверждал, что предпочел бы жить на Луне, чем на Земле. К.Э. Циолковский доказывал, что именно наш спутник станет форпостом человечества при освоении мирового пространства.

Предельно близкое положение Луны к Земле и возможность пребывания на спутнике человека в искусственной среде были теми причинами, по которым лунная программа в нашей и других странах получила наибольшее развитие. Было необходимо провести скорейшие исследования этого космического объекта для уточнения представлений об условиях на нем, о его ресурсах и о возможности полетов по лунным трассам. С этой целью в нескольких странах были созданы специальные летательные аппараты – лунники. Одними из них были советские АС серии «Луна».

Первый аппарат этой серии был запущен 2 января 1959 г. Спустя два дня после запуска «Луна-1» прошла в 5500 км от естественного спутника Земли, после его вышла на орбиту вокруг Солнца и стала первой искусственной планетой Солнечной

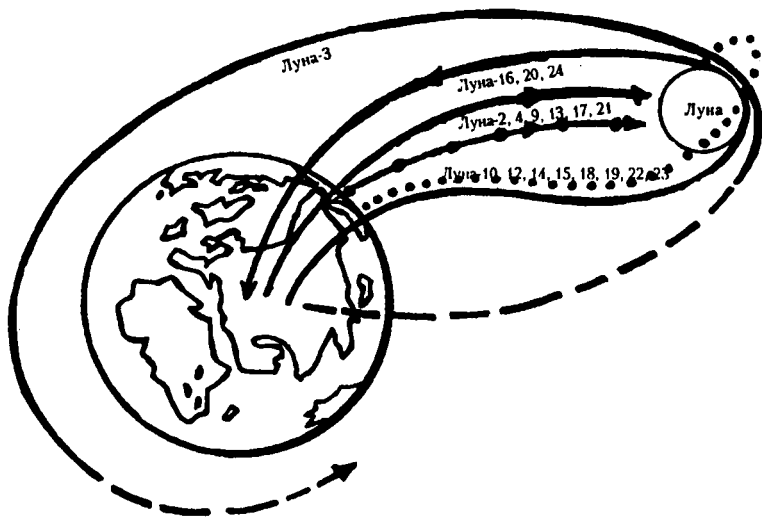


Рис. 57. Полеты советских АС «Луна»

системы. В этом же году были запущены вторая и третья автоматические станции 12 сентября и 4 октября соответственно. «Луна-2» за два дня пути достигла естественный спутник и впервые в истории осуществила прилунение. Это была первая посадка космического аппарата на другое, кроме Земли, тело Солнечной системы.

Третья станция, пролетая примерно в 60–70 тыс. км от Луны, провела фотографирование лунной поверхности невидимой с Земли стороны нашего естественного спутника.

Фотоснимки были переданы на Землю, и человечество впервые увидело эту загадочную обратную сторону. В результате получили вторую жизнь селенография и селенонимия. Но самое главное достижение человечества, воплощенное в полете

«Луны-3» заключается в том, что так началась эпоха топографии планет посредством космических летательных аппаратов. «Луна-4» была запущена 2 апреля 1963 г. Она совершила полет на расстоянии 8500 км от лунной поверхности и провела серию научных исследований окололунного и околоземного космического пространства. Как и прочие первые лунники, она в первую очередь замерила посредством магнитометров лунное и межпланетное магнитные поля. Заодно эти четыре аппарата провели гамма-поиск естественных радиоизотопов грунта – калия, тория и урана. Попутно были уточнены в сравнении размеры и масса Луны и Земли.

Четвертая АС сконструирована по новому образцу, она не дублирует предыдущие станции и является прототипом для нового поколения аппаратов этой серии. Новое поколение «Луна-4–8» предшествовало первой удачной мягкой посадке «Луны-9» и представляло собой экспериментальное направление. При разработке и создании аппаратов этого направления решались новые технические вопросы, заключавшиеся в проблемах доставки на Луну или окололунную орбиту оборудования и приборов. Первые лунники таких задач не решали, поскольку были рассчитаны единственно на непродолжительную работу при максимальном сближении со спутником.

В 1965 г. к естественному спутнику были направлены четыре автоматические станции этой серии. Запуск первой из них, «Луны-5», состоялся 9 мая. Через три дня она прилунилась, впервые используя механизм мягкой посадки. Учеными-инженерами были получены ценные сведения о работе этого устройства. Одновременно при посадке была опровергнута галилеевская гипотеза о т.н. «лунной пыли».

В дальнейшем системы посадки проверялись и отрабатывались во время прилунения АС «Луна-7» и «Луна-8», запущенных соответственно 4 октября и 3 декабря того же года. Благо-

даря этим настойчиво повторявшимся испытаниям 3 февраля 1966 г. девятая станция серии, запущенная 31 января 1966 г., впервые в мире совершила мягкую посадку на поверхность нашего естественного спутника. Масса станции составляла 1583 кг, конструкция слагалась из трех блоков – рабочей части АЛС (100 кг), отсека управления и двигателей.

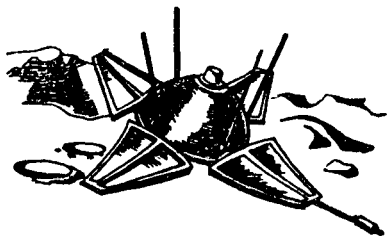


Рис. 58. Внешний вид «Луны-9»

В том же 1966 г. были запущены аппараты «Луна», ставшие впервые в истории искусственными спутниками Луны (ИСЛ). 31 марта была запущена «Луна-10», которая стала первым ИСЛ после выхода на окололунную орбиту. Спутники провели изучение гравитационного поля Луны, метеорной и радиационной обстановки вблизи этого космического тела, а также осуществили гамма- и рентгеновские исследования излучающих свойств поверхности.

28 августа одиннадцатая и 25 октября двенадцатая АС серии «Луна», запущенные соответственно 24 августа и 22 октября, стали вторым и третьим советскими искусственными спутниками Луны. Лунник 12 исследовал гравитационное поле по его воздействию на собственную орбиту и провел точную фотосъемку поверхности. Качественная передача изображения осуществлялась через разложение фотографий в телеканале на 1100 строк.

Завершила эту программу селенологических исследований тринадцатая станция, которая второй из советских АСЛ совершила мягкую посадку на Луну и провела изучение физических свойств почвы штампгрунтомером с титановым наконечником и радиаци-

онным плотномером, а также передала на Землю 100-минутную телевизионную панораму лунной поверхности. «Луна-14», запущенная 7 апреля 1968 г., стала четвертым советским ИСЛ. Пятнадцатая станция (запущена 13 июля 1969 г.) после совершения 52 полных оборотов вокруг Луны получила команду прилунения. Управление аппаратом прошло нормально, успешная посадка состоялась 21 июля того же года.

Запущенная 12 сентября 1970 г., «Луна-16» 20 числа этого же месяца прилунилась и взяла образцы грунта, после чего 21 числа покинула спутник и вернулась на Землю. В дальнейшем летательные аппараты серии неоднократно осуществляли прилунения с целью проведения различных исследований и взятия проб лунного грунта. В частности 23 февраля 1972 г. забор очередного образца из небольшой скважины сделала двадцатая станция. 25 числа в этом же месяце аппарат благополучно вернулся на Землю. Неудачным оказался полет «Луны-23» (запущена 28 октября 1974 г.). При посадке на участке с неблагоприятным рельефом был поврежден грунтозаборный механизм, и пробу взять не удалось. Одновременно проводились научные изыскания и в других направлениях. Так, в 1971 г. была выведена на окололунную орбиту станция «Луна-19» для широкомасштабных исследований космического пространства и собственно спутника (запущена 28 сентября). Также на окололунную орбиту с аналогичными целями 2 июня 1974 г. выведена АС «Луна-22». Не совсем удачным оказался полет «Луны-18» в 1971 г. Станция совершила 54 оборота вокруг планеты, но посадка 11 сентября была неблагоприятной.

Одним из высших достижений советской космонавтики в области изучения естественного спутника Земли считается доставка на Луну автоматическими станциями этой серии первых в мире самоходных аппаратов, управляемых с Земли, т.н. луноходов. Первый луноход был благополучно доставлен на по-

верхность спутника станцией «Луна-17», запущенной в космос 10 ноября 1970 г. Она успешно прилунилась 17 ноября того же года, после чего аппарат «Луноход-1» приступил к выполнению программы исследований. 8 января 1974 г. к Луне была послана

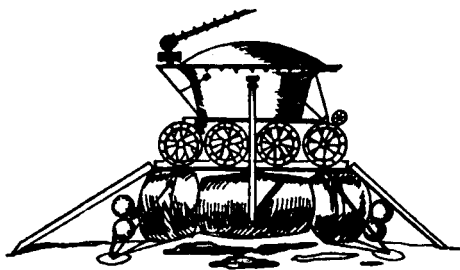


Рис. 59. «Луна-17» привезла «Луноход-1» на Луну

21-я автоматическая станция из этой серии, которая несла на борту «Луноход-2». 16 числа этого же месяца станция благополучно прилунилась и доставила самоходный аппарат на поверхность спутника. Луноход выполнил еще больший объем исследований, чем его предшественник, и всего за время работы прошел по Луне около 37 км.

С появлением луноходов начался новый этап в сооружении АСЛ. Была разработана космическая платформа, иначе посадочная ступень. Это универсальное устройство оказалось пригодным для многих других целей. Посредством платформы стало возможным доставлять на поверхность спутника не только луноходы, но и прочие грузы, включая возвратные ракеты. Первые испытания новых технологий проводились на «Луне-15».

Если прежде прилунение осуществлялось в результате т.н. «прямого перелета» с посадкой, то платформа открыла возможность для прилунения с высокой степенью точности в любую точку Луны с окололунной орбиты. Посадочная ступень корректировала полет к нашему естественному спутнику, выход на ИСЛ орбиту и маневрирование в окололунном про-

странстве с последующей посадкой на поверхность Луны. А главное, платформа могла применяться в качестве стартового устройства для ракет «Луна – Земля» (возвратных ракет). Впервые возвратные ракеты применялись на посадочной ступени «Луны-16».

Подробнее по отдельным вопросам см.: *Величины астрономии, Геология космическая, Исследования космические, Космонавтика, Луна, Орбита, Селенография, Селенология, Селенономия, Скорости космические, Топография космическая.*

М

Марс

Марс – имя древнеримского бога войны, которого связывали с планетой Марс из-за ее кроваво-красного цвета. Согласно представлениям древних римлян, Марс постоянно жаждет крови и разрушения, хотя не чуждо ему и созидание, а потому в астрологии покровительствует «людям крови» – воинам и врачам.

Астрономия

Марс является четвертой по счету от Солнца планетой нашей системы. Его орбита удалена от звезды в среднем на 227,9 млн км, т.е. он расположен в 1,52 раза дальше от звезды, чем Земля. Марс можно считать одной из ближайших к Земле планет, поскольку минимальное расстояние от него до Земли составляет примерно 56 млн км, что равняется $1/3$ а.е. Благодаря столь близкому расположению Марса его поверхность относительно хорошо просматривается даже в слабые телескопы. Удовлетворительная видимость марсианского диска, в свою очередь, позволила ученым измерить угловые размеры красной планеты и с высокой точностью вычислить ее линейный экваториальный диаметр. Он оказался равен 6772 км, что составля-

ет приблизительно 0,533 диаметра Земли. Объем Марса равняется 0,15 земного, а средняя плотность вещества – 0,72 земного (3,95 г/см³). Масса красной планеты насчитывает 643 квинтиллионов т, т.е. примерно 0,107 – 0,108 земной массы.

Вращение Марса вокруг Солнца направлено в ту же сторону, что и вращением Земли. Полный оборот на орбите осуществляется за 687 земных суток, это составляет 1,9 земного года. Скорость орбитального передвижения Марса равняется 24,11 км/с. Полный поворот планеты вокруг собственной оси занимает 24 ч 39 мин. 29 с, т.е. длиннее земного на 39,5 мин. Год на Марсе равен 668 дням (марсианским суткам).

Марс совершает полный оборот вокруг Солнца за 1 земной год и 10,5 месяцев. При этом и красная планета, и Земля движутся в одну и ту же сторону. Каждые 2 года 50 суток наша планета обгоняет Марс.

Оба тела выстраиваются по одну сторону от Солнца как бы на прямой линии. Это положение Марса по отношению к Земле называется астрономами противостоянием. Великим противостоянием Земли и Марса принято называть такое взаимное положение планет, когда расстояние между ними минимально (56 млн км.). Удаленность от Солнца послужила причиной того, что планета получает в 2,3 раза меньше тепла, чем Земля. Из-за этого на Марсе невозможно найти какие-либо водоемы. Нет на красной планете и привычной землянам смены времен года с зимними морозами и снегопадами, с летним зноем, с осенними дождями. Однако смена сезонов все-таки происходит. Угол наклона оси вращения у Марса почти равен земному и составляет 24,93 градуса (у Земли наклон оси составляет 24,43 градуса).

Такой наклон по отношению к Солнцу приводит к поясному распределению солнечной радиации. На Марсе имеются два холодных, полярных пояса, два умеренных и один жаркий –

тропический. По этой причине наблюдается смена времен года, причем каждый сезон превышает по продолжительности соответствующий земной почти в 2 раза. Сезоны различаются температурами и ветровым режимом. В телескопы можно наблюдать на поверхности Марса крупные топографические объекты, являющие собой области разных цветовых оттенков. Эти области внешне напоминают цветные пятна различной величины. Наиболее крупные светло-желтые участки получили название материков, большие темные участки были названы морями, а небольшие темные пятна астрономы окрестили озерами и оазисами. Конечно, настоящих оазисов, озер и морей на Марсе не существует.

Астрономические наблюдения за поверхностью красной планеты некогда порождали многочисленные скороспелые спекуляции. Два наиболее сенсационных открытия связаны с безуспешными поисками жизни на Марсе. Во время летнего таяния ледяных шапок еще в начале XX в. астрономами были зафиксированы изменения форм морей, озер и оазисов, изменения форм окраски этих участков. Возникли предположения, что происходит расцвет марсианской растительности, занимающей темные пятна. Последующие исследования опровергли эту интересную гипотезу. В действительности астрономы наблюдают перемещение больших масс песка и пыли сезонными ветрами. Итальянский астроном Дж. Скиапарелли открыл в 1877 г. сеть контрастно-темных линий на поверхности Марса и назвал их проливами. По-итальянски это слово выглядит как каналы, а поскольку каналами принято называть искусственные сооружения, то возникла гипотеза о существовании марсиан, создавших всепланетную ирригационную систему.

Но и это оказалось ошибкой. Каналов на Марсе не существует, там нет даже увиденных Скиапарелли проливов. Последние оказались воображаемым рисунком, в который слива-

лись отдельные соседние линии и пятна, представляющие собой мелкие формы рельефа. Мнимый рисунок был отчетливо рассмотрен в более сильные телескопы.

Астрофизика

Сведения о магнитосфере, атмосфере и рельефе Марса были собраны в результате длительных астрофизических исследований.

Магнитное поле Марса в 500 раз слабее земного, оттого обнаружено оно было не сразу. Полярность магнитного поля противоположна земной.

Над дневной стороной Марса магнитное поле достигает 2000 км от поверхности, на обратной, ночной – 9500 км. Атмосфера красной планеты сильно разряжена и составляет по плотности 0,01 земной. Паров воды в атмосфере крайне мало (0,01%). Если вся влага воздуха сконденсируется и осядет на поверхность красной планеты, то толщина слоя составит 0,1 мм. По причине малого содержания водяных паров марсианская атмосфера не способна удерживать солнечное тепло, полученное за день, хотя на экваторе поверхность Марса в теплое время года разогревается до плюс 25 °С. Накопленное тепло растрачивается в ночное время, распыляясь в мировое пространство.

Температура атмосферы с высотой быстро понижается. Понятие «воздух» в отношении состава атмосферы Марса чисто условно, поскольку химически ее газовая смесь не соответствует земному воздуху.

Марсианский воздух на 95% сложен углекислым газом, менее 3% составляет азот, около 2% аргон. Эти три основных вещества образуют воздушную оболочку планеты. К ним добавляются в малом количестве озон, криптон, ксенон, оксид углерода.

Кислород занимает в этой смеси 0,3%, т.е. стоит приблизительно на 4 месте после основных газов. В прежние аэрологические эпохи количество кислорода в атмосфере Марса достигало 0,1% – так называемой «точки Пастера». Это косвенно свидетельствует о возможности развития разнообразных форм жизни и даже о начале фотосинтеза. Сокращение количества кислорода было вызвано химическими процессами в масштабах всей планеты.

В первую очередь к ним относится активное окисление железа в горных породах, а также «выдувание» кислородных молекул из верхних слоев атмосферы космическими излучениями. Сила тяжести Марса невелика, поэтому космические лучи могут сообщать молекулам газа скорость, достаточную для преодоления марсианской гравитации.

Температуры на поверхности планеты крайне низки, среднегодовая составляет 70 °С ниже нуля. На экваторе в летний сезон температура повышается в дневное время суток до плюс 20–25 °С, однако, уже ночью она опускается ниже минус 10 °С и в предрассветный час нередко равняется минус 90 °С. Полярные широты, занимающие пространство выше 65 градуса, покрыты ледяными шапками, которые летом интенсивно тают,

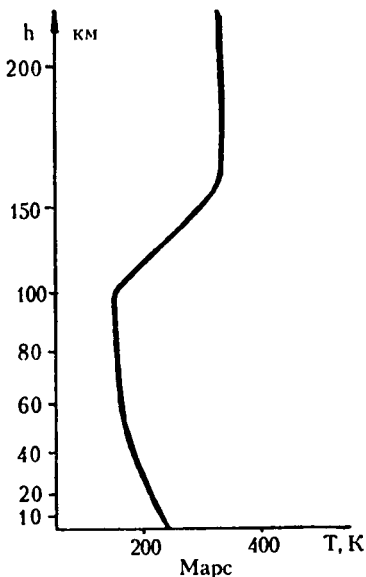


Рис. 60. Профиль температуры атмосферы Марса

сокращаясь в размерах. Таяние ледников хорошо заметно в телескопы с Земли. Зимой область вечных снегов захватывает умеренные широты: полярные шапки спускаются до 40-й параллели. Температура поверхности в полярной зоне зимой понижается до минус 120 °С.

Средняя температура льда полярной шапки, измеренная «Викингом-2» равняется 67,7 °С ниже нуля. Стало быть, ледники состоят из замерзшей воды, а не из уголекислоты, как полагали ранее, поскольку температура шапки из «сухого льда» была бы не выше минус 123 °С. Воду, кроме того, приборы зафиксировали в виде туманообразных испарений, поднимающихся из трещин в грунте на рассвете.

Марсианский грунт состоит из известных ученым химических элементов, которые ожидали обнаружить в коре планеты: алюминия (5%), брома, ванадия (3%), галлия, железа (13%), кальция (6%), кобальта (6%), кремния (20%), марганца (7%), меди (0,5%), молибдена (0,5%), мышьяка, никеля, ниобия, стронция, титана (1%), фосфора (10%), хрома (5%), цинка, циркония (не отмечены элементы, содержание которых не выше сотых долей процента).

Кора Марса, формировалась в течение миллионов лет под влиянием внутренних сил. На красной планете фотосъемка выявила много потухших вулканов, относящихся к четырем эпохам вулканизма.

Это крупные кратеры до 200 км диаметром и высокие конусы. Вокруг жерл, на вершинах и склонах таких гор сохранились застывшие потоки базальтовой лавы.

Самые высокие вулканические горы находятся в северном полушарии Марса. Среди них – и самая высокая гора Солнечной системы. Это вулкан Олимп, возвышающийся над окружающей его местностью на 21 км. Диаметр основания гиганта достигает около 600 км. Помимо вулканов, имеются протяжен-

ные горные гряды с отдельными пиками до 15 км высотой. Также к формам рельефа вулканического происхождения относятся небольшие базальтовые скалы, глыбы и камни, выступающие над песчанными равнинами. Другим доказательством активности марсианских недр в прошлом служат многочисленные тектонические разломы коры. Самый большой из них расположен вблизи экватора и называется долиной Маринера. Он протянулся с запада на восток на 4000 км. Это всего на 1000 км меньше протяженности Сибири с запада на восток.

Современные формы рельефа и топографические объекты являются преимущественно результатом выветривания. Это пустынные равнины, занятые эоловыми отложениями (песчаными наносами) или дюнами. Встречаются крупные ущелья и овраги, сглаженные возвышенности и валы.

В северном полушарии расположены т.н. материки, являющие собой плоскогорья, поднятые на 6 км. В южном обширную площадь занимают моря – четыре исполинские котловины до 2000 км в поперечнике. Поверхность плоскогорий покрыта мелкими (100 – 500 м в диаметре) кратерами явно ударного происхождения. На поверхности Марса обнаружены извилистые меандры, оставленные протекавшими здесь реками. Наибольшее число древних русел расположено у горных склонов. Здесь же наблюдаются глубокие овраги, свидетельствующие о разрушении гор.

Марс в представлении многих поколений ученых был населен всевозможными формами жизни, от примитивной растительности до сложных животных организмов. Предполагалось, в том числе, и наличие разумных обитателей на красной планете, т.н. марсиан. Еще известный астрофизик И.С. Шкловский допускал существование марсиан, называя спутник Марса Фобос искусственным спутником. Поиски жизни на Марсе к настоящему моменту не дали положительного результата.

Спутники естественные

У красной планеты имеются два естественных спутника – Фобос и Деймос, которые подробно рассмотрены в соответствующих статьях.

Подробнее по отдельным вопросам см.: *Археология, Величины астрономии, Вода, Вулканизм, Деймос, Жизнь, Исследования космические, История астрономии, Планета красная, Планеты (астрономия и астрофизика), Фобос.*

«Марс» (серия АМС)

«Марс» – серия автоматических межпланетных станций (АМС), предназначенных для комплексных физико-химических исследований четвертой планеты Солнечной системы – «Марса». Изучения этого космического тела потребовали актуальные проблемы планетологии.

Целью экспедиций «Марсов» было фотометрическое инфракрасное и ультрафиолетовое обследование воздушной оболочки, спектральный анализ газов ионосферы, измерение магнитного поля, радиометрическое изучение излучательной способности марсианской поверхности и фотографирование рельефа планеты.

Первый летательный аппарат серии «Марс» был направлен к красной планете 1 ноября 1962 г. Цель его полета заключалась в проведении исследований межпланетного космического пространства, а также для отработки технологий марсианских перелетов. В дальнейшем начатые этим аппаратом работы возобновились лишь в 1970-х гг., на начало которых приходится период наибольшей активности запусков «Марсов».

Следующие, вторая и третья АМС этой серии стартовали с Земли соответственно 19 и 28 мая 1971 г. В конце года станции достигли планеты и стали ее искусственными спутниками. Спускаемые модули этих аппаратов массы 1 т отсоединились и успешно совершили посадку на марсианскую поверхность: второй 27 ноября, третий 2 декабря. Орбитальные отсеки выполнили в общей сложности 11 экспериментов, из которых 7 касались вопросов изучения природы красной планеты. Остальные эксперименты касались изучения межпланетного пространства и солнечного излучения.

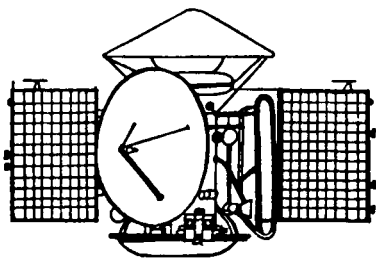


Рис. 61. АМС «Марс-3»

Последующие изыскания проводились учеными посредством аппаратов этой серии летом 1973 г. Это были «Марсы 4—7», новая экспедиция с более развернутой программой исследований. АМС под номерами 4—7 имели целью широкомасштабное изучение красной планеты и ее поверхности. Четвертая станция 10 февраля 1974 г. осуществила фотосъемку марсианской поверхности с расстояния 2200 км. 12 февраля того же года искусственным спутником Марса стала пятая по порядку станция. Обе АМС, четвертая и пятая, были запущены в июле 1973 г., 21 и 25 числа соответственно, и почти одновременно стали искусственными спутниками красной планеты (ИСМ). Оба аппарата были специально созданы для выполнения функции ИСМ. Они осуществили большой объем работ, в частности «Марс-5» провел гаммаспектрометрический поиск естественных радиоактивных изотопов (калий, торий, уран) в породах планеты. С помощью радиотелескопа

измерялось радиоизлучение красной планеты. Инфракрасные радиометры измерили величину тепловой инерции грунта. Эти исследования дополнились поляриметрическими и фотометрическими измерениями механических качеств марсианской почвы. Фотографирование поверхности позволило провести уже на Земле морфологические исследования.

Одной из задач ИСМ была трансляция на Землю сообщений с посадочных модулей следующих двух аппаратов серии. 12 марта 1974 г. совершил удачную посадку спускаемый модуль «Марса-6» и впервые в мире провел прямые измерения свойств марсианской атмосферы. Еще раньше, 9 марта, в 1300 км от поверхности красной планеты прошел посадочный модуль «Марса-7» «Марсы-6, 7» были запущены с Земли в августе 1973 г., соответственно 5 и 9 числа, а приблизились к Марсу одновременно с «Марсами-4, 5». Эти станции сооружались по компоновочному принципу, как и «Венеры». Обе серии АМС имеют много общего, поскольку при создании аппаратов происходил взаимный обмен техническими достижениями и усовершенствованиями.

Подробнее по отдельным вопросам см.: *Ареология, Астрофизика, Величины астрономии, «Венера» (Серия АМС), Геология космическая, Исследования космические, Космонавтика, Марс, Планета красная, Топография Космическая.*

Медицина космическая

Медицина космическая – область медицинской науки, которая изучает жизнедеятельность человека в экстремальных условиях космического полета, чтобы разрабатывать способы сохранения здоровья космонавтов. Она включает в себя такие дисциплины, как космическая физиология, космическая психо-

физиология, космическая радиобиология. При этом медицина космическая пересекается с космической биологией, с которой тесно взаимодействует. Перед космической медициной стоят задачи исследования воздействия на человека факторов внеземного происхождения. Это необходимо для разработки профилактических и защитных мер, которые должны обеспечить безопасность экипажей космических кораблей и станций.

Космическая медицина занимается подбором и подготовкой космонавтов, создает системы дистанционного врачебного наблюдения за самочувствием экипажа в полете, разрабатывает приемы лечения и спасения жизней космонавтов при непредвиденных ситуациях в полете. Кроме того эта наука определяет основные физиологические и гигиенические требования к системам жизнеобеспечения и иному техническому оснащению кораблей и станций. Освоение Солнечной системы возможно только при условии, что космонавт будет надежно защищен от пагубного влияния факторов внешнего и внутреннего происхождения, действующих на него на борту космического корабля (станции). Эти факторы для удобства принято классифицировать по трем группам в зависимости от природы источника неудобства, беспокойства или болезни. Ис-

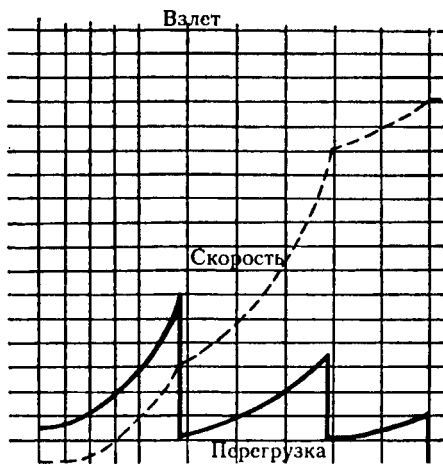


Рис. 62. Возрастание перегрузок при ускорении ракеты

точники могут иметь самую различную природу, поэтому порожденные ими дестабилизирующие факторы проявляют себя с неодинаковой силой и в несходных ситуациях.

К первой группе относят особые физические свойства внеземной среды: неестественный температурный режим, низкая плотность вещества, метеоры и метеориты, ионизирующее излучение. Далее следуют эргономические факторы (вторая группа), связанные с работой летательного аппарата: полет непременно сопровождается невесомостью, шумом, вибрацией, ускорением и перегрузкой.

Третья группа включает в себя психофизиологические особенности человеческого организма: самочувствие космонавта будет меняться из-за стресса, вызванного новыми условиями, замкнутым пространством, искусственной средой обитания, сменой биоритмов, изоляцией, гипокинезией, перенапряжением в результате выполнения большого объема ответственной и отчасти опасной работы. Учет всех этих факторов при их комплексном и практически одновременном воздействии на организм человека необходим для успешного выполнения программы космических исследований.

Все направления исследований космической медицины одинаково важны, однако, имеются приоритетные. К ним можно отнести решение вопросов о космическом излучении, о газовом составе искусственной атмосферы, о перепадах давления и о личной гигиене космонавта. Обеспечением радиационной безопасности экипажа занимаются специалисты в такой дисциплине, как космическая радиобиология, являющейся производной от космической медицины и космической биологии. Эта наука будет рассмотрена в соответствующем разделе.

Забота о газовом составе крайне важна, поскольку дыхание служит основой энергетических процессов в нашем организме (кислородное окисление). Процесс дыхания складывается из

нескольких стадий: легочного дыхания, кровяного дыхания и, наконец, клеточного дыхания. На первой стадии происходит наполнение альвеол легких воздухом. Это может быть затруднено в связи с повышенным содержанием в газовой смеси паров, конденсата, твердых частиц, пыли, мелкого мусора.

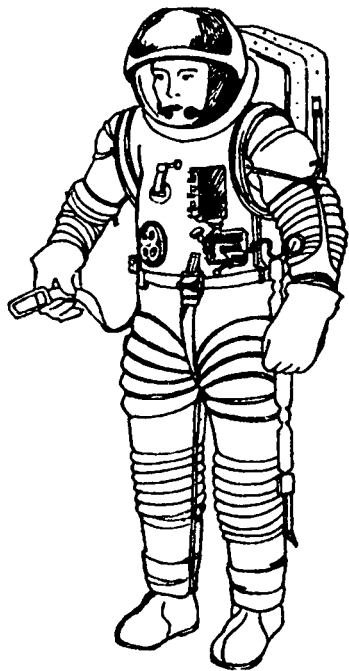


Рис. 63. Космический скафандр

Следующей стадией является усвоение кислорода кровью и его перенос к тканям, а также выведение углекислоты из организма. Это может быть затруднено по причине неправильного соотношения газов в воздушной смеси, повышенного содержания ненужных газовых компонентов. И только клеточное дыхание касается напрямую энергетических процессов в организме. Т.о. оптимальный состав искусственной атмосферы играет важнейшую роль в сохранении здоровья космонавтов. Из-за сложного, многоэтапного характера акт дыхания взаимосвязан с деятельностью скелетной мускулатуры (вдох – выдох при легочном дыхании) и сердечно-сосудистой системы (транспорт кислорода и углекислоты кровотоком). Поэтому обеспечение нормального дыхания зависит не только от состава газовой смеси, но еще и от ее давления, от удобства одежды, от физических нагрузок, от активности космонавта.

Воздух может быть загрязнен продуктами жизнедеятельности человека – испаряющимися кожными выделениями. Поэтому вопрос об обеспечении дыхания связан, кроме прочего, с личной гигиеной членов экипажа летательного аппарата. Одежда, водные процедуры, ликвидация отходов жизнедеятельности оказываются во многом взаимозависимыми проблемами, которые решает космическая медицина.

Сегодня по разработкам космических медиков созданы устройства регенерации кислорода, кондиционирования воздуха, поглощения воды и углекислоты из воздуха; устройства сбора, хранения и ликвидации отходов жизнедеятельности; устройства поддержания чистоты на борту; устройства для соблюдения космонавтами личной гигиены, включая особой конструкции душевые кабины. Помимо того, создаются новые типы космической одежды – нательного белья, теплозащитных и полетных костюмов, головных уборов, обуви. Космический скафандр условно причисляют к космической одежде, однако, это не одежда. В действительности скафандр представляет собой индивидуальное многофункциональное средство обеспечения жизнедеятельности космонавта. Устройство скафандра помогает человеку использовать его при аварийной разгерметизации корабля, при ремонтно-монтажных работах в открытом космосе, при активном перемещении в космическом пространстве или по поверхности планеты (американские космонавты на Луне).

Велика роль психологии при заботе о здоровье экипажа. Психоэмоциональное состояние человека сказывается на его общем самочувствии, восприимчивости или приспособляемости к действию негативных факторов, а также на течении возникшего в полете заболевания. Психологи изучают в рамках космической медицины факторы, которые могут подорвать психическое здоровье космонавта.

Во-первых, полет сопряжен с известным риском и высокой вероятностью непредвиденных ситуаций. Во-вторых, человеку приходится длительное время пребывать в изоляции или в тесном контакте с одними и теми же лицами. В-третьих, новые телесные ощущения меняют темперамент, настроение и возможности психологической адаптации.

Космическая медицина пытается устранить негативные стороны этих факторов. Важное место в перечне задач науки занимает необходимость подбора экипажей по принципу психологической совместимости.

Подбор, обучение и тренировка будущих членов команды летательных аппаратов – начальный, а потому самый важный этап в работе космических медиков над сохранением здоровья космонавтов.

Врачи тщательно исследуют здоровье кандидатов по системе требований, разработанных врачебно-летней экспертизой. К этим требованиям постоянно добавляются новые, более высокие, что объясняется возрастающей продолжительностью космических полетов, более длительным воздействием на организм негативных факторов.

Учитывается способность работать в команде над ответственным проектом, физическая подготовка включает в себя упражнения, направленные на адаптацию к невесомости, ускорению и смещению биологического времени. Космонавт обязан уметь выполнять широкий круг обязанностей и при необходимости в любой момент и в любом деле заменить напарника. Относительно низкие требования предъявляются к узким специалистам различных научных направлений (биологи, астрофизики, геологи и т.д.), которые выполняют в полетах функции космонавтов-исследователей. Не в последнюю очередь космическая медицина занимается продуктами питания. К ним предъявляются такие физиологические требования, как пита-

тельность, высокая энергетическая ценность, содержание всех жизненно необходимых витаминов и минеральных веществ, быстрая и легкая усвояемость, незатрудненная проходимость по пищеводу (последнее особенно важно, т.к. пища по пищеводу движется лишь под действием силы тяжести). Кроме того, еда должна занимать по возможности мало места на корабле, быть упакованной в надежную тару, иметь консистенцию, которая бы препятствовала распространению по кораблю пищевых остатков. Основы космической медицины были заложены космобиологическими исследованиями влияния различных факторов высотного, суборбитального и орбитального полета на животных. Начало непосредственно медицинских исследований приходится на 1961 г., когда на космическом корабле «Восток» совершил первый космический полет 108-минутной продолжительности летчик-космонавт Ю.А. Гагарин. Впервые собранные медиками материалы о состоянии здоровья человека в космическом полете внесли неоценимый вклад в науку и оказали существенное влияние на последующее развитие космической биологии.

Следующим шагом в исследованиях стал выход человека в открытый космос, впервые совершенный А.А. Леоновым в 1965 г. Полученные при этом сведения о влиянии на организм пребывания человека в безвоздушном пространстве значительно умножили знания космомедиков и позволили сделать возможными регулярные выходы космонавтов в открытое космическое пространство, длительную и эффективную работу (монтаж, ремонт, установка измерительных приборов и т.д.) за бортом летательного аппарата.

Ценные сведения были получены в результате медобследования космонавтов, участвовавших в долгосрочных космических программах на борту орбитальных станций. Очень длительное пребывание человека в новой физической среде сдела-

ло возможным увеличением продолжительности сроков работ космонавтов с каждым новым запуском на орбитальную станцию. Первыми основательными медицинскими исследованиями в этой области стали тесты и наблюдения за экипажами американской орбитальной станции «Скайлэб» и советских станций серии «Салют» (в особенности «Салют-6»).

Особый интерес для космической медицины представляет полет на космическом корабле «Аполлон-11» к естественному спутнику Земли и высадка американских космонавтов Н. Армстронга и Э. Олдрина на Луну в 1969 г. Это было первое посещение человеком иного космического тела, обладающего совершенно отличными от земных физическими характеристиками.

Медицинские исследования в космосе, а также наземные эксперименты с моделированием условий невесомости или ускорения показали, что человеческий организм способен выдерживать космические перегрузки и возвращаться в нормальное состояние по завершении космонавтом полета. После прибытия человека на Землю в его теле начинают происходить процессы, обратные адаптации. В число задач космической медицины входит также исследование подобных процессов с целью скорейшего восстановления нормального функционирования физиологических систем в организме космонавта.

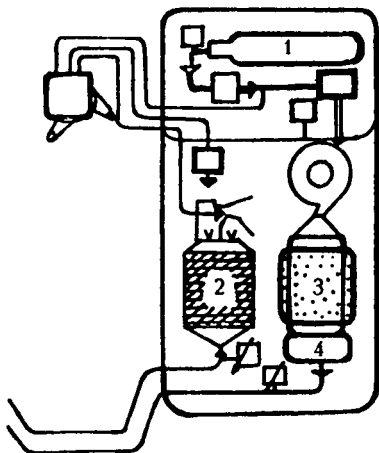


Рис. 64. Наспинный рацион космонавта

За время нахождения человека в невесомости в его физиологии происходят заметные изменения вследствие приспособления к новой среде. Меняется динамика кровотока, водно-солевой обмен, работа сердечно-сосудистой системы и опорно-двигательного аппарата. Замечены потери организмом различных минеральных солей, в первую очередь солей фосфора, кальция, натрия, магния, калия, азота.

Наблюдается частичная обезвоженность организма и отмирание некоторых тканей. Наиболее существенные перемены касаются активности сердечной мышцы: миокард ослабевает, ритм его сокращений изменяется. С целью предупреждения физиологических нарушений у космонавтов в результате адаптации-реадаптации специалистами в области космической медицины разработаны меры сохранения здоровья экипажей космических кораблей.

Эти меры включают в себя комплекс лечебно-восстановительных мероприятий не только для завершивших полет космонавтов, но и для тех, кто находится на борту летательного аппарата. В частности, к числу последних профилактических средств и мероприятий принадлежит использование велоэргометра, тренажера «бегущая дорожка», вакуумной емкости и особых тренировочно-нагрузочных костюмов.

Достижения космической медицины уже в настоящее время позволили успешно решить многие из перечисленных задач, однако, дальнейшее развитие космонавтики потребует пересмотра и совершенствования нынешних способов сохранения здоровья космонавтов, летчиков и исследователей.

Это, в свою очередь, приведет к общему пересмотру основных положений физиологии, психологии и гигиены человека. Относительно молодая наука, насчитывающая всего 40 лет, космическая медицина станет одной из ведущих биологических дисциплин будущего.

Подробнее по отдельным вопросам см.: *Биология космическая, Ветер солнечный, Излучение космическое в биологии, Исследования космические, Космонавтика, Околосреднее космическое пространство, Селенология.*

Меркурий

Меркурий – первая от Солнца планета из девяти планет Солнечной системы, расположенная на расстоянии 0,387 а.е. от светила. Согласно мифологическим представлениям древних римлян плут и игрок Меркурий, восходящий к древнегреческому Гермесу, выполнял функции вестника богов. Период обращения Меркурия вокруг Солнца равен 88 земным суткам.

Астрономия

Меркурий – четвертое по яркости светило после Венеры, Марса и Сириуса. Однако близость Меркурия к Солнцу затрудняет его исследования. Меркурий всегда показывается низко над горизонтом и для визуального наблюдения доступен только на очень короткое время. Ухудшаются условия видимости и за счет турбулентности земной атмосферы. Первые достоверные и качественные изображения поверхности планеты были получены в 1974 г. с АС «Маринер-10», пролетная траектория которого касалась орбиты этой планеты.

Наблюдатели долго полагали, что Меркурий всегда обращен к Солнцу одной и той же стороной. Рассеять эту иллюзию удалось только с помощью радиоастрономии. По данным радиолокационных исследований и информации, полученной с «Маринера-10», были сделаны новые расчеты периода враще-

ния Меркурия, который оказался равен приблизительно 58,6 земных суток. Т.о. полные меркурианские солнечные сутки составляют 176 земных суток, или два меркурианских года. Соответственно, день и ночь Меркурия тянутся по 88 земных суток каждый.

За столь длительный день поверхность планеты близ экватора нагревается до 430 °С, в умеренных зонах – до 340 °С; за ночь же поверхность планеты охлаждается в среднем до 180 °С. При температуре 430 °С плавятся такие металлы, как свинец и цинк. Типичные суточные колебания температуры на Меркурии достигают 600 °С! По данным наблюдения слабого радиоизлучения Меркурия на глубине нескольких десятков сантиметров под поверхностью температура планеты уже постоянна и составляет приблизительно 80 °С.

Астрофизика

Диаметр Меркурия был определен по радиолокационным измерениям и наблюдениям радиозатмений с «Маринера-10». Он равен 4878 км, что в 1,4 раза больше диаметра Луны. Тем не менее, масса Меркурия превышает лунную в 4,5 раза, т.е. плотность планеты составляет 5,43 г/см³ и приближается к земной (5,42 г/см³). Это говорит о том, что в недрах Меркурия содержится немало тяжелых элементов, в том числе и наиболее распространенного из них – железа. По последним расчетам на долю железа и его соединений должно приходиться не менее 60% массы планеты. Из-за малой силы тяжести атмосфера Меркурия сильно разрежена. Основная ее составляющая – гелий; из примесей выделяются инертные газы: ксенон, криптон и аргон. Рельеф поверхности Меркурия сильно напоминает лунный, хотя и с некоторыми отличиями. На Меркурии отсутствуют какие-либо признаки активного вулканизма и вообще каких-либо тектонических процессов.

Горы на Меркурии не так высоки, как на Луне, а «морские» районы этой планеты представляют собой котловины, окруженные равнинами. Метеоритные кратеры, хотя и обильные, усеивают меркурианскую поверхность значительно менее плотно, нежели лунную; это свидетельствует о меньшей интенсивности метеоритных бомбардировок Меркурия; с другой стороны, причиной этого может являться и наличие у Меркурия атмосферы. Кроме того, менее выраженный рельеф Меркурия можно объяснить в 2,3 раза большей, чем на Луне, силой тяжести, а также и тем обстоятельством, что основные бомбардировки Меркурия пришлось на то время, когда планета была более пластична. Единственное обозначенное на Меркурии «море» – Море Зноя, или иначе котловина Калорис, – по многим показателям является двойником лунного Моря Дождей. Это Море представляет собой гладкую равнину, диаметр которой достигает 1300 км, испещренную бесчисленными трещинами и грядами. По краю котловины в видимом беспорядке разбросаны горы высотой около 2 км. Удар при падении тела, который вероятно, привел к образованию котловины Калорис, был столь сильным, что оставил след и на противоположной стороне планеты. Сейсмическая ударная волна буквально прошла Меркурий насквозь, создав округлые гряды невысоких холмов и узких долин.

Многие меркурианские кратеры носят имена художников, писателей и композиторов: Гомера, Шекспира, Тициана, Толстого, Баха... Наибольший из них, имеющий в поперечнике 625 км, назван в честь Л. Бетховена.

Спутники естественные

Планетообразных естественных спутников у Меркурия нет. Однако у этой планеты есть хвост, который состоит преимущественно из гелия.

Подробнее по отдельным вопросам см.: *Бомбардировки космические, Вулканизм, Геология космическая, Исследования космические, История астрономии, Оболочки планетные, Планеты (астрономия и астрофизика), Солнечная система, Топология космическая.*

Метеориты

Метеорит (от греч. «метеор» – «небесное явление», «итос» – «каменный») – название метеорного тела, осколка астероида, попавшего из космоса в атмосферу Земли и упавшего на земную поверхность. Этим метеорит отличается от микрометеоритов и болидов, которые также происходят от метеороидов. Вместе с тем выпадение метеоритов нередко сопровождается явлением, которое носит название болида: яркой вспышкой в небе.

Метеориты, если верить сообщениям древних историков и летописцев, были хорошо известны человеку еще на заре цивилизации.

Падающие с неба камни поражали людское воображение и считались божественным знамением или даже самим божеством, спустившимся на землю. Поэтому метеоритам впервые в истории стали давать названия уже в античные времена, что означало новый этап в развитии астрономии. Камням присваивали имена богов или тех мест, где эти метеориты упали.

Наука долго отказывалась признать факт падения камней с неба. Известен излишний консерватизм знаменитых французских академиков, влиявших в известной степени на развитие научных знаний в Европе. Даже великий химик Лавуазье от-

рицал сам факт существования подобных явлений, поскольку метеориты противоречили сложившимся представлениям о небесных сферах. Лишь в 1803 г. во Франции падение метеорита было засвидетельствовано людьми, заслуживающими доверия, и только тогда

признано учеными. К началу 1830-х гг. уже была открыта космическая природа этих тел и начались их исследования. С помощью химического анализа метеоритов удалось впервые получить точные сведения о составе и возрасте вещества Солнечной системы. По сей день находки метеоритов представляют большой интерес для науки, поскольку несут в себе информацию об эволюции планет, спутников и астероидов.

Учеными исследованы далеко не все выпавшие на Землю метеориты. Подавляющее число падает в моря и океаны, откуда достать их невозможно. Большая часть метеоритов, собранных после 154 падений, происшедших на территории России и бывшего Советского Союза, хранится в Минералогическом музее Российской Академии Наук.

Зафиксировать падение и обнаружить затем место падения космического камня необычайно сложно, и огромное число метеоритов остаются ненайденными. Спустя несколько лет они, оказавшись в неблагоприятных условиях, разрушаются. Очень редко сохраняются на десятилетия гигантские метеориты наподобие Сихотэ-Алиньского болида, упавшего в 1947 г. в дальневосточной тайге.

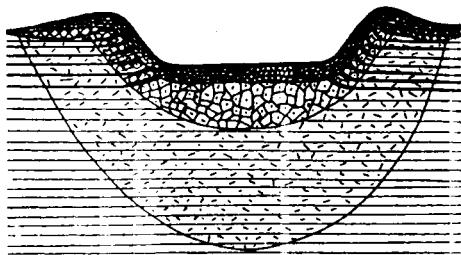


Рис. 65. Схема строения метеоритного кратера

История почти не сохранила сведений о попадании метеорных тел в людей или животных. Известно, что в 1880 г. небольшой метеорит угодил в осла, а в 1911 г. в Египте «небесный камень» убил собаку. Известен исключительно редкий случай, когда «небесный пришелец» весом в 0,2 г попал в девочку и поцарапал ей лицо.

Удивительная находка была сделана в 1892 г. в Аргентине. В слоях горных пород был найден скелет ныне вымершего млекопитающего мегатерия, убитого метеоритом миллионы лет назад. Метеорит находился тут же. Некоторые наиболее крупные метеориты при ударе о землю образуют метеоритные кратеры, своими очертаниями напоминающие лунные. При этом метеорит может испариться частично или полностью.

Самый большой из изученных метеоритных кратеров находится в Аризоне, США. Его диаметр превышает 1200 м, а глубина – 200 м. Возраст этого кратера, по оценкам ученых, составляет 5000 лет. За все время его изучения поблизости от него было найдено более 200 т метеоритных обломков. Круглую воронку, достигающую в поперечнике 110 метров, а в глубину 12 метров, оставил на эстонском острове Сааремаа огромный метеорит, упавший почти 3000 лет назад. По всей видимости, небесный пришелец в воздухе раскололся, и именно эти обломки оставили на том же острове еще 7 кратеров меньших размеров.

Гигантский метеорит, вероятно, астероидного происхождения, упал в 1947 г. в тайге в отрогах Сихотэ-Алиньского хребта. Болид так сильно осветил местность, что «деревья отбрасывали тени, а грохот от падения небесного пришельца напоминал пушечную канонаду». В ближайших домах взрывной волной были выбиты стекла. Раздробившись в воздухе на тысячи осколков, он образовал в скальных породах на площади около 1 км² множество воронок. Самая большая из них имела диа-

метр 26 м и глубину 6 м, т.е. в ней легко мог поместиться двухэтажный дом. На месте взрыва остались полуманья и вывороченные с корнем деревья.

В 1969 г. в северной части Центральной Мексики упал один из крупнейших за всю человеческую историю

каменных метеоритов. Недалеко от поверхности Земли он взорвался и распался на многие тысячи обломков, масса крупнейшего из которых около 111 г. А самый крупный из всех найденных на земном шаре метеоритов – метеорит «Гоба» – покоится на земле Юго-Западной Африки. Его масса достигает 60 т.

До настоящего времени остается открытым вопрос о существовании ледяных метеоритов, хотя вероятность этого отлична от нуля, т.к. в атмосферу Земли могут попадать и остатки комет, ядра которых содержат глыбы льда. Предполагают, что 30 августа 1955 г. в штате Висконсин, США, упал кусок льда клиновидной формы массой около 1 кг, который мог иметь и космическое происхождение.

Бывали случаи, когда в посланцах космоса находили драгоценные камни. Существует свидетельство о том, что в сентябре 1887 г. за Волгой упал метеорит, в котором нашли достаточно крупный алмаз. Впоследствии ювелиры оправили небесный бриллиант в золото, и это кольцо стало одним из наиболее ценных украшений царской фамилии. Однако обычно находимые в метеоритах алмазы все-таки очень малы.

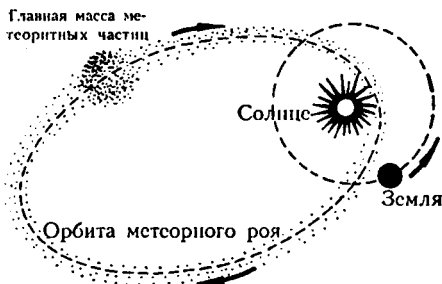


Рис. 66. Орбита метеорного роя

Особое место в ряду катастрофических явлений, сопровождавших падение на Землю крупных небесных тел, занимает падение Тунгусского метеорита (или, Тунгусской кометы). Об этом рассказывается в разделе «Бомбардировки космические».

Подробнее по отдельным вопросам см.: *Астероиды, Астрономика, Астрономия, Астрофизика, Болиды, Бомбардировки космические, Величины астрономии, Вода, Геологии космическая, Жизнь, Земля, Метеороиды, Метеоры, Солнечная система, Спутники естественные.*

Метеоры

Мелкие камни, влетая в атмосферу с огромными скоростями, разогреваются и, сгорая, оставляют в ночном небе огненные прочерки. Более крупные оплавляются и, теряя часть своей массы, достигают земной поверхности. Метеорные тела движутся в пределах Солнечной системы в самых произвольных направлениях и влетают в атмосферу Земли со скоростями до десятков км/с. Превращаясь в пыль и газы и светясь от трения об атмосферу, на высоте порядка 50–80 км они сгорают, оставляя светящиеся следы. Так заканчивается жизнь «падающих звезд».

Замечено, что обильные звездные дожди повторяются периодически. Так, например каждый год 9–14 августа земная атмосфера встречается с целым облаком метеоритных частиц, вылетающих из созвездия Персея. А через каждые 33 года на Землю выпадают звездные дожди, прилетающие к нам из созвездия Льва.

Подробнее по отдельным вопросам см.: *Астрономика, Астероиды, Болиды, Бомбардировки космические, История астрономии, Метеориты, Метеороиды, Солнечная система.*

Миранда

Миранда – один из пяти «классических» спутников Урана, обычно упоминаемый под номером V.

Судя по результатам радиометрических измерений, тело Миранды содержит наибольшую долю льда среди всех спутников Урана. Этот спутник заслужил у астрономов прозвище «бесконечной неожиданности». Возможно, это произошло отчасти потому, что Миранда, диаметр которой составляет менее 500 км, стала самой удобной целью телевизионной съемки. Чтобы технически обеспечить эту съемку, ученым и инженерам пришлось решить массу проблем, однако Миранда оправдала все их усилия.

Прежде всего, в окрестностях Урана в 370 раз темнее, чем на Земле. Однако если другие спутники наблюдались с большого расстояния, когда собственные движения космического аппарата и спутников особой роли не играют, то в случае с Мирандой эти движения становились серьезной проблемой; почти на всех полученных снимках детали оказались слегка смазанными. Для Миранды расстояние, с которого производилась съемка, было совсем малым, тогда как астрономам требовалось получить ряд снимков с высоким разрешением, чтобы затем составить из них мозаичный «портрет» спутника. Таким образом, чтобы осуществить эту съемку, пришлось полностью изменить обычный порядок работы, когда изображения пере-

давались по радиолинии на Землю сразу после их получения. При съемке Миранды аппарат непрерывно поворачивался вслед за планетой, чтобы скомпенсировать размазывание изображений. Но из-за этого его антенна уже не оставалась направленной на Землю, поэтому изображения пришлось записывать на борту, и на Землю они были переданы лишь на следующие сутки. В центре полученного изображения ученые увидели почти правильную трапецию, образованную из темных и светлых полос. Трапеция эта выделялась на фоне окружающей ее поверхности почти полным отсутствием метеоритных кратеров, в то время как окружающий ее район представляет собой изрезанный небольшими разломами кратерный рельеф. Трапеция получила условное название «шеvron». Размеры шеврона достигают 140 и 200 км в поперечнике. Полосы, образующие шеврон, имеют вид множества параллельных гряд, которые сходятся с другой такой же системой, образуя почти прямой угол. Шеврон расположен близ южного полюса Миранды. Не менее странным его продолжением выглядит глубокий, до 20 км, разлом, крутые склоны которого уходят за пределы освещенной части спутника. Столь же загадочные образования находятся вблизи линии разделения света и тени.

Как и у других спутников, эта линия (терминатор) постоянно находится в одном и том же географическом поясе Миранды, вблизи ее экватора. Первое из этих образований окантовано такой же системой светлых и темных полос, как и у шеврона, но более широких. Отснятая часть этого объекта образует стороны правильного пятиугольника, площадь которого почти в 5 раз больше площади шеврона. Для него, как и для еще одного подобного объекта, предложено название «Цирки Максими», что в переводе с латыни означает «большой стадион». И действительно, образования эти очень похожи на стадион, хотя второе из них больше напоминает дорожки ипподрома.

И на «стадионе» и на «ипподроме» почти отсутствуют метеоритные кратеры, а значит, это относительно молодые объекты. Второе образование расположено диаметрально первому, на противоположной стороне спутника. Оно также напоминает очертаниями «стадион» и выглядит наподобие следа пахоты на краю поля. Это приблизительно 15–20 параллельных гряд, разделенных долинами, повторяющимися через каждые 5–7 км. Вся система поворачивает почти под прямым углом и также уходит за терминатор. Этот «ипподром» очень напоминает систему субпараллельных борозд на Ганимеде. По выражению одного из космических геологов, «маленькая Миранда представила коллекцию всех геологических форм, какие встречаются в Солнечной системе».

Было выдвинуто немало гипотез в попытках объяснить природу поверхности Миранды. Одна из них предполагает, что первичное тело было расколото в столкновениях с другими подобными телами, но части прото-Миранды не разошлись, а соединились снова, обнажив местами внутреннюю структуру небесного тела. Однако остается непонятным, как сохранились ударные кратеры на остальных частях поверхности спутника. Другая гипотеза допускает, что некогда разогрев недр Миранды был неравномерным, и локальное плавление коры обнажило плиты, обладавшие положительной плавучестью, которые мы теперь видим на поверхности спутника.

Подробнее по отдельным вопросам см.: *Астрономия, Астрофизика, Геология космическая, Исследования космические, Спутники естественные, Уран.*

Н

Нептун

Нептун был открыт с помощью математических вычислений. Эта задача была решена практически одновременно французским астрономом У. Лавруа и англичанином Дж. Адамсом, исходившими из того предположения, что возмущения движения Урана возможно вызваны притяжением более далекого массивного небесного тела.

Практически сразу же после публикации итогов расчетов немецкий астроном И. Галле нашел планету всего в 1 градусе от точки, предсказанной математиками.

Первоначально Нептуном собирались назвать планету, носящую ныне имя Уран, чтобы увековечить морские победы Великобритании.

Однако по каким-то причинам это название не прошло. Когда же в 1846 г. француз У. Лавруа вычислил восьмую планету, то было предложено поименовать ее Нептуном, т.к. это соответствовало античной традиции.

Имена всех предков Юпитера уже присутствовали в Солнечной системе (Сатурн и Уран), оставалось только разместить там родного брата Юпитера – Нептуна-Посейдона, с которым верховный бог разделял власть над миром.

Астрономия

Среднее расстояние Нептуна от Солнца составляет 29,97 а.е., или 4480 млн км. Период обращения Нептуна вокруг Солнца достигает 165 земных лет. Точная величин периода осевого вращения этой планеты пока не установлена, но вычисления показывают период, близкий к 16 ч. На небе Нептун виден как слабая звезда 8-й величины.

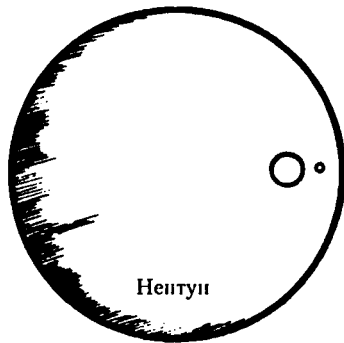


Рис. 67. Нептун и его спутники (сравнительные размеры)

Астрофизика

Эта планета-гигант находится во внешней области Солнечной системы. Ее диаметр в 4 раза больше диаметра Земли, а масса составляет 17,24 земной массы. Таким образом, средняя плотность вещества Нептуна равна $2,06 \text{ г/см}^3$.

Несмотря на то, что Нептун трудно наблюдать из-за его большого удаления, точно установлено, что планета обладает атмосферой наподобие Юпитера и Сатурна. На спектрограммах не видно явных следов аммиака, но водород присутствует. Поглощение энергии парами метана в желтых и красных лучах так велико, что при визуальных наблюдениях Нептун кажется зеленоватым.

Возрастающая интенсивность поглощения метаном и ослабление поглощения аммиаком от Юпитера к Нептуну несомненно являются следствием падения температуры. Чем меньше температура, тем меньше давление паров аммиака, следовательно в атмосфере Нептуна должно остаться очень мало газообразного аммиака, а метан будет вымерзать там при довольно высоких давлениях.

На фотографиях Нептуна в инфракрасном свете, полученных в условиях слабого освещения центральной части полосы поглощения метана, экваториальные области темнее высокоширотных. Это, в свою очередь, означает, что на экваторе луч наблюдательного прибора более глубоко проникает в метановую атмосферу. Отсутствие газообразного аммиака и высокое содержание метана легко объясняется огромным расстоянием планеты от Солнца. Температура поверхности Нептуна равна минус 217°С. Теоретически Нептун должен быть холоднее на 12 градусов. Очевидно, Нептун обладает внутренними источниками тепла, дающими примерно столько же энергии, сколько ее приходит от Солнца. Единственная причина такого нагревания, которую сумели подобрать астрономы – гравитационное сжатие, начавшееся в ходе эволюции и продолжающееся до наших дней. Внутреннее тепло Нептуна всего в несколько раз больше внутреннего тепла Земли, а значит, перенос тепла к видимой поверхности и его излучение в пространство на Нептуне не связано с какими-то дополнительными проблемами. Поэтому его облачная система крайне слаба по сравнению с системами Юпитера и Сатурна и едва ли будет доступна наблюдениям с Земли. Здесь не обойтись без помощи космических аппаратов или космических телескопов. Кроме того на Нептуне может существовать дымка, которая скрывает более низкие облака.

Спутники естественные

У Нептуна известно два естественных спутника. Более крупный из них, Тритон — один из самых больших спутников в Солнечной системе. Он открыт более ста лет назад и характеризуется обратным вращением. Его масса превышает массу Луны в 1,9 раза. Второй спутник, Нереида, был открыт в 1949 г. Нереида обращается вокруг Нептуна за 365 земных суток по очень вытя-

нутой орбите, большая полуось которой достигает длины 5510 тыс. км. В 1982 г. группа ученых из Аризоны под руководством Г. Рейцемы осуществила исследование покрытия Нептуном звезды 52 созвездия Змееносца с двух точек наблюдений. Затмения звезды планетой не произошло, но неожиданно для ученых на обоих пунктах наблюдений было зарегистрировано падение блеска звезды, продолжавшееся около 8 с. Наблюдатели сумели объяснить такое явление только существованием неизвестного спутника Нептуна. По оценкам ученых, третий спутник этой планеты должен был находиться на расстоянии 50 000 км от Нептуна, т.е. ближе, чем Тритон и Нереида, и иметь поперечник 180 км. Предполагается, что этот спутник имеет 20-ю звездную величину. Такой слабый объект очень труден для наблюдения в оптическом диапазоне, особенно если учесть близость спутника к планете. Однако последующие исследования показали, что вокруг Нептуна обращается отнюдь не третий спутник, но система колец из обломочного каменного и ледяного материала, подобная уже известным системам колец Сатурна, Урана и Юпитера.

Подробнее по отдельным вопросам см.: *Величины астрономии, Исследования космические, История астрономии, Нереида, Оболочки планетные, Планеты (астрономия и астрофизика), Планеты-гиганты, Солнечная система, Топография космическая, Тритон.*

Нереида

Нереида – второй, менее крупный естественный спутник планеты Нептун. Открытая сравнительно недавно, эта планета получила имя по сложившемуся уже в астрономии

традиции, помещавшей на карту неба героев греко-римской мифологии. Богу вод, разумеется, должны были сопутствовать водные персонажи. Т.к. первый открытый спутник Нептуна был назван Тритоном, второй нарекли собирательным именем морских нимф.

Нереида обращается вокруг Нептуна в прямом направлении на расстоянии значительно большем, нежели Тритон – около 5 570 000 км. Орбита ее сильно вытянута: ее большая полуось достигает длины 5510 км, а эксцентриситет – значения 0,75. Вполне естественно, что период обращения Нереиды столь же значителен: он составляет 365 земных суток.

Подробнее по отдельным вопросам см.: *Величины астрономии, Нептун, Солнечная система, Спутники естественные, Тритон.*

О

Облако Оорта

В 50-х гг. XX в. голландский астроном Я. Оорт выдвинул гипотезу о существовании на периферии Солнечной системы облака огромных размеров, состоящего из почти параболических комет. По расчетам Оорта облако должно располагаться на расстоянии 150 000 а.е. от Солнца. Согласно этой гипотезе, облако образовалось из ледяных фрагментов гипотетической планеты Фазтон, некогда существовавшей между орбитами Марса и Юпитера – на месте нынешнего пояса астероидов.

В настоящее время общепринятой является гипотеза гравитационной конденсации всех тел Солнечной системы из первичного газопылевого облака, объясняющая и существование облака Оорта.

В холодной зоне этого первичного облака образовались планеты-гиганты, вобравшие в себя все наиболее обильные его элементы.

Здесь же образовались и ледяные ядра комет, которые частично были захвачены формирующимися планетами, а частично, по мере роста их масс, были отброшены ими на периферию Солнечной системы, где и образовали облако Оорта – практически неиссякаемый резервуар комет. Приблизительные раз-

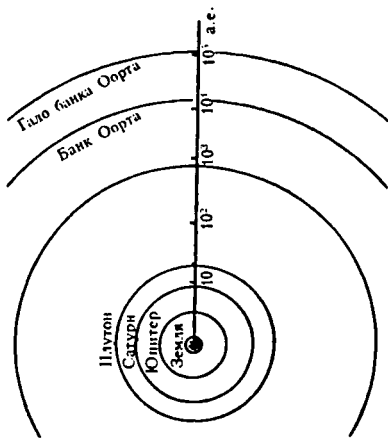


Рис. 68. Облако Оорта

меры и структура облака Оорта могут быть изучены по элементам первоначальных орбит почти параболических комет, окончательные орбиты которых уже вычислены.

Посредством методов небесной механики было показано, что это облако обладает динамической устойчивостью: период его полураспада составляет приблизительно 1 млрд лет. А т.к. параллельно с распадом происходит и пополнение

облака кометами из различных источников, оно не перестает существовать и даже не испытывает значительных колебаний объема и плотности.

Подробнее по отдельным вопросам см.: *Величины астрономии, Вода, История астрономии, Кометы, Солнечная система.*

II

Палеоастрономия

Палеоастрономия (от греч. «палайос» – «древний», «астер» – звезда, «номос» – «закон») – наука о ранней истории астрономических наблюдений, проводившихся преимущественно доисторическими людьми или древнейшими цивилизациями.

Мегалиты

Мегалит (иначе называемый мегалитическим сооружением) переводится с латыни как «огромный камень». Ученые различают несколько видов мегалитов. Одни выполнены в виде отдельных, поставленных вертикально каменных глыб. Это т.н. менгиры, грубо обработанные под обелиск блоки. Известны групповые сооружения из таких колоннообразных камней. Группы окрестили дольменами. И наконец существуют сооружения в виде замкнутого круга – кромлехи, в которых строительные элементы расположены по всей дуге окружности.

Сегодня наибольшей популярностью среди историков, астрономов и просто любителей научных сенсаций пользуется мегалит, известный как Стоунхендж. Этот в высшей степени загадочный кромлех возведен в Англии. Постройка датируется примерно 2000 лет до н.э. К слову, на противоположном Вели-



Рис. 69. Кость с изображением звездной карты

кобритании французском побережье расположены многочисленные дольмены примерно того же возраста. Дольмены, а также в первую очередь менгиры обычны для всей Европы. Их возраст достигает 3–4 тысячелетий, а в среднем, для большинства находок насчитывает 3500 лет. В эту эпоху на Востоке процветали могучие и развитые

рабовладельческие государства по долинам таких рек, как Нил, Тигр и Евфрат. Европы в то время была населена дикими племенами охотников и собирателей. Лишь немногие из этих племен постепенно, еще очень неуверенно переходили от своего традиционного образа жизни к оседлому – к земледелию.

Примерно 35 веков тому назад в Южной Европе на полуострове Пелопоннес (Морея) и прилегающих островках появились ахейские города. Ахейцев примерно 31 столетий тому назад сменили победившие в Троянской войне дорийцы. Северные же британские и французские земли служили домом для первобытных земледельцев.

Тем более удивителен тот факт, что ранние земледельцы построили Стоунхендж и подобные ему сооружения. Круг знаменитого британского кромлеха имеет в поперечнике свыше 300 м! Через определенный шаг на участке дуги ставится очередная каменная колонна. Колонны разбиты на пары, объединенные сверху перемычкой. Последняя представляет собой столь же увесистый каменный блок, как и сами колонны. Поражает вес блоков кромлеха, который составляет в среднем 40 тонн. Ученые подсчитали, что при транспортировке исполинских блоков



Рис. 70. Положение Луны на неолитической звездной карте

на место сооружения кромлеха древним людям приходилось преодолеть 32 км. Именно на столько протянулся путь от древней каменоломни (находящейся сегодня близ города Мальборо-Даунс) до «строительной площадки» Стоунхенджа. Впрочем, были и блоки, высеченные из долерита, которые доставлялись к месту строительства неизвестно каким образом за 290 км. Ровно столько разделяет Стоунхендж и древнюю долеритовую каменоломню в горах Пресцелли, находящуюся в южном Уэльсе.

Стоунхендж, в который было вложено столько труда, использовался древними людьми в качестве астрономической обсерватории. Еще в эпоху охотников и собирателей стали вестись первые астрономические наблюдения и был создан ранний звездный календарь. Во времена первобытных земле-

дельцев изучение неба превратилось в необычайно важную отрасль практической деятельности, поскольку помогало вести наблюдения за природой, необходимые в сельском хозяйстве. Календарь и первые астрологические прогнозы в сочетании с красочными культами различных божеств (в первую очередь богов плодородия) служили в представлении первобытных земледельцев залогом благополучия, урожая, материального достатка в будущем. Строители обсерватории, скорее всего, планировали вести учет фазам Луны и наблюдать за движением Солнца. При этом последняя задача была для земледельцев, видимо, первостепенной по своей важности. От положения дневного светила относительно горизонта, от длины светового дня и, соответственно, от солнцестояния и равноденствия зависело расписание сельскохозяйственных работ и прогнозирование урожая в древнем мире. Создавшие растительный календарь друиды, например, всецело основывались на годовом движении Солнца по небу. Современные исследования обсерватории Стоунхенджа подтверждают, что она вполне годится для наблюдений за Солнцем. Впрочем, Луна была не менее важна, поскольку позволяла уточнить солнечный календарь. Древние карты ночного неба, дошедшие до нас с новокаменных времен (неолит), свидетельствуют об определенном знании древними людьми пути нашего естественного спутника среди звезд.

Данные палеоастрономии позволяют точно представить процесс наблюдения за небесными телами из кромлеха. И все же главной причиной создания обсерватории была религия. Именно уважение небожителей заставляло пращуров возводить могучие постройки, которые столетиями должны были напоминать людям о величии богов, дарующих знания человеку. Эта причина заставляла ставить отдельные камни и группы – менгиры и дольмены, служившие главным образом целям культа и являвшимися собой неполнофункциональные обсерватории.

Подробнее по отдельным вопросам см.: *Астрономика, Астрономия, История астрономии, Космономика, Обсерватория, Селенология, Селенономия, Солнечная система.*

Пасифе

Пасифе – один из нерегулярных спутников Юпитера. После того как три юпитерианских спутника подряд были открыты на Ликской обсерватории, удача повернулась лицом к Гринвичу. Английский астроном П. Дж. Мелот ночью 27 января 1908 г. открыл восьмой спутник – Пасифе.

В греческой мифологии это имя в несколько ином варианте – Пасифая – носит жена критского царя Миноса, мать полубыка-получеловека Минотавра. Это было немалым достижением, т.к. новый объект обладал очень слабой светимостью (всего лишь 17-я звездная величина).

Если бы не фотографическая техника, открытие никогда бы не состоялось: по сей день наблюдать непосредственно Пасифе не удалось никому. Стоит отметить, что при выборе имен для спутников в XX в. на астрономию повлияла не только мифология, но и языкознание.

Стремясь всюду установить порядок, немецкий филолог И. Блунк предложил тем вновь открываемым спутникам, которые обращаются в прямом направлении, давать имена, оканчивающиеся в латинском написании на «а» (в русском – на «а» или «я»), а более редким, идущим как бы наперекор, – имена, оканчивающиеся на согласную букву или же на «е». Международный астрономический союз согласился с этим. Теперь, только взглянув на названия лун, даже неспециалист почти

безошибочно может судить, в какую сторону движется тот или иной из спутников. Пасифе, как известно, обращается в обратном направлении. Пасифе оказалась лукавой лунной: через полтора десятилетия после первого знакомства людей с нею она внезапно исчезла. Многочисленные попытки астрономов всего мира вновь сфотографировать Пасифе, предпринимавшиеся с 1923 г. в течение семи лет, были безрезультатны. Однако 22 ноября 1930 г. Пасифе была снова обнаружена.

Подробнее по отдельным вопросам см.: *Планеты (астрономия и астротрофика), Спутники естественные, Юпитер.*

Планета красная

Название планеты Марс, принятое в популярной литературе по астрономии. Присвоено Марсу из-за специфического красноватого свечения на ночном небе, а также из-за видимого в телескопы преобладающего красновато-рыжего цвета марсианской поверхности, объясняемого присутствием в грунте железосодержащих минералов.

Подробнее по отдельным вопросам см. статьи: *Ареология, Марс, Планеты.*

Планетология

Планетология (от греч. «планитис» – «блуждающее светило», «логос» – «наука») – наука о больших планетах Солнечной системы как космических, так и геологических телах, особой форме материи. Планетология основывается на мето-

дах сравнительно-планетологического анализа фактических данных о планетах и их естественных спутниках. При этом черпает материал и применяет методы исследования из смежных областей. Составными частями планетологии являются космические геология, климатология, метеорология с их узкоспециализированными направлениями (ареология, селенология и т.д.), а также топография, экзобиология и многие другие дисциплины.

Представления современной планетологии определяются отчасти космической экологией и космогонией, изучающими проблемы эволюции Солнечной системы и планетного вещества. Планетология является дочерней дисциплиной астрофизики. Она родилась на стыке этой науки с практической, исследовательской космонавтикой. Планетология зависит от методов и приемов научного поиска, разработанных для астрофизики и астрономии, поскольку исследование планетных тел проводится по большей части дистанционно. Это молодая наука, которая сформировалась лишь во второй половине XX века с началом эпохи космических полетов.

Информация об околопланетном космическом пространстве и свойствах материи в космосе дает физикам и химикам точное представление о поведении газов, жидкостей, твердого вещества и плазмы в разных условиях, которые невозможно получить в лаборатории. Проведение аналогичных тестов с однозначным результатом немислимо, тогда как на других планетах природа сама устраивает такие сверхсложные тесты веществу, и человеку остается только наблюдать за динамикой процессов. Открытие на других планетах новых свойств газов, жидкостей, твердых веществ и плазмы позволяет расширить их применение на Земле и создать новые материалы. Сравнительно-планетологический анализ позволяет распространить некоторые выводы о строении и эволюции планет на

Землю. Так ученые выясняют геологическую историю нашей планеты, чтобы понять земное прошлое и облегчить поиск полезных ископаемых, а также чтобы увидеть земное будущее – в результате экологического кризиса, катастрофического перерождения атмосферы, дегазации недр, вулканизма или землетрясений и т.д. Открытие других форм жизни или органических соединений на других планетах также не является самоцелью или данью моде. Подобные открытия – с негативным ли, или с позитивным результатом – важны для понимания условий формирования тех или иных сложных органических молекул и зародышей жизни, чтобы представить химическую и биологическую эволюцию живой материи на Земле, а уже исходя из этого, постигать законы существования отдельно взятой клетки, многоклеточных организмов, всей биосферы.

Подробнее по отдельным вопросам см.: *Ареология, Астероиды, Астрономия, Астрофизика, Величины астрономии, Вода, Вулканизм, Геология космическая, Жизнь, Земля, Исследования космические, Климатология и метеорология космическая, Оболочки планетные, Планеты (астрономия и астрофизика), Планеты-гиганты, Селенология, Солнечная система, Спутники естественные, Топография космическая, Эволюция Солнечной системы, Экзобиология, Экология Солнечной системы.*

Планеты

Планеты (от греч. «планитис» – «блуждающие») – общее название крупных (как правило, шарообразных) или мелких (чаще неправильной формы) космических тел, образующих так

называемые планетные системы. Эти тела сформировались из пылевых облаков, окружающих некоторые звезды и представляют собой естественные спутники звезд.

Планеты обращаются по эллиптическим орбитам вокруг многократно превосходящей их по массе звезды, подчиняясь законам тяготения и движения тел под воздействием гравитации. В отличие от звездного вещества планетное менее горячее, состоит преимущественно из таких элементов, как кремний, кислород, железо и некоторых других.

Существует деление планет на «верхние» и «нижние» К верхним относятся все наблюдаемые с Земли планеты за исключением Венеры и Меркурия.

Астрономия

Идею о существовании многочисленных планетных систем в мировом пространстве впервые предложил итальянский астроном Джордано Бруно (1548–1600 гг.). Ученый утверждал, что Солнце является рядовой звездой среди множества звезд, рассеянных во Вселенной, и вокруг каждой из них вращаются по орбитам планеты. Окончательно мысль об иных планетных системах получила возможности для развития лишь с 1920-х гг., когда было составлено представление о нашей Галактике и открыты новые звездные системы.

К настоящему времени астрономам известны несколько космических образований, представляющих собой типичные планетные системы, подобные нашей. Это объекты у звезд Вега, Барнарда, бета Живописца.

Исследования на нынешнем уровне не дают оснований сказать, какую структуру имеют открытые планетные системы, возможна ли на этих планетах жизнь, существуют ли эти планеты вообще. Однако результаты наблюдений во многом обнадеживают.

Интересные сведения были получены о звезде Вега, удаленной от Солнечной системы на 26,4 св. лет. Она более чем в 2,7 раза превосходит по массе Солнце, а потому более раскалена (12 000 °С на поверхности) и светится гораздо ярче. Практически вся энергия излучения Веги приходится на электромагнитные волны видимого света, что обеспечивает светимость звезды в 50 раз интенсивнее солнечной. На инфракрасную часть спектра приходится совсем немного, однако, инфракрасный телескоп спутника IRAS обнаружил в 1983 г. у Веги повышенное излучение в этом диапазоне.

Избыток длинных волн служит свидетельством существования в окрестностях Веги мелких объектов или пылевого облака. Поскольку возраст звезды оценивается астрономами в несколько сотен миллионов лет, стало быть гипотетическое облако уже успело сгуститься в протопланеты. Не исключено наличие у Веги полностью сформированной планетной системы. Жизнь на тех планетах маловероятна, поскольку система очень молода (300 млн лет): на Земле процесс возникновения жизни после формирования планеты из газопылевого облака занял по меньшей мере 0,85 млрд лет. Более того, живые существа вряд ли смогут эволюционировать на планетах Веги, даже если и появятся там, поскольку она принадлежит к разряду короткоживущих звезд.

В Чили астрономами обсерватории Лас-Кампанас (1984) сделана фотография беты из созвездия Живописца, невидимого в Северном полушарии. Эта звезда вдвое массивнее Солнца, от которого удалена на 50 св. лет. С помощью фотосъемки вокруг звезды обнаружено вытянутое, эллипсообразное облако. Оно является, судя по всему, газопылевой туманностью, в которой формируются планеты. У Летящей звезды Барнарда, удаленной от нас на 8 св. лет обнаружены три крупных спутника – планеты, достигающие 0,63, 0,84 и 1,26 массы Юпитера. У

некоторых других близлежащих звезд, согласно расчетам американского астронома П. Ван де Кампа (1971–73 гг.), также предполагаются планетные системы, однако, результаты этих вычислений ставятся под сомнение.

В начале 1970-х американскими учеными С. Доулом, К. Саганом и Р. Исакменом были выполнены компьютерные расчеты возможных вариаций структуры планетных систем, могущих реализоваться во Вселенной. Ученые исходили из гипотезы О. Ю. Шмидта об образовании планет из окружающей звезду туманности. Почти во всех вариантах модель показывала сигарообразное расположение планет внутри системы, что позволило сделать вывод о значительном сходстве различных планетных систем с Солнечной.

Структура своеобразной космической сигары была следующей. Вблизи звезды располагаются относительно мелкие тела. Посередине сигара имеет утолщение: этот участок занимают планеты-гиганты. Затем вновь наступает черед нескольких либо одной небольшой планеты, замыкающей планетную цепочку. Эти варианты точно совпадают со строением Солнечной системы, в которой расположение планет имеет вид такой же сигары. В Солнечной системе открыто 9 т.н. больших планет, которые разделены на две группы. Кроме них имеются порядка 150 000 малых, иначе астероидов, образующих в своем движении по орбите своеобразный пояс (пояс астероидов). Из них описано к настоящему моменту около 5000. Схема расположения больших планет представляет собой классическую сигару.

Ближе всего к Солнцу идут четыре планеты земной группы, которых еще называют внутренними, поскольку они находятся внутри пространства, ограниченного поясом астероидов. Это небольшие планеты, составляющие по массе от 0,055 до 0,88 массы Земли. Последняя является самой массивной и крупной. Все объекты земной группы подобны по строению и физичес-

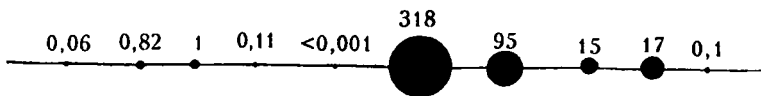


Рис. 71. Сигарообразное расположение планет Солнечной системы (с указанием относительной массы)

ким характеристикам Земле. Они имеют атмосферу (за исключением Меркурия) и кору из каменных пород. Поверхность планет покрыта сложным рельефом. По химическому составу они сложены преимущественно силикатами, железом, кислородом, кальцием и фосфором. Группа внутренних планет выглядит следующим образом (от Солнца): Меркурий, Венера, Земля, Марс. У последних двух имеются естественные спутники – Луна у Земли и Фобос и Деймос у Марса. Пояс астероидов представлен наиболее крупным, Церерой. Астероиды, в отличие от больших планет, имеют неправильную форму, это огромные каменные глыбы. Большие планеты всегда шарообразны, но не сферичны в точности, т.к. силы гравитации придают форме планет более сложный вид эллипсоида вращения. Орбиты астероидов сложны из-за внешних воздействий на эти малые тела, но всегда приближены к эллипсу.

За поясом астероидов расположены внешние планеты, из которых четыре относятся к группе гигантов из-за своих размеров и массы. Девятая планета по причине неизученности пока не относится ни к какой из групп. Однако размеры ее много меньше земных.

Гиганты обладают малой плотностью вещества, сложены водородом, гелием, а также силикатами и металлами (глубинные слои). Они имеют газовую оболочку из водорода, гелия и небольшой примеси паров воды, метана и аммиака. Все четыре планеты-гиганта обладают спутниками. Вероятно, вок-

руг всех четырех обращаются особые структуры из мелких каменных частиц и пыли – т.н. кольца, наиболее заметные у Сатурна. В группу исполинских планет входят Юпитер, Сатурн, Уран, Нептун. Следовательно, общий порядок планет в Солнечной системе: 1 – Меркурий, 2 – Венера, 3 – Земля, 4 – Марс, 5 – Юпитер, 6 – Сатурн, 7 – Уран, 8 – Нептун, 9 – Плутон. Все планеты, кроме Меркурия и Венеры, имеют естественные спутники. Предполагается существование в нашей системе десятой планеты, гипотетического Трансплутона.

Планеты названы в честь богов античной мифологии и получили условные астрономические обозначения. Эти символы по смыслу близки к значению собственных названий планет. Например, первую планету символизирует жезл бога Меркурия, вторую – зеркальце Венеры, четвертую – щит и копье Марса и т.д. Плутон отмечен буквами PL, содержащимися в его названии и являющимися, кроме того, инициалами первооткрывателя девятой планеты П. Ловелла.

Астрофизика

К настоящему времени учеными собран колоссальный материал о планетах Солнечной системы в результате наблюдений методами астрофизики, оптической и радиоастрономии, а также в результате космических исследований. Космические исследования других планет проводятся посредством автоматичес-

Солнце
Меркурий
Венера
Земля
Марс
Юпитер
Сатурн
Уран
Нептун
Плутон
Луна
Звезда
Метеор

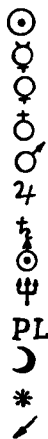


Рис. 72. Обозначения планет и астрономических объектов

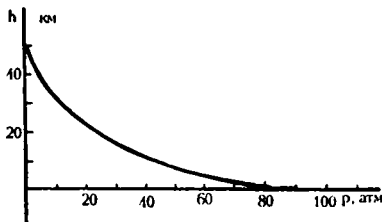


Рис. 73. Высотный профиль давления в атмосфере Венеры

ких межпланетных станций (АМС), которые в процессе изучения планет выполняют функции зондов и искусственных спутников этих тел. Станции совершают посадки на планеты с целью проведения глубоких изысканий методами иных наук, помимо астрономии и астрофизики (методами химии, геологии,

метеорологии и т.д.). Несмотря на успехи космонавтики, приблизившей человека к другим мирам, изучение их ведется, как и много лет назад, дистанционными методами. Сложная аппаратура на АМС, а также наземные средства наблюдения (хорошо оснащенные телескопы) позволяют измерить некоторые параметры.

Полученных данных достаточно, чтобы судить о физико-химических условиях на изучаемой планете. Наиболее существенные параметры: скорость вращения планеты, температура атмосферы, плотность атмосферы, рефракция (преломление лучей) в атмосфере, химический состав атмосферы, температура поверхности, диэлектрическая проницаемость поверхности. Данные получают посредством спектрального анализа, радиолокации, непосредственно химического анализа и другими способами.

Температура – самый важный параметр, она позволяет гипотетически представить строение атмосферы, тепловой баланс поверхности планеты, наличие воздушных течений, установить возможность существования на планете каких-либо форм жизни. Температура поверхности и нижних слоев атмосферы устанавливается первоначально математически на осно-

вании астрономических наблюдений. Она зависит от освещенности планеты Солнцем, ее удаленности от звезды, скорости вращения планеты и других факторов.

Например, Венера находится к Солнцу ближе, чем Земля, а значит, получает больше солнечной радиации (примерно в 2 раза). Быстрое вращение планеты говорит о постоянстве температуры на всей ее поверхности. Применяя формулу, учитывающую

эти величины, удалось математически установить ожидаемую среднюю температуру всей поверхности Венеры в 57°C . Истинную температуру удалось определить путем радиолокации поверхности. По формуле Планка для интенсивности излучения была установлена температура поверхности в пределах $100 - 400^{\circ}\text{C}$.

Состав атмосферы планет изучался прежде посредством спектрального анализа в наземных обсерваториях, однако, из-за непрозрачности земной атмосферы эти данные были несколько искажены. В дальнейшем анализ продолжили космические корабли, орбитальные телескопы, спускаемые блоки.

Спускаемые блоки провели химический анализ, который дал наиболее детальное представление о химическом составе планетной атмосферы.

Метеорологические явления – дожди, грозы, ветра – исследовались специальными зондами, которые измеряли скорость ветра, регистрировали интенсивность света в атмосфере (поиск

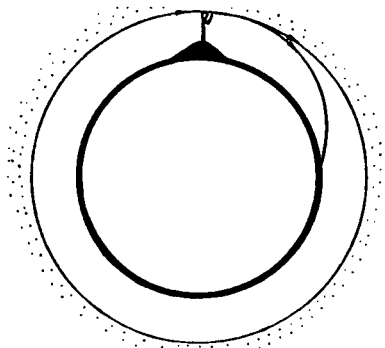


Рис. 74. Критическая рефракция и свехрефракция в атмосфере планеты

молний), записывали звуки (гром), измеряли влажность воздуха, его насыщенность воздушными парами и т.д. Проводились исследования плотности атмосферы и атмосферной рефракции.

Подробнее по отдельным вопросам см.: *Астероиды, Геология космическая, Исследования космические, История астрономии, Космонавтика, Планеты (астрономия и астрофизика), Планеты-гиганты, Солнечная система, Спутники естественные, Трансплутон.*

Планеты-гиганты

Планеты-гиганты – четыре планеты из группы больших, находящиеся за поясом астероидов, а потому называемые еще обобщающим термином внешние. Каждая из этих четырех планет по размерам многократно превосходит любую другую планету, отсюда происходит добавочное слово-определитель «гиганты». Две планеты-гиганта были известны с глубокой древности, это Юпитер и Сатурн. Две другие, Уран и Нептун, открыты в XVIII и XIX веках соответственно. Открытая позднее внешняя планета Плутон к гигантам не причисляется из-за своих малых размеров и физических параметров.

Планеты-гиганты располагаются на следующем расстоянии от Солнца: Юпитер – 778, Сатурн – 1427, Уран – 2869, Нептун – 4498 млн км. Размеры (объем) этих планет равны соответственно 1320, 736, 51, 40 объемов Земли. Таким образом, суммарный объем самых больших планет Солнечной системы равняется 983 суммарным объемам всех остальных планет или 1/607 от объема Солнца (для сравнения, объем Земли в объеме Солнца выражается как 1/1 303 800). Что касается сум-

марной массы гигантов, то она в 157 раз превышает общую массу остальных планет, вместе взятых, и достигает 2662,2 секстиллионов т. Однако плотность вещества космических великанов невелика и составляет у наиболее плотного Юпитера $1/4$ от земной, а у наименее плотного Сатурна – $1/7$ земной.

Структура оболочек, внутреннее строение, плотность, физические условия и химический состав гигантов существенно отличают их от планет земной группы (внутренних). Различия обусловлены массой исполинских планет, их силой тяжести, гравитационными связями с Солнцем, особенностями вращения вокруг звезды и вокруг собственной оси. Эти причины вызваны, в свою очередь, спецификой эволюции Солнечной системы в целом.

Астрономия и физические характеристики планет-гигантов приводятся в соответствующих разделах. В отдельных статьях описываются некоторые из самых больших естественных спутников этих планет.

Подробнее по отдельным вопросам см.: *Величины астрономия, Исследования космические, История астрономии, Нептун, Планеты (астрономия и астрофизика), Сатурн, Солнечная система, Спутники естественные, Уран, Юпитер.*

Плутон

Плутоном – по имени античного бога подземного мира – называют последнюю и самую удаленную из известных сегодня планет Солнечной системы. В названии этой планеты увековечено также имя американского астронома П. Ловелла, по расчетам которого в 1930 г. был обнаружен Плутон. Научный

мир не мог обозначить тело как Ловелл, поскольку это противоречило классическим традициям. Тогда в Америке объявили конкурс на лучшее название для планеты, сочетающее в себе инициалы ученого П.Л. Таким названием оказалось имя бога Плутона, предложенное девочкой 11 лет. Плутон полностью соответствовал представлению об этом космическом теле как царстве вечного мрака и холода. Плутон – девятая планета Солнечной системы, наиболее удаленная от Солнца: среднее гелиоцентрическое расстояние Плутона составляет 39,26 а.е., или 5872 млн км. Сравнительно недавно, лет тридцать назад, сведения о Плуtone были очень скудными. Считалось, что по размерам и массе он близок к Земле, лишен атмосферы и спутников и, видимо, завершает собой ряд крупных планет. Однако в последние десятилетия новые исследования Плутона привели к радикальному изменению взглядов на его природу.

В 1950 г. на крупнейшем тогда в мире пятиметровом телескопе-рефлекторе измерили поперечник Плутона, который оказался равным всего 4900 км. Позже пришлось пересмотреть и прежние оценки массы планеты, т.к. в противном случае его плотность получалась неправдоподобно большой. Масса Плутона оказалась равной всего 0,002 массы Земли, что в 6 раз меньше массы Луны. Таким образом, самая далекая из планет оказалась очень маленьким телом, уступающим по размерам и массе не только Меркурию, но даже многим из спутников планет. Средняя плотность Плутона меньше плотности воды и составляет всего 0,8 г/см³. Это делает весьма вероятной гипотезу, что Плутон состоит в основном из рыхлых льдов и в этом отношении напоминает огромное кометное ядро. Сходство усиливается еще и тем, что в 1980 г. в спектре Плутона удалось заметить полосы поглощения метана. Возможно, что это следы крайне разреженной метановой атмосферы; предполагается, что атмосфера у поверхности Плутона так же разре-

жена, как земная атмосфера на высоте 63 км. Тем не менее, даже такая газовая оболочка, по-видимому, создает заметный парниковый эффект, из-за чего температура на поверхности Плутона (-210°C) на 10 градусов выше той, что была бы при отсутствии атмосферы. Если бы Плутон состоял только из льда, он был бы намного светлее, чем в действительности. Какое-то темное вещество примешано к этим льдам. Скорее всего, это силикатная пыль, т.к. при малой плотности Плутона существование там твердых пород вряд ли возможно. Видимый блеск Плутона подвержен периодическим колебаниям, что, вероятно, вызвано вращением планеты и какими-то пятнами на ее поверхности. Гораздо удивительнее систематическое уменьшение этого блеска (примерно на 0,1 звездной величины за десятилетие). От десятилетия к десятилетию Плутон становится все менее и менее ярким. Долго ли это будет продолжаться и чем вообще вызвано такое явление, пока неясно.

Естественный спутник этой наименьшей из крупных планет обнаружил в 1978 г. американский астроном Д. Кристи. Следуя традиции, спутник назвали Хароном.

Подробнее по отдельным вопросам см.: *Астрономия, Астрофизика, Исследования космические, История астрономии, Планеты (астрономия и астрофизика), Солнечная система, Спутники естественные, Трансплутон, «Хаббл».*

Пространство-время

Пространство и время являются двумя главнейшими формами существования материи наряду с веществом, энергией, излучением, полями и волнами. Это четыре измерения Вселен-

ной. В классической физике обе формы понимались как нечто отстраненное от свойств мироздания, абсолютное и изначально заданное. В свете современных представлений на строение материи очевидно, что пространство и время относятся к числу неотъемлемых качеств мира, тесно взаимодействующих с энергией, массой и порождены массой и гравитационным полем.

Под воздействием больших энергий или сильной гравитации, создаваемой большими массами, пространство и время испытывают деформации.

Оставаясь бесконечными, они искривляются и как бы прогибаются под тяжестью нагрузок. Изменение свойств этих двух форм происходит и в отношении объекта, движущегося на околосветовой или световой скорости.

Две важные материальные формы, обуславливающие конечный облик мироздания, не были неизменными в процессе эволюции Вселенной. В сингулярном состоянии, предшествовавшем Большому взрыву и эпохе инфляции, пространство и время существовали в виде своеобразной квантовой пены, поскольку не имели присущей себе направленности, но были разбиты на бесконечное множество составных частиц-квантов. Естественно, кванты пространства и времени не являются элементарными частицами в строгом смысле слова. Это лишь составные элементы, детали, из которых слагаются обе важнейшие формы бытия материи.

Сегодня Вселенная расширяется вместе с веществом, прочей материей и пространством. При этом пространство остается бесконечным, происходит только его разворачивание во времени, сопровождаемое преобразованием измерений. Пространство обладает тремя измерениями, которые позволяют физическим телам взаимодействовать друг с другом посредством движения-вращения, движения-переноса и испускания электромагнитных волн.

Время имеет одно-единственное измерение, поэтому ученые говорят об однонаправленности времени. Направление времени совпадает в нашу эпоху с процессом расширения Вселенной, который называется «космологической стрелой времени», служит как бы указателем этой направленности и определяет эволюцию материи. Кроме того, направление времени отчасти совпадает с характером нарастающей беспорядочность среди частиц теплового движения. Такое увеличение беспорядка в природе носит название «термодинамической стрелы времени» и представляет собой еще один указатель направленности данного измерения.

Пространство и время неотделимы друг от друга, это сильно зависимые формы материи. Не бывает пространства вне времени и наоборот, поскольку иначе материя не сможет воплотиться в космос, принять облик астрономической Вселенной с ее законами и физическими постоянными. Поэтому обе формы считаются единым пространством-временем, четырьмя измерениями материи, в которых существует Вселенная.

Выше уже было показано, что три измерения пространства позволяют обеспечивать полное взаимодействие между телами. Четвертое измерение мира обеспечивает не только полноту взаимодействий, но и условия неуничтожимости материи. Материя в пространственной Вселенной обладает свойствами сохранения, при которых не исчезает «в никуда», поскольку сама Вселенная четырехмерна. Чтобы материя не пропала, она при выходе из сингулярного состояния эволюционировала в направлении разворачивания четырех измерений в их тесной взаимосвязи.

Это единство позволяет материи двигаться, поскольку без движения она самопроизвольно исчезает. В результате время определяется направленным движением материи в трехмерной среде, а сама такая среда определяется временным (последова-

тельно-порядковым) ходом событий в движущейся материи. Четырехмерность мира обуславливает существование законов сохранения в природе, на которых зиждется вечность материи. К числу этих законов относятся законы сохранения массы, энергии, барионного и лептонного зарядов, количества движения, момента импульса, спина и т.д.

Все они физически реализуются только в геометрически четырехмерной Вселенной. Эта геометрия физики восходит к общим свойствам мироздания — симметрии законов природы, восстанавливающей порядок и гармонию космических структур. Именно симметрия и соразмерность задают важнейшие свойства мира, делают его правильным, безупречным, эстетически привлекательным для человека. Пространство-время служит словно прямым следствием из симметричности природы. Воспетая поэтами и поражающая ученых красота, вечность и сложность Вселенной обязаны своим происхождением изначальным свойствам материи, проявившимся в геометрии двух ее фундаментальных форм — трехмерного пространства и однонаправленного времени. Естественно, четвертое (временное) измерение увидеть так, как можно посмотреть на чертеже три пространственных, нельзя. Это направление не воспринимается чувствами в трехмерном мире, кроме т.н. «чувства времени», которое привязано к порядку событий, но никак не к самому измерению. Чтобы увидеть время, нужно подняться из трехмерной среды, а это представляется невозможным.

Четырехмерный мир видится ученым бесконечным геликоидом, но в целом Вселенную удобнее вообразить особым шаром, который А. Эйнштейн называл гиперсферой. Поверхность гиперсферы и является трехмерным пространством, загибающимся в четвертом измерении. Если не выбраться за пределы гиперсферы, то по ней можно бесконечно долго блуждать: конечных размеров для четырехмерного мира нет, он бесконечен

в трехмерном восприятии. Поверхность вселенского шара обладает положительной кривизной, определяющей его физические свойства. Но эта трехмерная поверхность обладает одновременно и прогибами отрицательной кривизны, порожденными гравитацией массивных объектов. Вблизи колоссальных масс время ведет себя иначе, чем в других областях Вселенной. Рядом с «черными дырами» оно вообще останавливается. Подводя итог, можно сказать, что пространство-время бесконечно, хотя и вышло некогда из сингулярного состояния квантовой пены. Развертывание четырех измерений в ходе инфляции Вселенной служит мерилom распределения материи в мире и, соответственно, связано со значением плотности вещества во Вселенной. От последней величины зависит будущая эволюция Метагалактики, процесс расширения вещества. Преобразование плотности в конечном итоге видоизменит само пространство-время и строение космоса. А это означает, что спустя примерно 100 млрд лет, как раз после гибели последних звезд, космос перестанет существовать.

Подробнее по отдельным вопросам см. статьи: *Астрофизика, Большой взрыв, Величины астрономии, Галактики, Космогония, Космология, Расширение Вселенной, Системы мира, Солнечная система, «Черная дыра», Эволюция Солнечной системы.*

Противосияние

История этого необыкновенного явления началась еще в 1803 г., когда, путешествуя по южным странам, знаменитый немецкий естествоиспытатель Александр Гумбольдт обна-

ружил нечто странное. Когда ночной воздух был особенно чист и прозрачен, в области неба, противоположной Солнцу, ему иногда удавалось заметить тусклое, еле различимое свечение ясно выраженной овальной формы. Свечение это занимало на ночном небе площадь, во много раз превосходящую диск полной Луны.

Описав в числе других диковин природы странное «противосияние», Александр Гумбольдт предоставил будущим исследователям решить вопрос о его происхождении. Прошло, однако, ровно полвека, прежде чем противосияние снова привлекло внимание ученых. Не зная о наблюдениях Гумбольдта, в 1853 г. Джонс, а спустя три года Брорзен, увидев противосияние, приписали его открытие себе.

Удалось установить, что по мере продвижения Солнца по кругу Зодиака смещается и противосияние. Когда Солнце по истечении года снова возвращается в исходное зодиакальное созвездие, противосияние также завершает подобное путешествие. Противосияние при этом все время находится как бы позади Земли, в стороне, противоположной Солнцу. Оно участвует в годовом движении нашей планеты, будучи словно укрепленным на невидимом стержне, проходящем через центры Земли и Солнца. Как и Земля, оно за год завершает оборот вокруг главного светила Солнечной системы.

О структуре противосияния долгое время велись споры. Если противосияние состоит из газов, то почему же эти газы не рассеиваются в пространстве, почему в течение многих десятилетий противосияние обладает замечательным постоянством, отнюдь не свойственным газовым облакам? Жидкое состояние противосияния также отметалось: за пределами Земли, в ледящем холоде безвоздушного пространства, жидкость существовать не может. Оставалось предположить, что противосияние является твердым образованием. Однако если проти-

восияние – твердое и холодное образование, то его свечение может быть только отражением солнечных лучей. Значит, противосияние должно возникать далеко от Земли, во всяком случае, дальше того места, где кончается конус земной тени. Иначе говоря, противосияние должно отстоять от Земли не менее, чем на 135 000 километров. Тогда, если учесть, что с Земли оно видно под средним углом около 6 градусов, получится, что истинный поперечник противосияния должен быть больше к 140 000 км! Это уже явная нелепость: вблизи Земли находится колоссальное планетообразное тело с поперечником не меньше, чем у Юпитера и огромной массой, которое при этом совершенно не влияет на движение Земли и других планет. Больше того, нарушая законы Кеплера, это странное тело обращается вокруг Солнца с тем же периодом, что и Земля, хотя его расстояние от Солнца значительно больше.

Существовала и еще одна гипотеза: загадочное противосияние представляет собой огромный рой мелких твердых частиц. Освещенный Солнцем рой кажется с большого расстояния сплошным телом, но на самом деле общая масса его частиц весьма мала, и потому их притяжение не оказывает заметного воздействия на Землю. Так рассуждал астроном Гюльден, выступивший в 1894 г. с «метеоритной» гипотезой противосияния. Он указал, что по законам небесной механики на прямой, проходящей через центры Солнца и Земли, есть одна из так называемых либрационных точек. Тело небольших размеров, помещенное вблизи этой точки, постоянно будет описывать вокруг нее сложные орбиты сравнительно небольших размеров, так что рой из подобных частиц постоянно будет виден с Земли в стороне, противоположной Солнцу. По подсчетам астронома Мультона, разделявшего идеи Гюльдена, центр роя должен находиться от Земли на расстоянии около 1 500 000 км., т.е. за концом земной тени.

Это объяснение казалось настолько правдоподобным, что в течение почти четырех десятилетий загадка противосияния считалась решенной. Но в истории науки нередки случаи, когда принятые и как будто не вызывающие сомнений гипотезы подвергаются пересмотру и своеобразной ревизии. То же произошло и с гипотезой Гюльдена – Мультаона.

В 1938 г. группа московских астрономов во главе с Н. Д. Моисеевым решила проверить расчеты Гюльдена и Мультаона. Исследование велось более обстоятельно и разносторонне, чем в конце прошлого века, и результат получился неожиданный: метеоритный рой Гюльдена – Мультаона должен быть неустойчивым: частицы, составляющие его, обречены на постепенное рассеяние в пространстве. Т.о. удивительное постоянство противосияния снова стало загадочным и необъяснимым.

Разгадка природы противосияния была найдена во время Второй Мировой войны. Осенью 1942 г., сравнивая еле уловимый цвет противосияния с окраской некоторых областей Млечного Пути, астроном И.С. Астапович пришел к выводу, что загадочное свечение имеет зеленоватый оттенок. Яркость противосияния, как показали наблюдения, подвергалась заметным, а иногда и очень быстрым изменениям. Бывали ночи, когда за какие-нибудь полчаса яркость увеличивалась на двадцать-тридцать процентов. Как бы разгораясь и снова затухая, противосияние отдаленно напоминало изменчивое полярное сияние. Сходство с полярным сиянием было не только внешним. В конце сентября 1943 г. удалось зарегистрировать особенно яркую вспышку противосияния. Спустя некоторое время И.С. Астапович получил письмо с Карельского фронта, в котором его сестра сообщала, что в последних числах сентября Карелия освещалась необычайно мощным трехдневным полярным сиянием. Сомнений не было. Противосияние должно иметь газо-

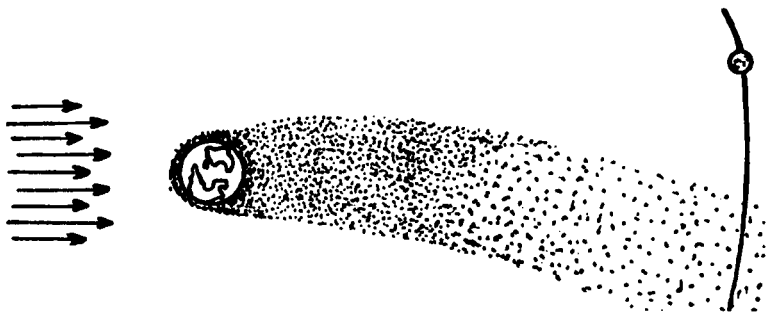


Рис. 75. Хвост Земли по И.С. Астаповичу

вую природу. По окраске оно похоже на свечение ночного неба или полярного сияния, а его вспышки, как и для последнего, объясняются воздействием Солнца. Очевидно, что не только вспышки, но и вообще само свечение противосияния должно вызываться каким-то излучением, испускаемым Солнцем.

Итак, противосияние оказалось изменчивым образованием, и только его расположение в области неба, противоположной Солнцу, отличалось удивительным постоянством. Впрочем, центр эллипса противосияния, как было замечено еще в 1907 г., не совпадает с точкой, прямо противоположной Солнцу. Он отстоит от нее к западу на 3 градуса (т.е. почти на шесть поперечников Луны). Перечисленные факты противоречили гипотезе Гюльдена – Мультона, метеоритный рой никак не мог обладать такой быстрой изменчивостью. Но и гипотеза о газовой природе загадочного свечения также встречала большие затруднения. В самом деле, если противосияние – это газовое облако, расположенное за конусом земной тени, то почему оно не рассосется в пространстве? Если же противосияние находится внутри земной атмосферы, то почему оно светится и

что заставляет его всегда находиться в стороне, противоположной Солнцу? После долгих размышлений И. С. Астапович пришел к таким заключениям. Газовое облако, порождающее противосияние, должно непрерывно пополняться все новыми и новыми порциями газа. Только в этом случае ему обеспечено сравнительно устойчивое существование в течение по крайней мере многих десятилетий. Казалось естественным, что источником пополнения противосияния может быть лишь тот исполинский газовый океан, который окутывает нашу планету. От внешних частей земной атмосферы к противосиянию, по-видимому, тянется «рукав», состоящий из непрерывно движущихся газов.

Иначе говоря, у Земли, вероятно, есть своеобразный газовый «хвост», направленный, как и кометные хвосты, в сторону, противоположную Солнцу. Само же противосияние не является каким-то облакообразным сгустком газов вблизи Земли. Противосияние – это проекция на звездное небо газового хвоста Земли. Если бы хвост Земли светился на всем своем протяжении, то противосияние не существовало бы – его свечение «размазалось» бы на все небо.

Однако в действительности свечение в хвосте начинается с расстояния около 125 000 км от Земли. Спектр противосияния мало отличается от спектра ночного неба, порождаемого разреженными газами верхних слоев атмосферы. Тем самым газовая природа противосияния была окончательно установлена.

Так был открыт газовый хвост Земли – удивительная часть нашей планеты, о существовании которой многие из ее обитателей даже не подозревают. Газовый хвост Земли должен быть очень длинен. Если считать, что убывание яркости в нем происходит по тому же закону, что и в газовых кометных хвостах, то, как показывают расчеты Астаповича, газовый хвост Земли имеет длину около 650 тыс. км, т.е. простирается далеко за

орбиту Луны. Как и газовые кометные хвосты, газовый хвост Земли слегка отклонен в сторону, обратную движению Земли вокруг Солнца. Этим обстоятельством и объясняется тот факт, что центр противосияния смещен на 3 градуса к западу от точки, противоположной Солнцу. Эллиптическая же форма противосияния, как считал академик В. Г. Фесенков, вызвана сплюснутостью земной атмосферы в направлении, перпендикулярном к плоскости земной орбиты. Поэтому и любые поперечные сечения газового хвоста Земли имеют сплюснутую эллиптическую форму.

Р

Расширение Вселенной

Вселенная, согласно современным представлениям, родилась 13—20 млрд лет назад, а точнее — появилась в результате Большого взрыва известная нам астрономическая Вселенная, космос, вышедший из особого, сингулярного состояния материи и мира.

Сразу после Большого взрыва, в течение первой аттосекунды (приставка «атто-» означает квинтиллионную долю) существования мира, гигантские силы внутреннего натяжения, царившие в сверхплотном и разгоряченном вакууме первичной Вселенной, заставили его стремительно расширяться во всех своих точках.

Вакуумообразная плазма, которой являлась тогдашняя материя, лишенная пока реальных частиц вещества, невероятно быстро разворачивалась из самой себя, формируя новые области пространства. Едва закончилась первая аттосекунда, как на второй уже стало появляться вещество. Началась эпоха рождения элементарных частиц — легких и тяжелых, которая длилась в общей сложности 3—4 аттосекунды. Теперь уплотненная плазма представляла собой настоящее вещество, ионизированный газ.

Его температура достигала нескольких десятков миллиардов градусов, в нем непрерывно рождались и умирали частицы, происходило обновление и развитие первоначал мира. Из-за этой невиданной активности древнейшей материи послевзрывное состояние плазмы ученые называют «кипящим котлом». Кипение котла длилось три минуты с начала мира, после чего началось неуклонное его остывание. Оно было вызвано расширением пространства, сопровождавшимся снижением плотности материи. В результате уже на третьей минуте постепенно все более разряжающаяся плазма обрела температуру всего в 1 млрд °С. Темпы охлаждения несколько снизились и понадобился еще 1 млн лет, прежде чем Вселенная остыла достаточно для начала нового этапа физических превращений материи. К тому моменту основные метаморфозы вещества завершились, и на свет появились атомные ядра. Однако эти ядра не могли стать нормальными атомами.

Для этого им было необходимо объединиться с электронами, которые бы образовали вокруг ядер т.н. внешний электронный слой (оболочку). Но объединению препятствовала высокая температура в кипящем котле плазмы, сообщавшая частицам большую кинетическую энергию и буквально разбивавшую устойчивые пары. Только по завершении первого миллиона лет развития Вселенная остудилась до плюс 3700—4000 °С, в результате чего оказался возможен процесс рекомбинации, т.е. захвата ядрами электронов из плазмы.

Вследствие интенсивной рекомбинации спустя короткое время плазма стала электрически нейтральна. Иными словами, слагающие ее частицы после объединения скомпенсировали действия своих разноименных зарядов и стали нейтральны. Нейтральность важнейших структурных элементов имела исключительную важность для мироздания. Теперь могло появиться настоящее вещество, сложенное взаимодействующими атомами. При-

чем атомы могли не просто соединиться в молекулы, но объединение могло продолжаться сколь угодно дальше, захватывая все новые количества вещества под действием сил гравитации.

Происходил самопроизвольный рост массы начальных объединений вещества. Прежде гравитационному объединению частиц препятствовало действие реликтового излучения. Это такое излучение, которое испускала разогретая плазма из каждой своей точки. Оно до сих пор равномерно наполняет всю Вселенную, являясь как бы реликтом эпохи Большого взрыва. Отсюда необычное название излучения, предложенное некогда известным российским астрофизиком И.С. Шкловским.

Первичная плазма была непрозрачна для излучения, поэтому оно оказывало на нее ощутимое давление. Нейтральный атомный газ вполне прозрачен, он никакого давления не испытывал и свободно развивался по новым законам. Теперь решающую роль внутри рекомбинированного вещества стали играть силы тяжести, под воздействием которых первичные объединения — пылинки и газовые молекулы — слипались и скапливались вместе, постепенно уплотняясь и образуя газопылевые облака. Из этих облаков, называемых еще туманностями, в дальнейшем сформировались зародыши космических объектов. Самыми первыми вселенскими структурами были, видимо, протогалактики. Это сгущения, возникшие приблизительно 10 млрд лет назад. Внутри таких обширных пылевых сгущений стали вследствие фрагментации вещества образовываться более плотные сгустки сравнительно малых размеров. Последние называются протозвездами.

Протозвезды уплотнялись до степени начала самопроизвольного свечения в результате зародившихся в массивном газовом сгустке реакций термоядерного синтеза. Так протозвезды становились звездами. Сами звезды в процессе ядерного горения непрерывно преобразовывались. Тяжелые красные сверх-

гиганты скапливались в центральных областях галактик, становясь центрами тяжести. Вокруг этих центров обращались звезды среднего возраста, а на самой окраине совсем молодые и недолговечные.

Продукты термоядерного синтеза — новые элементы, более тяжелые и сложные, поступали в космическое пространство по мере горения светил. Эти элементы обогащали межзвездный газ и служили основой для возникновения планетных туманностей. Скапливавшиеся и уплотнявшиеся вокруг некоторых звезд такие туманности служили основой для образования малых газо-пылевых сгустков — планетозималей, из которых формировались планеты.

Малое число газа в нашей галактике убеждает, что она в целом закончила свое развитие, т.е. весь ее «строительный материал» уже использован на создание звезд. То же можно сказать и о ряде других галактик.

Величайшее объединение галактик — Метагалактика — также эволюционировала и продолжает развиваться по сей день. Эта циклопическая вселенская структура подчиняется общему расширению пространства, начавшемуся в эпоху Большого взрыва. Раздувание Вселенной называется еще инфляцией по аналогии с ростом обесцененной денежной массы во время этого экономического явления.

Все галактики в нашу эпоху разбегаются друг от друга, причем центра для такого разбегания не существует, поскольку в бесконечности нет центра вообще. Независимо от того, какую звездную систему наблюдают астрономы, они неизменно констатируют, что она удаляется от нашей Земли и остальных космических объектов.

Скорости движения для разных галактик различны, они нередко достигают 100 тыс. км/с. Причем, чем дальше находится галактика, тем быстрее ее видимая скорость. Эта законо-

мерность является универсальной, хотя ее количественное значение менялось по прошествии миллиардов лет разбегания галактик. Закономерность вытекает из закона Хаббла, основанного на открытии т.н. красного смещения в спектрах звездных систем. Наблюдаемое разбегание галактик доказывает факт расширения Вселенной.

Подробнее по отдельным вопросам см.: *Астрофизика, Большой взрыв, Величины астрономии, Галактики, Космогония, Космология, Смещение красное, Солнечная система, Эволюция Солнечной системы.*

Рея

Пятый спутник Сатурна, Рея, внешне сильно напоминает Меркурий или Луну. Это одна из наиболее крупных лун Сатурна. Диаметр Реи составляет 1530 км, а кратеры здесь достигают 300 км в поперечнике.

Орбитальный период Реи составляет приблизительно 4,5 земных суток, а расстояние от центра Сатурна – 527 000 км.

Интересно, что у спутников Сатурна в целом не отмечается такого четкого убывающего распределения средних плотностей, как у галилеевых спутников Юпитера: все значения средней плотности сатурновых лун лежат в пределах от 1,0 г/см³ у Тефии до 1,4 г/см³ у Дионы. Лишь у Титана средняя плотность достигает 1,9 г/см³. Средняя плотность Реи – 1,3 г/см³ – несколько ниже, чем, например, у Дионы, однако, если принимать в расчет всю семью Сатурна, то сравнительная плотность Реи окажется довольно высокой. Рея всегда движется одним и тем же полушарием вперед. Как и у других

спутников Сатурна, поверхность Реи очень светлая: отражательная способность даже самых темных областей достигает 50%. В настоящее время существует около десятка фотометрических наблюдений Реи хорошего качества. Данные всех этих наблюдений показывают, что «лобовая» сторона Реи довольно светлая, а «затылочная» имеет более темный цвет. У значительной части покрывающих поверхность спутника кратеров наблюдается отчетливый центральный пик.

Подробнее по отдельным вопросам см.: *Величины астрономии.*

С

Сатурн

Сатурном – по имени древнеримского бога-покровителя полев и косарей – называют шестую планету солнечной системы. Сатурн, вероятно, самый красивый среди огромного числа наблюдаемых в телескоп объектов. В вечерних сумерках, когда небо еще светлое, Сатурн выглядит как золотой шар на ярком голубом фоне, а его великолепные кольца воспринимаются как уникальное произведение искусства, а не как явление природы. Слегка размытые полосы на поверхности, более однородные, чем полосы Юпитера, параллельны огромным кольцам.

Астрономия

Среднее расстояние орбиты Сатурна от Солнца составляет 9,573 а.е., или примерно 1432 млн км. Период вращения Сатурна вокруг своей оси различен для разных широт: в экваториальной зоне он составляет 10 ч. 14 мин., а на широте 63 градусов – 10 ч. 38 мин.

Спутник Титан обегает вокруг Сатурна приблизительно за 16 земных суток. Расстояние от спутника до его планеты составляет 1,221 млн км. Зная это и опираясь на Третий закон Кеплера, ученые смогли подсчитать массу Сатурна. Оказалось,

что она приблизительно в 95 раз превышает земную. Т.о. Сатурн по праву занял второе место после Юпитера в списке «тяжеловесов» Солнечной системы.

Астрофизика

При массе в 95,03 раз больше земной Сатурн является уникальным объектом в Солнечной системе прежде всего благодаря своей низкой средней плотности – $0,7 \text{ г/см}^3$. Подобно Юпитеру, Сатурн вращается очень быстро, с периодом чуть больше 10 ч, и поэтому заметно сплюснут. Облака на Сатурне гораздо менее заметны, чем на Юпитере. Иногда видны крупномасштабные возмущения, подобные большому белому пятну 1933 г., исчезнувшему год спустя. «Вояджер-1» обнаружил облака различных типов и «красное пятно» размерами с Землю. Температура в верхней части облаков на 30°C ниже, чем на Юпитере, от -178 до -173°C , но водородно-гелиевая атмосфера простирается выше облаков, почти так же, как у Юпитера, при давлении меньше одной земной атмосферы. Над облаками также наблюдается дымка, которая состоит из частиц, возможно, ледяных, оседающих из колец, или метановых.

По наблюдениям «Пионера-11» ось магнитного поля Сатурна почти точно совпадает с осью вращения в отличие от Земли и Юпитера, у которых эти оси наклонены относительно друг друга. Напряженность магнитного поля на экваторе равна 0,7 напряженности геомагнитного поля, но внутреннее магнитное поле гораздо сильнее из-за больших размеров Сатурна. Согласно теории происхождения магнетизма, токи, генерирующие магнитное поле, располагаются гораздо глубже, чем у Юпитера, но приводят к такой же общей полярности, противоположной по знаку полярности Земли. Кольца поглощают энергичные

ионы и электроны магнитосферы Сатурна, о чем свидетельствует резкое прекращение счета заряженных частиц при заходе «Пионера» за край колец. Таким образом, кольца буквально «выедают сердцевину» радиационных поясов, поэтому магнитосфера не проявляет себя как источник радиоизлучения. Совпадение оси вращения и магнитной оси также уменьшает интенсивность радиовсплесков.

С эволюционной точки зрения наибольший интерес представляет наличие внутренних источников энергии. Сатурн излучает в 2,5 раза больше энергии, чем получает от Солнца, это избыточное тепло превышает количество энергии, ожидаемое от радиоактивного распада. Сжатие или осаждение вещества к центру также, вероятно, играют роль, однако, они не в состоянии обеспечить достаточное количество энергии на протяжении миллиардов лет.

Естественные спутники Сатурна

В 1671 г. Дж. Кассини, один из талантливейших наблюдателей в истории астрономии, установил, что у Сатурна кроме Титана есть и другие спутники. Через год он открыл еще один сатурнов спутник, а 12 лет спустя, 21 марта 1684 г. – сразу еще два. Кассини не стал придумывать названия «своим» спутникам. Крестного отца им пришлось дожидаться более полутора веков, пока в 1850 г. Дж. Гершель не вспомнил о старой традиции. Так первый кассиниев спутник Сатурна стал Япетом, второй – Реей, третий – Дионой, четвертый – Тетис. (В русской литературе этот спутник иногда называют Тефией. Такая транскрипция неверна, как и наименование «Фетида», тем более, что в геологии давно закрепилось название древнего «ископаемого» земного моря Тетис, имеющее то же происхождение.) Все это – титаны и титаниды, братья и сестры Сатурна (Крона). Япет, согласно древнегреческому мифу – титан, отец Прометея,

давшего людям огонь. Богиня Рея – сестра и супруга Крона, породившая самого Зевса. Диона, возлюбленная Зевса, выступает в мифах как мать Афродиты-Венеры. Тетис же – богиня моря. Все перечисленные персонажи – дети Урана и Геи, Земли и Неба, божества старшего поколения.

В июле-августе 1789 г. У. Гершель открыл у Сатурна еще два спутника. К тому времени «титанические» имена, по-видимому, наскучили астрономам, и в дело пошли имена гигантов – представителей младшего поколения небожителей, восставших против Зевса и разгромленных им. Вождями бунтарей были гиганты Мимас, обитавший на вулкане Этна, и Энцелад, имена которых и получили новые спутники. В 1898 г. по просьбе У.Г. Пикеринга астроном С. Бейли выполнил ряд фотографий звездного неба. Анализируя снимок, Пикеринг в августе того же года установил, что на далеких окраинах сатурнова мира есть еще один – девятый спутник. Пикеринг доказал, что новооткрытое тело обращается в обратном направлении и, следовательно, заслуживает присвоения женского имени. Новый спутник нарекли Фебой – по имени одной из титанид, сестер бога Крона. Если между открытием восьмой и девятой лун Сатурна прошло около полувека, то десятая заставила себя ждать не столь уж долго. 28 апреля 1905 г. удача вновь пришла к тому же Пикерингу. След нового спутника, нареченного Темис, был едва заметен на фотопластинке. (В более привычной нам транскрипции это имя звучит как «Фемида» – богиня права и закона, дочь Урана и Геи.). С момента ее открытия больше никто ни разу не наблюдал Темис, и окончательной уверенности в ее существовании пока нет.

Спустя несколько веков один из спутников вызвал сенсацию: очевидно, он движется по общей с другим спутником орбите, причем периоды обращения обоих спутников равны приблизительно половине периода Энцелада. Диона гравитацион-

но воздействует на малый спутник, движущийся по ее орбите. В 1979–1980 гг., когда Земля пересекала плоскость колец Сатурна, французские астрономы на орбите уже известной Дионы на расстоянии 380 000 км от Сатурна заметили слабо светящееся неизвестное тело, которое опережало Диону приблизительно на 60 градусов. Не прошло и нескольких часов, как открытие подтвердили сотрудники Университета штата Аризона. На снимках, сделанных «Вояджером-1», были свидетельства в пользу нового небесного тела.

Диона и Диона В (так ее пока называли) своим местоположением напоминают астероидную группу «Троянцев», которые движутся подобным же образом по орбите Юпитера вокруг Солнца. Следовательно, можно ожидать и существование Дионы С, бегущей по той же орбите, но на 60 градусов позади Дионы. «Вояджер-1», показал, кроме того, что почти на одной орбите – на расстоянии 2,51 радиуса Сатурна – вокруг планеты ходит пара спутников, X и XI. Оказалось, что эти два спутника постепенно сближаются! Сперва полагали, что они должны вскоре, на глазах у астрономов, столкнуться. Однако подсчеты показали, что, сблизившись, спутники обменяются моментами движения, внутренний замедлится, внешний ускорится, произойдет обмен орбит и первый станет вторым. Очевидно, такой космический «контрданс» происходит каждые три года...

На крупномасштабных снимках внутренних спутников, за исключением Энцелада, видны обычные следы «оспин» метеоритной бомбардировки и признаки глубоких трещин и долин. На Мимасе виден огромный кратер на обращенной к Сатурну стороне. Измерения в инфракрасных лучах показали наличие на Энцеладе, Тефии, Дионе и Рее водяного льда. Плотности всех больших спутников, массы которых можно приближенно оценить, заключены между 1,0 и 1,3 г/см³, только у Титана плотность составляет около 2 г/см³. При близком про-

хождении «Вояджера» около Титана было установлено, что прежние оценки его размеров завышены. Таким образом, спутник Юпитера Ганимед – наибольший и самый массивный спутник в Солнечной системе.

Движение по орбите самого удаленного девятого спутника, Фебы – обратное, радиус орбиты около 13 млн км. Когда она была открыта У. Пиккерингом в 1898 г., это был единственный известный спутник с обратным движением по отношению к планете, но впоследствии были открыты и другие спутники с обратным движением.

Кольца Сатурна

Помимо семьи спутников Сатурн обладает системой колец. Как известно, первым увидел кольца Сатурна Галилео Галилей. Но он никак не мог рассмотреть, что именно видно в его несовершенный телескоп. Ему казалось, что он видит какие-то странные спутники планеты, непонятные придатки справа и слева от ее диска. И, в конце концов, так и не разобравшись в открывшейся его взору картине, Галилей зашифровал свое неожиданное открытие в знаменитой анаграмме: «Высочайшую планету тройною наблюдал».

Лишь несколько десятилетий спустя, в 1655 г., Христиан Гюйгенс обнаружил, что Сатурн окружен удивительным блестящим кольцом шириной около 64 000 км, нигде к планете не прикасающимся. Еще спустя 20 лет Джованни Кассини разглядел щель, идущую почти посередине кольца, что с той поры позволило говорить о нескольких кольцах Сатурна, как о факте.

Устойчивость этих странных образований была окончательно объяснена в прошлом веке, когда удалось доказать, что сатурновы кольца не сплошные жидкие или твердые тела, а мириады отдельных твердых частиц, каждая из которых самостоятельно

обращается вокруг планеты. Кроме щели, открытой Кассини и достигающей в ширину 3500 км, с Земли при исключительно хороших атмосферных условиях удалось рассмотреть еще свыше десяти подобных, но гораздо более узких промежутков. Новая эпоха в изучении колец Сатурна наступила в 1979–1981 гг., когда космические аппараты «Пионер-11», «Вояджер-1 и 2» пролетели вблизи Сатурна и открыли удивительные подробности строения его колец. Как всегда бывает, новые открытия принесли и новые загадки.

Всего у Сатурна насчитывается 7 главных колец. В порядке удаления от планеты они обозначаются буквами Р, С, В, А, О, Е. Кольцо З самое яркое. Оно отделено от кольца А щелью Кассини. Кольцо С долгое время считалось самым внутренним. Его сравнительно небольшая поверхностная яркость была причиной того, что это кольцо иногда называли «креповым». Четыре остальных кольца были подробно изучены лишь с космических аппаратов, хотя очень редко кольца Р и Е все же удается рассмотреть с Земли. Не исключено, что кольцо В доходит до самых границ атмосферы Сатурна. Кольцо Е – самое внешнее и одновременно самое широкое. Его ширина близка к 90 000 км и внешняя граница кольца Е проходит на расстоянии 5 радиусов от центра Сатурна. Если бы оно не было чрезвычайно разреженным, вид Сатурна в телескоп был бы еще более великолепным, чем в действительности.

Кольца Сатурна лежат точно в экваториальной плоскости планеты, наклоненной на 28 градусов к плоскости земной орбиты (эклиптике). Поскольку положение плоскости колец остается неизменным при движении Сатурна вокруг Солнца, в течение оборота мы видим кольца сверху (с севера), снизу (с юга) и дважды с ребра. Когда кольца наклонены к лучу зрения земного наблюдателя под наибольшим углом, они отражают почти вдвое больше солнечного света, чем сам Сатурн, но

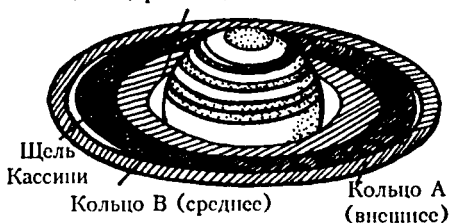
если кольца повернуты к наблюдателю ребром, они на короткий промежуток времени почти исчезают. Это означает, что толщина колец исключительно мала.

В последние годы кольца были повернуты ребром 27 октября 1979 г., 12 марта и 23 июля 1980 г., 21 мая и 11 августа 1995 г. и 11 февраля 1996 г. Кольца состоят из отдельных частиц, причем каждая частица движется вокруг Сатурна по своей собственной орбите в соответствии с законом всемирного тяготения Ньютона. Все спутники, открытые АС серии «Вояджер», сравнительно малы: они лишь немногим больше самых маленьких спутников Юпитера. Два из них, имеющие вид бесформенных обломков, движутся по обе стороны от кольца F. Они, как «пастухи», не дают разбежаться «стаду» – кольцу. Там, где кольца Сатурна пересекают его диск, темная неясная полоса намечает их внутренний край. Это креповое кольцо легко обнаруживается по его слабой тени на диске планеты. Внешние кольца также отбрасывают тени на Сатурн, который в свою очередь полностью затмевает значительную часть колец. Полярные области (ось вращения перпендикулярна плоскости колец) темнее, чем другие части края диска, и при хорошем качестве изображения кажутся слегка зеленоватыми. Широкую щель Кассини едва удастся различить, т.к. в ней находятся четыре ярких кольца. как и ожидалось, щель Кассини пропускает солнечный свет, освещающий диск Сатурна между тенями от колец А и В.

Говоря о семи кольцах Сатурна, мы не должны забывать об условности такого деления. Когда «Вояджер-2» сфотографировал кольца Сатурна, на фото получилось нечто, напоминающее грампластинку, так как каждое из семи главных колец составляли сотни узеньких колечек. Существование щели Кассини объясняли тем, что эта щель – область неустойчивых орбит, где периоды обращения частиц соизмеримы с

периодом обращения Мимаса – ближайшего крупного спутника Сатурна. Т.к. при соизмеримости периодов конфигурации Мимаса и частиц кольца многократно повторяются, это приводит к таким изменениям орбит частиц, которые в конце концов выводят их из прежней зоны. Таким же образом принято объяснять «щели» в кольце астероидов. Однако в кольце Сатурна этих прогалин или щелей так много, что объяснить их резонансом периодов спутников и частиц явно нельзя. Видимо, существуют какие-то иные причины, делающие строго равномерное распределение частиц неустойчивым. Что это за причины, предстоит узнать в будущем.

Кольцо С (кресовое)



Щель
Кассини

Кольцо В (среднее)

Кольцо А
(внешнее)

Рис. 76. Кольца Сатурна

Еще более странными выглядят некоторые детали строения кольца Г. Когда «Вояджер-1» пролетел вблизи него, бортовые фотокамеры показали, что это кольцо состоит из нескольких колечек общей шириной 60 км. Причем два из них перевиты друг с другом, как шнурок! Менее всего астрономы ожидали увидеть такую картину. Пытались объяснить ее гравитационным воздействием близких спутников, однако, спустя несколько месяцев «Вояджер-2» не обнаружил в кольце Г никаких переплетений или других странных искажений формы. Вопрос о загадочной и изменчивой форме кольца Г так и остался нерешенным.

Все сатурновы кольца, как уже говорилось, состоят из отдельных частиц. Скорее всего, это куски и глыбы льда, сверху покрытые инеем. Размеры их различны. Так, например, кольцо

В состоит из глыб поперечником порядка 15 м, которые погружены в толстый слой частиц размером около 10 см. В кольце А средний поперечник частиц близок к 10 м, а в кольце С – к 2 м. Остальные кольца состоят из мелкой пыли.

Загадочными выглядят радиальные темные полосы («спицы»), обнаруженные в кольце В. Иногда они видны и с Земли. Скорее всего, «спицы» состоят из мелкой темной пыли, а удерживаются они в кольце электростатическими силами. Что такие силы действуют в кольцах Сатурна, доказывают многочисленные кратковременные всплески радиоизлучения, исходящего от колец. Проще всего этот эффект объяснить разрядом молний между частицами колец. Электризация же частиц может возникать при их взаимных столкновениях.

Совершенно неожиданным было открытие вокруг колец Сатурна водородной атмосферы. Четкие линии атомарного водорода просматриваются в спектре колец. Справедливости ради стоит заметить, что некоторые из астрономов предсказывали возможность существования такой атмосферы, но все же для большинства ее открытие выглядело сенсационным.

Подробнее по отдельным вопросам см.: *Величины астрономии, Исследования космические, История астрономии, Планеты (астрономия и астрофизика), Планеты-гиганты, Рея, Титан, Япет.*

Сверхновые звезды

Сверхновыми называются большие и массивные звезды, которые взрываются в конце своего развития. Из остатков сверхновых — газовых облаков — формируются новые кос-

мические объекты, т.н. звезды второго поколения, и иногда планетные системы вокруг таких звезд. В некоторых случаях сохраняется внутреннее ядро взорвавшейся сверхновой, которое продолжает эволюционировать: сильно сжимается, преобразуясь в светило нового типа, например, белого карлика или нейтронную звезду. Предположительно, при сильнейшем сжатии взорвавшейся сверхновой ядро превращается в т.н. «черную дыру».

Причиной чудовищного взрыва, приводящего к мгновенному сбросу и разрушению внешних оболочек, зачастую сопровождающемуся разрушением внутреннего ядра, служит, согласно современным астрофизическим представлениям, нарушение баланса давления в плазме звезды и силы гравитационного сжатия. В большинстве звезд давление ионизированного газа и потока лучистой энергии из недр этих светил уравнивают стремление к сжатию, гравитационному коллапсу под воздействием собственного тяготения.

Однако в результате эволюционирования звезды по мере сгорания запасов ядерного горючего происходит постепенное нарушение баланса. Накопление очередных порций продуктов термоядерного синтеза приводит к тому, что преобразование вещества внутри звезды уже не может развиваться по прежним правилам. Когда в плазме выгорает почти весь водородный запас, начинается пережигание тяжелых продуктов первоначального синтеза.

Гелий преобразуется в углерод, а тот дает железо. Вследствие накопления в звездном веществе больших количеств железа, ядро светила начинает развиваться независимо от оболочки. Ядро сжимается, тогда как оболочка разбухает. При этом ядро сначала разогревается в результате сжатия до чудовищных температур в несколько миллиардов градусов, а потом в результате усиленного излучения охлаждается и сжимается

еще быстрее, отчего вскоре достигает предела сжатия, на котором этот процесс быстро заканчивается. Чем выше скорость сжатия и чем внезапнее остановка этого процесса, тем сильнее ударная волна, которая возникнет в недрах светила в ответ на такие события. Ударная волна сбрасывает со звезды оболочку, разрывает ее на куски и мощнейшим взрывом разметывает клочками в окружающем пространстве.

На Земле в такой момент наблюдается ярчайшая вспышка: сверхновая резко, нередко в несколько миллионов раз увеличивает яркость. Светимость нескольких звезд такого типа, наблюдавшихся учеными, равнялась 1,5 млрд солнечных. Оболочка разлетается со скоростью 5000—20000 км/с, причем ее заряженные частицы генерируют сильнейшее магнитное поле и жесткое радиоизлучение.

Большинство сверхновых расположены далеко от Земли, глубоко в спиральных рукавах Галактики. Известны сверхновые в соседних галактиках. Судя по всему, их вспышки — обычное явление в эволюции звездного вещества. Но наблюдать такие взрывы можно крайне редко. В Млечном Пути очередная сверхновая вспыхивает каждые 200 лет, а в окрестностях Солнечной системы (в радиусе 10 пк) лишь каждые 200 млн лет.

Химический состав нашего дневного светила не дает оснований думать, будто это звезда первого поколения. Скорее всего, Солнце вместе со своей планетной системой родилось из остатков сверхновой звезды. Одновременно ученые полностью уверены, что Солнце никогда не взорвется сверхновой звездой, поскольку оно слишком мало и «уравновешено» для этого.

Подробнее по отдельным вопросам см.: *Астрофизика, Величины астрономии, Звезды, Космология, Космогония, Солнце, «Черная дыра», Эволюция Солнечной системы.*

Селенография

Селенография (от греч. «Селена» – имя богини Луны, «графо» – «пишу») – раздел космической топографии, посвященный способам изучения рельефа лунной поверхности и непосредственно описанию исследованной части рельефа. Разработки селенографии пополняют представления людей об естественном спутнике нашей планеты, о его природе, позволяют присваивать отдельным географическим объектам поверхности собственные названия, имеющие практическое назначение. Благодаря топографии Луны развиваются другие многочисленные дисциплины, целью которых является описание космических объектов и изучение их физической географии.

Подробнее по отдельным вопросам см.: *Астротопонимия, Исследования космические, История астрономии, Космономика, Луна, Селенономия, Спутники естественные, Топография космическая.*

Селенология

Селенология (от греч. «Селена» – имя богини Луны, «логос» – «наука») – старое, но не вполне утвердившееся название науки о физических характеристиках естественного спутника Земли. Наука близка к физической географии Земли и геологии. Поскольку на поверхности сателлита отсутствуют океаны, моря и реки и поскольку у Луны нет воздушной оболочки, то физическая география единственного спутника нашей планеты посвящена преимущественно геологическим и геохимическим изысканиям.

Селенология зародилась в глубоком прошлом. В соответствии с современными представлениями археологов, каменная обсерватория Стоунхендж в Англии, возведенная порядка 4000 лет тому назад, могла использоваться для наблюдения за движением и фазами Луны. В эту же далекую эпоху людей заинтересовал рисунок светлых и темных пятен на поверхности лунного диска. В рисунке видели силуэты доблестных воинов, монстров, мифологических персонажей. Так возникло раннее, мистическое по своему характеру, предположение о существовании на Луне жизни.

В древней Греции возникли астрономические представления о мире, определившие дальнейшие пути развития астрономии. Замечательный философ и ученый античности Аристотель, живший в IV в. до н.э., изучал лунные затмения, чтобы определить истинную форму Земли. Мыслитель правильно понял причину затмений – вхождение сателлита в тень Земли, и правильно указал, что Земля, Луна и прочие небесные тела имеют шарообразную форму. В своей геоцентрической системе мира Аристотель закрепил за Луной звание нашего естественного спутника.

Так впервые научным путем была определена сущность Луны, место этого космического тела в мироздании, его форма и его взаимоотношения с Землей. Александрийский астроном Гиппарх во II столетии до н.э. совершенно правильно определил размеры Луны и расстояние между ней и Землей. Эти данные легли в основу точных научно обоснованных представлений о физической природе Луны и послужили фундаментом для дальнейшего развития селенологии.

Современный облик селенология стала приобретать в XVII столетии, после наблюдений в телескоп итальянского физика Г. Галилея за лунной поверхностью. Галилей сделал несколько зарисовок обнаруженных форм рельефа. К 1645 г. бельгийцем

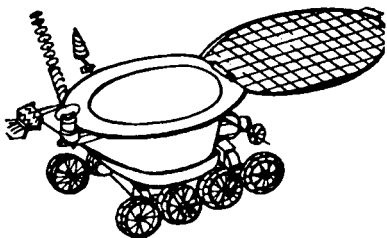


Рис. 77. Внешний вид «Лунохода»

ван Лангреном была составлена первая карта видимой стороны Луны. С этого началась селенография, положившая начало основательному изучению физических условий на спутнике. Долгое время селенология и селенография представляли единое целое, поскольку информации

о втором по яркости светиле небосвода в распоряжении ученых было крайне мало и наука о нем носила описательный характер. Однако уже во времена Галилея возникло предположение о существовании на Луне разнообразных форм живой материи, включая разумную. Доказательство этой гипотезы и поиски жизни на Луне превратились во вполне серьезное увлечение многих селенологов, особенно многочисленных астрономов-любителей. Невозможность существования на этом теле какой-либо жизни была доказана лишь в прошлом, XX столетии. Современную науку больше интересуют физико-химические свойства лунного грунта, причины отсутствия у спутника магнитного поля, глубинное строение недр Луны, лунный вулканизм, особенности образования метеоритных кратеров и многое другое. Возраст пород, добытых с поверхности спутника, приближенно равен предполагаемому возрасту Земли как сформированной планеты.

Таким образом, данные о строении и истории Луны позволяют лучше понять космическую эволюцию Земли. Наибольших успехов селенология достигла в конце 1960-х гг., когда на спутнике впервые оказались автоматические посадочные модули, луноходы и даже космонавты. На сегодняшний день Луна является единственным телом Солнечной системы, посещен-

ным представителями человечества. С этого момента можно говорить об изучении природы Луны ради освоения в ближайшем будущем минеральных ресурсов спутника и создания на нем наблюдательной базы для исследования Земли, околоземного пространства и дальнего космоса.

Подробнее по отдельным вопросам см.: *Астротопонимия, Геология космическая, Земля, Исследования космические, История астрономии, Космонимика, Луна, Околоземное космическое пространство, Селенография, Селенология, Спутники естественные, Топография космическая.*

Селенонимия

Селенонимия (от греч. «Селена» – имя богини Луны, «они-мос» – «имя») – раздел астротопонимии, который посвящен названиям на карте Луны. Селенонимия устанавливает правила наименования различных деталей поверхности естественного спутника Земли, рассматривает правомочность тех или иных названий, возможность замены устаревших названий на новые. Находится в тесной зависимости от лунной топографии, изучающей рельеф сателлита и вычленяющей в нем обособленные и географически значимые объекты. Сами названия на Луне значатся под обобщающим термином селенонимы и являются астронимами (космонимами).

Наука о названиях на Луне возникла в 1645 г. Задолго до этого, во времена доисторического прошлого человечества наиболее масштабные элементы лунной поверхности были заметны человеку в виде темных пятен на светлом фоне. Древние создавали многочисленные легенды о том, что они видят

в этих пятнах. Родились мифы о небесных красавицах, богатырях, чудовищах, зайцах и т.п. Фантазия только возбудила интерес к ярчайшему ночному светилу. Еще Леонардо да Винчи изучал Луну и использовал водные топонимы для описания светлых пятен ее диска. В начале XVII века создатель первого в мире телескопа Г. Галилей поспешил обратить свой взгляд на Луну и составил пять зарисовок рельефа поверхности спутника.

С этого началось направленное исследование облика спутника. К середине того же столетия карта видимой стороны Луны оказалась достаточно подробной, чтобы на нее можно было нанести географические названия – селенонимы. Число их оказалось велико, примерно 300. Все они были созданы в 1645 г. астрономом испанского короля Филиппа IV Лангреном, бельгийцем по происхождению.

Астроном присвоил обнаруженным им кратерам, впадинам и возвышенностям имена членов королевской семьи, приближенных короля, библейских пророков, христианских святых. Кроме того, ученый применял такие термины, как «море» в отношении некоторых обширных впадин. Из этих селенонимов, в большинстве своем неудачных, сохранились лишь три, присвоенные кратерам, – Катарина, Кирилл и Теофил.

Спустя два года после работы Лангрена поляк Я. Гевелий создает свою карту Луны. Описание поверхности спутника астроном издает в труде «Селенография», в котором перечисляет до 250 наименований объектов лунного рельефа.

В основу своего метода создания новых селенонимов Гевелий положил простой принцип. Ученый переносил к элементам лунной поверхности относительно подходящие земные географические названия. Этот метод используется в настоящее время для составления карты Марса, но в отношении Луны он не утвердился. Из всех селенонимов, придуманных польским аст-

рономом, сохранились лишь пять, которые относятся к лунным горным выступам и грядам, включая известные Апеннины и Альпы.

Гевелий, подобно да Винчи и Лангрону, использовал водные названия для создания селенонимов. Этот астроном считал обширные темные пятна на Луне крупными водоемами, близкими по строению к земным морям и океанам.

Эта идея Гевелия также нашла широкое применение в современной селенонимии. Наиболее крупные впадины на современной карте Луны называются океанами и морями, кроме того допущены к употреблению названия залив, озеро, болото. В действительности на Луне нет совершенно никаких водоемов, поэтому все эти названия разрешены и обработаны современными астрономами только в соответствии с психологическими ассоциациями.

Так, сохранилось почти 200 названий из селенографии итальянского астронома Ф. Гримальди, который в 1651 г. поместил свою карту Луны в сборнике «Новый Альмагест» Дж. Риччоли. Карта содержала порядка 300 наименований, из которых 2/3 применяется и поныне. Гримальди впервые отметил много морей и присвоил им красивые имена.

Международный астрономический союз в наши дни счел некоторые селенонимы итальянского ученого удачными и соответствующими психологическим состояниям человека. Ассоциации и в самом деле оказались верными, а названия красочными. Среди больших впадин, например, Гримальди различал Моря Кризиса, Нектара, Спокойствия, Ясности, Дождей и т.д.

Ныне подобные старые живописные названия лунных объектов относят к категории символических. Ученые более не применяют сходных приемов при создании новых селенонимов. Одновременно с названиями морей и океанов Гевелием, Гримальди и их коллегами-современниками были разработаны се-

ленонимы для обозначения иных деталей рельефа. Из этих астрономов мало что сохранилось, но некоторые определения выполняют сейчас роль селенографических терминов. Так, терминами для описания поверхности нашего спутника являются слова борозда, гора, долина, кратер, трещина, цирк. Цирками (в буквальном переводе с латинского – кругами) назывались первоначально лунные кратеры. Первоначальное название используется и по сей день, т.к. термин кратер (греч. чаша) не вполне верен. На Земле большинство кратеров имеют вулканическое происхождение, а на Луне, напротив, метеоритное. В отношении рельефа других тел Солнечной системы термин цирк не используется, уступая место кратеру. Гримальди ввел традицию для обозначения лунных кратеров, и это было еще одной удачной идеей астронома. Он стал называть кратеры в честь выдающихся ученых и мыслителей.

В 1791 г. астроном-любитель И. Шретер издал свою карту Луны с 70 новыми наименованиями. Впервые в селенонимах Шретера употребилась строгая научная система. Ее развили и дополнили Медлер и Бер в 1837 г. Предложенная ими схема позволяет описать массу объектов, прибегая к немногим изначальным названиям. К устоявшимся названиям кратеров добавляются определенные буквы или цифры для обозначения близлежащих безымянных объектов. Так можно пометить мелкий кратер, долину, понижение, холм, гору, трещину.

Предложенная Медлером и Бером система получила название классической. Со временем она тоже претерпела некоторые изменения, однако, осталась в целом прежней. Названия, предложенные Шретером и Медлером, также прижились на современной карте. Сегодня применяется модифицированный вариант этой схемы, разработанный Д. Артуром. Для обратной стороны Луны подходит специальная система В. Никонова (1972 г.), дополненная в 1976 г. З. Фрайером. Новые

названия утверждаются Международным астрономическим союзом (МАС), равно как и любые другие астрономы. На современной карте Луны можно встретить имена великих ученых и исследователей Земли и космоса. Из 672 селенонимов, окончательно утвержденных МАС для внешней стороны Луны, 607 являются именами корифеев науки и философии. Список непрерывно пополняется новоутвержденными селенонимами, которые рассматриваются на ассамблеях МАС почти ежегодно. Много работы селенографам задает обратная сторона светила. Платон, Плиний, Птолемей, Коперник, Тихо, Паллас, Гаусс, Струве, Герц, Максвелл, Менделеев, Попов, Курчатов, Лобачевский, Эдисон уже есть на карте нашего спутника. Есть и великие путешественники, подвиг которых повторят в обозримом будущем покорители Луны: Пири, Скотт, Нансен, Колумб, Магеллан, Марко Поло.

Античные традиции в поименовании космических объектов сегодня почти совсем угасли. На Луне можно насчитать не более 10 астрономов, связанных с греко-римскими мифами. Однако за последние 50 лет появилось множество названий, увековечивших память великих мыслителей и ученых древности. Среди лунных космонимов встречаются имена женщин-ученых. В первую очередь это экваториальный кратер Ипатия, названный в честь выдающейся женщины-математика древнеримского Египта, трагически погибшей от рук религиозных фанатиков в 415 г. н.э. Ученики сравнивали Ипатию с созвездием Девы, поскольку талантливая женщина параллельно с математикой развивала астрономию. Предположительно, именно Ипатия изобрела ареометр и астролябию. Луна стала заслуженным памятником сотням гениальных умов.

Подробнее по отдельным вопросам см.: *Астротопонимия, Исследования космические, История астрономии, Луна, Космонимика, Селенография, Селенология, Спутники естественные, Топография космическая.*

Система Солнечная

См. статью *Солнечная система*.

Системы мира

Мифология

Мифология и религия древних народов формировали человеческое мировоззрение и, как следствие, создавали определенную систему мира, которая объясняла бы все природные процессы в доступной обзору части Вселенной и увязывала их с порядком вещей и событий в жизни общества. Эти воззрения были физически неточны и антропоцентричны. Человек и среда его существования – земная твердь – объявлялись центром и основой мироздания, единственным реальным миром.

Самая ранняя система мира, созданная древними народами Ближнего Востока, Египта и Месопотамии получила широкое распространение и на протяжении тысячелетий считалась универсальной. К этой системе мира возвращались в период Средневековья.

Особенно детально эта система развита у древних евреев, ее главных последователей на Востоке. Земля в такой системе, представляет собой плоский диск, накрытый сверху хрустальным куполом небосвода, в который вбиты звезды-гвозди. Подземный мир населен чертями.

По мере накопления астрономических знаний египтяне и халдеи (вавилоняне) начали догадываться о ложности созданной ими системы мироздания, а потому постепенно отказывались от нее.

Полный отказ от архаичной мифологической системы впервые произошел в Древней Греции. Греческие философы многое переняли у восточных мудрецов, включая богатейшие астрономические знания. Уже Пифагор и многие его современники утверждали на основании египетских и халдейских догадок, что Земля вращается вокруг Солнца, которое является центром Вселенной. Однако подобные идеи преследовались по религиозным соображениям. В духе религиозно-философских традиций того времени создавались новые системы мира. Они учитывали хорошо известные и признанные астрономические факты, но по-прежнему оставались антропоцентрическими и физически неверными.

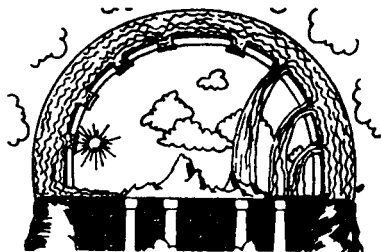


Рис. 78. Вселенная древних народов Ближнего Востока

Геоцентрическая система мира

Великий философ Греции Аристотель создал систему мира, названную впоследствии геоцентрической, от слова «гео» — Земля. Согласно Аристотелю, шарообразная Земля является центром мироздания. Вокруг нее по круговым орбитам в высоких небесных сферах обращаются шарообразные планеты, Солнце и Луна. Круг и сфера были, т.о. наделены мистическим значением и способностью управлять миром. Идеальные геометрические фигуры, они обеспечивали порядок и гармонию в природе. Вселенная Аристотеля включала в себя семь основных сфер по числу семи подвижных небесных светил — Солнца, Луны, Меркурия, Венеры, Марса, Юпитера и Сатурна. Неподвижные звезды образовывали высшую, погранич-

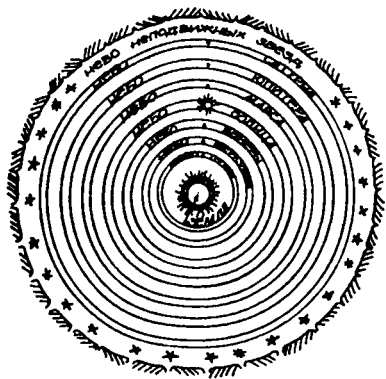


Рис. 79. Строеие мира по Аристотелю

ную сферу Вселенной. Внутри нее находился остальной мир, включая Землю. Эта схема оказалась достаточно удачной, чтобы доказать существование некой мистической «всемирной симпатии» (гармонии), управляющей мирозданием и жизнью людей. Схема согласовывалась с утверждением Библии, что Солнце вращается вокруг Земли. Система Аристотеля поддерживалась христианской церковью вплоть до 1822 г.

для демонстрации божественной власти. Эта система единственной применялась астрономами Средневековья. Однако она не объясняла некоторых странностей видимого движения светил. Клавдий Птолемей во II столетии н.э. приспособил схему Аристотеля к нуждам астрономии, разработав теорию так называемых эпициклов. Благодаря этой теории были исправлены погрешности и путаница в описании видимого пути планет, Солнца и Луны. Птолемеяевская система и сегодня может применяться для относительно точного вычисления орбит искусственных спутников и межпланетных станций. Однако в ней Земля по прежнему является центром мироздания.

Поэтому с появлением новых астрономических сведений, особенно после создания Г. Галилеем телескопа, факты пришли в противоречие с теорией. Потребовалось изменить систему мироздания, создать нечто более правдоподобное. Такую попытку предпринял великий датский астроном XVI – XVII веков Тихо Браге. Замечательный наблюдатель, он добыл немало

ценных сведений о видимом движении небесных тел, сделал много открытий и мечтал доказать на основании собранного материала правоту своей системы мира. Эта схема тоже была неверна. Отталкиваясь от учения Николая Кузанского и Коперника, Браге предположил, что планеты вращаются вокруг Солнца, которое обращается вместе с ними вокруг Земли. Система Тихо Браге не прижилась в астрономии и не оказала никакого влияния на ее дальнейшее развитие, хотя именно фактический материал, собранный великим астрономом, позволил в дальнейшем И. Кеплеру открыть три закона действительного движения планет вокруг Солнца.

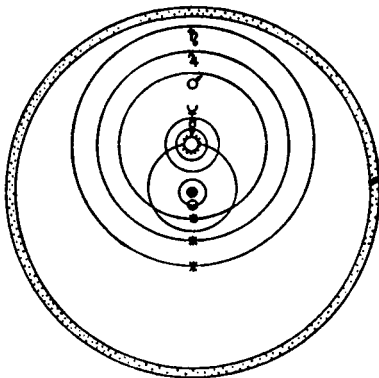


Рис. 80. Система Тихо Браге

Гелиоцентрическая система мира Коперника

Основными доводами античных и средневековых сторонников геоцентрической системы мира в пользу своей теории было их понимание действия инерции, сил тяготения и относительности движения. Предполагалось в частности, что если бы Земля двигалась, то теряла бы не закрепленные на ней предметы. Земля является самым большим, самым массивным телом, а потому покоится в центре мира. Относительно Земли всякое тяжелое тело стремится оставаться неподвижным. Любое движение порождается воздействием извне и оно совершается относительно Земли, которая неподвижна и абсолютна. Благодаря этому возможно различать относительное и абсолютное дви-

жение в природе. Все эти ошибочные установки было необходимо опровергнуть, чтобы установить истинное движение светил.

Впервые такую задачу выполнил польский астроном Николай Коперник (1473–1543 гг.), который в 1515 г. разработал учение о т.н. гелиоцентрической системе мира, от греческого «гелиос» – «Солнце». Коперник скрывал свою научную работу почти до самой смерти и опубликовал ее лишь в 1543 г. В этой работе ученый критически рассмотрел принцип относительности Аристотеля и опроверг представления Птолемея.

Коперник предложил свою схему системы мироздания. В центре Вселенной расположено Солнце, вокруг которого обращаются по идеальным круговым орбитам шесть планет: пять видимых на небосводе – Меркурий, Венера, Марс, Юпитер, Сатурн; шестая – Земля, расположенная между Венерой и Марсом. Это была первая сравнительно верная схема Солнечной системы. Коперник ошибочно полагал, будто это и есть весь мир, ограниченный сферой неподвижных звезд.

Взгляды Коперника были исправлены Дж. Бруно, Г. Галилеем и И. Кеплером. Первый предположил бесконечность Вселенной и подобие звезд Солнцу. Галилей своими наблюдениями в телескоп доказал, что планеты внешне подобны Земле и тоже обладают спутниками, а также открыл некоторые общие законы движения. Кеплер понял, что космические объекты движутся по эллиптическим орбитам и вывел три закона этого движения. Но главная догадка Коперника – обращение Земли вокруг Солнца – осталась неизменной в обновленной схеме.

Современная система мира

Современная система мира рассматривает Землю как обыкновенную, рядовую планету, обращающуюся наравне с еще семью планетами вокруг рядовой звезды скромных размеров и

слабой светимости. Эта звезда находится внутри гигантской звездной системы, называемой Галактикой.

В систему входят около 100 миллиардов звезд, из которых астрономами достоверно обнаружено и сколько-нибудь изучено только 2 миллиарда. Галактика не является уникальной, существуют подобные ей и даже превосходящие ее по размерам системы звезд.

Самой большой галактикой считается квазар (система с сильным радиоизлучением) под номером 3С.345, достигающий в поперечнике 78 млн св. лет. Удаленный от Земли на 5 млрд св. лет, этот великан занимает на нашем небе, по измерениям радиотелескопов, участок в 1 градус, что вдвое больше полной Луны. Всего во Вселенной, вероятно, имеется 100 млрд таких звездных систем, а общее число планет, тождественных во всех отношениях Земле, достигает 10 млрд.

Российский физик А. Фридман, анализируя уравнения Эйнштейна, предположил, что Вселенная должна либо расширяться, либо сжиматься. Американский астрофизик Э. Хаббл открыл в 1929 г. красное смещение в спектрах звездных систем, чем доказал, что Вселенная расширяется и эти системы равномерно разбегаются друг от друга. Сегодня принято считать, что Вселенная представляет собой единое четырехмерное пространство-время в виде геликоида, искривляемое гравитацией, и равномерно расширяется.

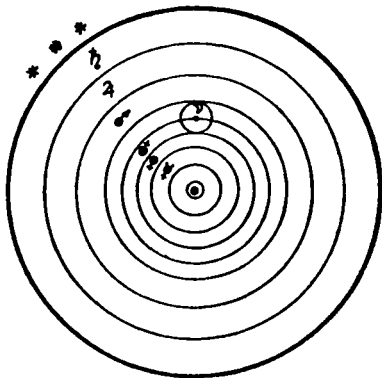


Рис. 81. Система мира по Копернику

Впрочем некоторая доля антропоцентризма все же сохранилась в науке и до наших дней. Согласно т.н. антропному принципу, разделяемому далеко не всеми учеными, свойства этого мира таковы, чтобы в нем мог существовать познающий мир человек.

Из этого принципа следует, кроме прочего, что наша Вселенная с комплексом избранных качеств возникла случайно, в результате отбора из бесконечного множества других Вселенных, существующих независимо от нее.

Подробнее по отдельным вопросам см.: *Астрономия, Законы движения космических тел, История астрономии, Космогония, Космонавтика, Орбита, Планеты (астрономия и астрофизика), Планеты-гиганты, Солнечная система, Эпициклы.*

Скорости космические

Космическими скоростями называются такие скорости летательного аппарата у земной поверхности, достигнув которых он может покинуть Землю. Возникновение и развитие космонавтики, а также осуществление программ космических исследований немислимо без технического достижения данных скоростей.

Согласно открытому И. Ньютоном закону всемирного тяготения сила притяжения убывает пропорционально квадрату расстояния между телами, поэтому любое тело в гравитационном поле будет двигаться по эллипсу, который станет его орбитой. Расчет требуемой космической скорости должен учитывать эти условия. В зависимости от сообщенного телу ускоре-

ния, оно приобретает определенную орбиту. Запуск же летательного аппарата на орбиту выбранной формы позволяет направить его в нужную точку пространства.

Космические скорости неодинаковы для разных планет Солнечной системы, поскольку разные по массе и скорости вращения планеты обладают различной силой притяжения. На земной поверхности космическим аппаратам можно придать космические скорости, они называются первая, вторая и третья и имеют определенное числовое значение.

Первая космическая скорость сообщается летательному аппарату для вывода его на земную орбиту. Аппарат покидает Землю, но остается в пределах земного притяжения и становится искусственным спутником нашей планеты. Эта скорость составляет около 7,91 км/с, она была достигнута в 1957 г., когда в нашей стране был запущен первый искусственный спутник Земли. Если скорость корабля приближенно равна 7,91 км/с и он движется параллельно земной поверхности, то орбитой спутника станет окружность. При увеличении скорости орбита приобретет вид эллипса.

При скорости до 11,1 км/с эллиптическая орбита космического корабля вытягивается за орбиту Луны, но аппарат остается спутником Земли. Если же скорость ракеты у поверхности Земли достигла 11,19 (примерно 11,2) км/с, то она будет двигаться по параболе, перестанет быть спутником Земли и покинув поле земного притяжения, станет искусственной планетой, спутником Солнца.

Такая скорость носит название второй космической. Эта скорость необходима для запуска автоматических лунных станций и АМС. Она впервые была достигнута в 1959 г. при запуске нашей ракеты на Луну. Когда скорость ракеты у земной поверхности превышает 11,2 км/с, то летательный аппарат начинает двигаться по гиперболе. Он легко покидает пределы

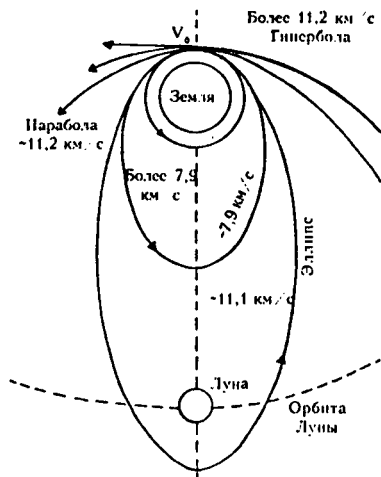


Рис. 82. Космические скорости

земного притяжения. При этом возможно использование гравитации других планет для внесения изменений в маршрут аппарата: планеты будут отклонять космический корабль, направляя его в расчетную точку, но он не станет их спутником. Или же такой корабль снизит скорость и перейдет на орбиту изучаемой планеты.

При скорости от 16,67 км/с у земной поверхности ракета сможет преодолеть силу притяжения Солнца и будет свободно двигаться в Солнечной системе, пока бес-

препятственно не покинет ее. На такой скорости любое тело уходит в Галактику. Эта скорость еще недостигнута техникой человека. Американские межпланетные летательные аппараты «Пионеры» и «Вояджеры», обследовавшие космическое пространство вблизи планет-гигантов, в настоящий момент – с 1988 по 2005 гг. – покидают Солнечную систему. Это возможно за счет ускорения, приобретенного у планет, и за счет использования малых реактивных двигателей, поддерживающих длительное движение по гиперболе. Выраженные в км/ч., космические скорости составят: первая – 28 440, вторая – 40 284, третья – 60 012.

Подробнее по отдельным вопросам см.: *Астрономия, Величины астрономии, Законы движения космических тел, Космонавтика, Околосреднее космическое пространство, Орбита.*

Созвездия

Созвездиями называются видимые на небе невооруженным глазом звездные ассоциации, фигурные объединения светил, которые своим происхождением не обязаны силам гравитации, но только яркости входящих в них объектов. Если бы все звезды Галактики были видимы людям и казались бы при том одинаково яркими, то никаких созвездий мы бы не различали. Но человеком воспринимается свет лишь наиболее ярких среди относительно близких к Земле звезд.

На поверхности небесной сферы, которую образует изогнутый купол небосвода, проекции лучей от всех этих звезд кажутся лежащими на одном расстоянии от земного наблюдателя. Поэтому зрительно учитываются только угловые расстояния между светилами на поверхности небесной сферы, но не реальные космические дистанции. Наиболее «близкие» звезды, как кажется наблюдателю, с древнейших времен объединялись звездочетами, жрецами и философами в созвездия.

Эти фигурные ассоциации напоминали, если мысленно соединить составляющие их звезды в известной последовательности прямыми линиями, образы животных или мифических, сказочных персонажей.

В честь своего образа каждое созвездие получало название. Эта система названий позволяла древнему человеку запоминать положение той или иной группы светил на небе, ее особенности, иногда связанные с ней важные религиозные положения или исторические события.

Созвездия служили памятью и источником мудрости народов, а позднее стали выполнять функцию календаря и часов. На Руси, к примеру, по постепенному приближению Утренних Кичиг (Пояса Ориона) к линии горизонта узнавали о приближении утра еще до наступления зори. У разных народов в

прошлом существовала своя система наименований для созвездий. В настоящее время в науке приняты переработанные названия из античной мифологии, всего немного более 80 созвездий.

Именно так выглядят современные звездные карты. Их назначение почти не изменилось со времени Великих географических открытий. Созвездия служили в средние века надежными ориентирами для мореплавателей, затем использовались для привязывания сетки координат к земной поверхности.

Сегодня географические координаты устанавливаются по искусственным спутникам, на этом же основана вся морская навигация. Но созвездия с равным успехом используются для навигации самих спутников, комических кораблей, автоматических станций и для наведения телескопов.

Наиболее важными для человека исторически оказались среди всех созвездий зодиакальные. Само слово Зодиак в переводе с греческого означает «звериный круг». В двенадцати созвездиях «звериного круга» в течение месяца в каждом пребывает Солнце, т.е. в результате движения Земли по орбите люди видят проекцию Солнца на область какого-либо зодиакального созвездия на небесной сфере.

По прошествии года Солнце проходит через все созвездия Зодиака, и круг повторяется. Отсюда древние получили представление о «круглом годе», который делится на 12 месяцев. Зодиак помог создать основу солнечного календаря. Более точное значение продолжительности месяца указано в лунном календаре, которым в дальнейшем подправили солнечный. При этом также учитывалось движение Луны в Зодиаке.

Подробнее по отдельным вопросам см. статьи: *Астрономия, Галактика, Звезды, Исследования космические, История астрономии, Луна, Телескопы, Солнце.*

Солнечная система

Солнечная система – название планетной системы, в которую входит планета Земля. Существование этой системы предполагалось древними и средневековыми астрономами, но для них она представляла собой основную часть Вселенной, ограниченную сферой неподвижных звезд. Подлинно научное открытие Солнечной системы имело место в XV веке, когда богослов Николай Кузанский предположил бесконечность мирового пространства и обращение Земли вокруг Солнца. В дальнейшем Дж. Бруно высказался более категорично, приравняв Солнце к звездам и утверждая существование иных планетных систем. Заключительным этапом в развитии представлений о строении Солнечной системы стало открытие И. Кеплером законов движения планет и открытия И. Ньютоном закона всемирного тяготения. Кеплер впервые достаточно точно описал вид нашей планетной системы, а Ньютон доказал бесконечность Вселенной, опровергнув существование сферы неподвижных звезд (в замкнутом пространстве все вещество бы под действием гравитации сжалось в точку). В XIX столетии русский астроном В. Я. Струве обнаружил способ измерить расстояние до звезд. В дальнейшем благодаря трудам Струве и В. Гершеля была открыта звездная система – Галактика.

Так сформировались основные взгляды на природу Солнечной системы. На сегодняшний день известно, что Солнце является небольшой, относительно тусклой, слабо пульсирующей звездой, состоящей из сильно горячей плазмы (ионизированного газа), в котором протекают термоядерные реакции, дающие тепло, свет и прочие излучения. Масса Солнца составляет 99,87% от массы всей планетной системы. Поэтому внутри звезды находится центр масс, вокруг которого обра-

щается собранное во всевозможные образования вещество. Это большие и малые планеты, спутники больших планет (и, вероятно, некоторых малых), метеорные тела, межпланетная пыль, кометы. Большие планеты обладают значительной массой и имеют форму эллипсоида вращения, близкую к сфере. Форма малых планет (астероидов) неправильная. Насчитывается 9 больших планет, предполагается наличие десятой. Число астероидов достигает по предварительным оценкам 150 000, из которых описаны приблизительно 5 000. Также астрономы описали 600 комет. Планеты обращаются вокруг Солнца на неодинаковых расстояниях. Перечисленные в порядке удаления от звезды, эти тела составят следующую группу: Меркурий, Венера, Земля, Марс, Юпитер, Сатурн, Уран, Нептун, Плутон.

Все большие планеты, кроме Меркурия и Венеры обладают естественными спутниками: это 32 крупных тела, подобных по строению и природе большим планетам или астероидам, и мелкие астероидные осколки. Между Марсом и Юпитером расположен т.н. пояс астероидов, в котором движется основная масса малых планет. Большие планеты разбиты, в свою очередь, на две группы: планеты земной группы и планеты-гиганты. Плутон не причисляется ни к одной из этих групп, нося статус внешней планеты (т.е. находящейся за поясом астероидов). Свойства планет из разных групп различны.

Все эти тела обращаются вокруг Солнца по почти неизменному пути с траекторией в виде близкого к окружности эллипса – орбите. Орбиты всех планет мало наклонены к плоскости земной орбиты и образуют каждая угол в 7 градусов с плоскостью солнечного экватора. Исключение представляет орбита Плутона, наклоненная к земной на 17 градусов. Если представить себе теперь все большие планеты от Меркурия до Плутона расположенными в один ряд, получается, что их можно было бы заключить в некую сигару с утолщением в районе планет-

гигантов. От Солнца к периферии планетной системы размеры планет сначала растут, а потом снова уменьшаются, сходя почти на нет в районе Плутона.

Все планеты обращаются на орбите с запада к востоку, в эту же сторону направлено вращение Солнца вокруг собственной оси. Планеты в своем движении по орбите также вращаются вокруг своей оси, и у шести тел направление вращения совпадает с направлением вращения Солнца и с ходом движения по орбите. У Венеры, Урана и Плутона вращение обратное.

В зависимости от длины орбиты и от скорости движения по ней (орбитальной скорости) время обращения, иначе период обращения для разных планет различен. Для Плутона, например, он составляет около 250 земных лет. Орбита не имеет вид идеальной окружности. За счет того, что это эллипс, каждая планета движется по орбите с разной скоростью и на неодинаковом удалении от Солнца. Существует максимальное удаление планеты, апогей (афелий), и минимальное, перигей (перигелий). В астрономии удобно использовать среднее расстояние между планетой и Солнцем. Выраженное в миллионах км, оно составляет для Меркурия – 57,9, для Венеры – 108,2, для Земли – 149,6, для Марса – 227,9, для Юпитера – 778,3, для Сатурна – 1427, для Урана – 2869, для Нептуна – 4498, для Плутона – 5900.

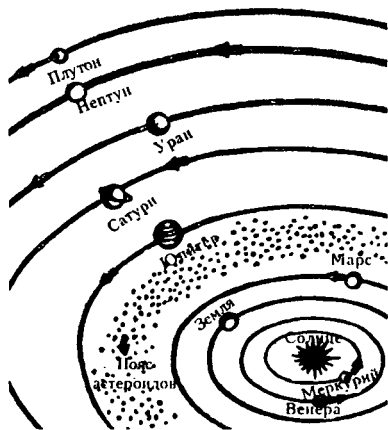


Рис. 83. Строение Солнечной системы

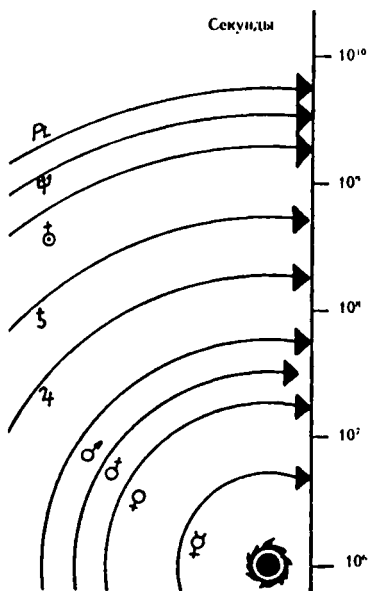


Рис. 84. Периоды обращения планет вокруг Солнца

Общий размер Солнечной системы составляет по скромным подсчетам 60 000 а.е., или 8976 млрд км. Однако оси орбит некоторых долгопериодических комет достигают в длину 200 тыс. а.е., что составляет 3,16 св. г. (при этом расстояние между Солнцем и ближайшей к нам звездой Проксимой равняется 4,2 св. г.). Таких комет на периферии системы насчитывается около 300. Т.е. границы Солнечной системы вместе с периферийными телами составляют от 150 до 200 тыс. а.е. Если изготовить масштабную модель Солнечной системы, выбрав для имитации Солнца мячик для настольного тенниса, то Землю бу-

дет изображать шарик величиной в 0,3 мм, находящийся на расстоянии 160 см от мячика-Солнца. Плутон окажется на расстоянии 63 м от мячика, и размеры его составят 0,03 мм. Что до периферии Солнечной системы, то эти области будут удалены от модели Солнца на 240 км.

Солнечная система, подобно каждой отдельно взятой планете, имеет своеобразный космический адрес – место расположения во Вселенной. Согласно современным астрономическим представлениям, звезды и их планетные системы не просто хаотически движутся в мировом пространстве, но объединяются в

некоторые сложные структуры. Уже в начале прошлого, XX века астрономами была открыта Галактика, или наша Галактика, как ее еще называют. Это та космическая структура, в которую объединены силами гравитации все видимые невооруженным глазом звезды земного неба и Млечный Путь.

Последний представляет собой основную часть Галактики, состоящую из огромного числа звезд, различимых только в телескопы. От названия Млечного Пути и произошло название включающей его структуры: «гала» по-гречески означает «молочный». Внутри этой звездной системы вещество распределено по спиральям, которые закручиваются вокруг массивного центра, т.н. галактического ядра. Спирали называются рукавами звездной системы.

В этих рукавах вокруг галактического ядра двигаются главные составные элементы Галактики – звезды. Можно сказать, что Галактика являет собой «звездный остров». Среднее расстояние между двумя любыми ближайшими звездами составляет порядка 4 с небольшим световых лет, или, точнее, 275 000 а.е. Солнце находится ближе к краю Галактики. Однако точные размеры нашей звездной системы пока неизвестны достаточно точно. Ученые постоянно открывают новые звезды, входящие в Галактику, и вычисляют расстояние до них, а также их скорость. Это позволяет установить размеры и массу всего «острова».

Но нередко открытия бывают неожиданными и приносят больше вопросов, чем дают ответов. По классической схеме, диаметр Галактики насчитывает свыше 30 000 парсек, т.е. около 100 000 св. лет. Открытие некой космической свалки на окраине Галактики, где находятся далекие затухающие звезды, увеличивает размер «острова» свыше 160 000 св. лет. Одновременно данные радиоастрономического изучения молодых звезд у центра системы сокращают ее размеры до 21 парсека в

диаметре. Очевидно, что точная масса Галактики пока не вычислена. В упомянутой классической схеме расстояние Солнца от галактического ядра составляет порядка 33 000 св. лет, а от края – 17 000.

Однако наша звезда находится не в спиральном рукаве, но по соседству с ним в особом поясе Галактики – в коротационной окружности, где скорость обращения звезд равна скорости волн уплотнения вещества. Все звезды обращаются вокруг галактического ядра, как это было впервые доказано голландским астрономом Я. Оортом. Период полного оборота Солнца вокруг центра Галактики занимает по времени примерно 180–200 млн лет.

Наша Галактика не является единственной звездной системой во Вселенной. Знаменитая туманность Андромеды находится относительно недалеко от нас, на расстоянии 670 кпк, иначе 2,18 млн св. лет. Это тоже спиральная галактика, подобная нашей. Линейные размеры туманности Андромеды составляют 40 кпк, она почти в полтора раза превосходит нашу Галактику (менее 30 кпк). Ближайшими к нам звездными системами являются Большое и Малое Магеллановы Облака, удаленные на расстояние соответственно порядка 52 и 60 кпк (170 и 200 тысяч св. лет). По форме эти галактики относятся к числу неправильных; они считаются спутниками нашей Галактики, равно как еще 8 подобных им карликов. Всего вблизи нашего «звездного острова» обнаружено около 35 «островов», включая спутники и обычные системы. Они все размещаются очень кучно. Среднее расстояние между ними составляет 20 их диаметров, тогда как для звезд эта же величина – отношение дистанции к диаметру – достигает 27,5 млн. Все эти 35 галактик образуют очередную космическую структуру, именуемую Местной группой. Местная группа, в которой находится планета Земля, представляет собой скопление галактик, движи-

мых силами гравитации вокруг общего центра масс. Таких структур необычайно много во Вселенной. Ученым известно около 4000 скоплений, каждое из которых достигает в диаметре 8 Мпк и насчитывает от нескольких сотен до нескольких тысяч звездных систем.

В созвездии Волосы Вероники можно наблюдать исполинское скопление 40 000 галактик, которое многократно превосходит Местную группу. Неразличимое невооруженным глазом, оно, тем не менее, занимает на небосводе участок в 12 градусов. Это в 10 раз превышает видимые размеры лунного диска. Таким образом, Местная группа не занимает приоритетного положения во Вселенной. Ближайшее скопление расположено в 12 Мпк от Местной группы, в созвездии Девы. Оно выделяется своими гигантскими звездными системами. Предположительно, оно является собой центральную часть новой космической структуры — сверхскопления галактик.

Сверхскопление включает в себя несколько скоплений, в том числе и Местную группу. Все эти скопления сгустились и вращаются вокруг упомянутого скопления, видимого астрономами в Деве. Диаметр сверхскопления равняется по приблизительным оценкам 40 Мпк. Оно насчитывает несколько десятков скоплений. Однако астрономические наблюдения выявили существование по меньшей мере 50 аналогичных сверхскоплений, сходных нашему по размерам и числу скоплений. Сверх-

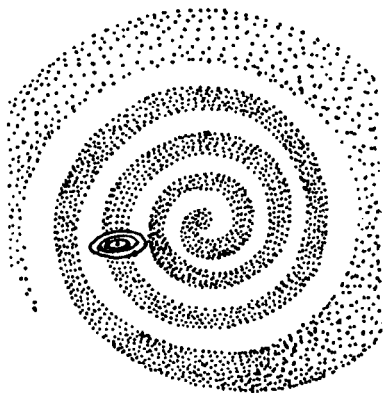


Рис. 85. Положение Солнечной системы в Галактике

скопления расположены необычно. Слагающие их галактики словно лежат вдоль границ гигантских пустот – ячеек.

Самая же большая структура во Вселенной занимает всю ее видимую земному наблюдателю часть. Эта структура называется Метагалактикой. Она включает в себя скученные сверхскопления галактик и пустоты-ячейки между ними, поэтому в астрономии принято говорить о ячеистом строении Метагалактики. Ячейки, сложенные объединениями звездных систем, представляют собой единственное образование внутри исполинской структуры Метагалактики, хотя допускаются и иные. Размеры Метагалактики огромны: наиболее удаленные от нас объекты этой структуры – радиогалактики (квazarы) – находятся на расстоянии от 10 до 12 млрд св. лет.

Подробнее по отдельным вопросам см.: *Астероиды, Величины астрономии, Вулканизм, Жизнь, Законы движения космических тел, Исследования космические, История астрономии, Кометы, Космогония, Космонавтика, Метеориты, Облако Оорта, Орбита, Планеты, Планеты-гиганты, Система мира, Солнце, Спутники естественные, Трансплутон, Эволюция Солнечной системы, Экология Солнечной системы.*

Солнце

Солнце – центральное тело нашей планетной системы. Желтая звезда средней величины и яркости, расположенная в общем фокусе всех планетных орбит. Размеры и масса Солнца огромны, – на его долю приходится около 99,86% массы всей Солнечной системы, – поэтому его притяжение является главной силой, управляющей движением тел системы. Солнце явля-

ется колоссальным источником энергии, но на Землю попадает небольшая ее часть – всего около $1/2\ 000\ 000\ 000$ доли. По своей же роли во Вселенной Солнце – рядовая звезда, такая же, как бесчисленное множество других. Известны звезды, значительно более крупные и яркие, чем Солнце: например, Ригель и Бетельгейзе созвездия Ориона и др.

Вращение Солнца

В центре Солнечной системы Солнце не «висит» неподвижно, но вращается вокруг своей оси; это можно обнаружить путем спектральных наблюдений. Согласно принципу Доплера, при приближении источника света к наблюдателю все линии спектра смещаются к его фиолетовой части, а при удалении источника света от наблюдателя линии спектра смещаются к красной части. Смещение спектральных линий, вызываемое движением светила по лучу зрения, обычно крайне незначительно; тем не менее, это смещение можно измерить по фотографии спектра излучения светила, и затем вычислить его лучевую скорость. Наблюдения за равномерным периодическим перемещением пятен по солнечному диску в сочетании с измерениями доплеровских смещений спектральных линий края солнечного диска убедительно доказали, что Солнце вращается. Вращение его происходит в том же направлении, что и вращение Земли – с запада на восток. Ось вращения Солнца образует с плоскостью эклиптики угол около 83 градусов.

Время одного полного оборота экваториального пояса Солнца составляет 25 земных суток. Но, т.к. Земля движется по своей орбите также в восточном направлении, за время одного сидерического (истинного) оборота Солнца она уйдет вперед, и Солнце должно будет повернуться еще на некоторый угол, чтобы к Земле был обращен прежний его участок. Поэтому синодическое – наблюдаемое с Земли – вращение Солнца не-

сколько продолжительнее сидерического и составляет около 27 суток. Различные точки солнечной поверхности совершают полный оборот вокруг оси за разное время. Быстрее обращаются экваториальные точки, делающие полный оборот за 25 суток. Чем дальше от экватора, тем больше время обращения. Под широтой 40 градусов оно составляет 27,2 суток, под 60-й широтой достигает 30 суток, а под широтой 80 градусов – уже около 34 суток. Тело, вращающееся таким образом, не может быть твердым; однако, высокая температура объекта не позволяет считать его жидким. Согласно расчетам физиков и спектральным данным, Солнце – шар раскаленной плазмы.

Строение Солнца

Резкой границы между плазменным солнечным шаром и окружающим его пространством не существует, т.к. плотность газовых слоев, лежащих над видимым солнечным диском падает постепенно, подобно тому, как падает плотность земной атмосферы. На разных расстояниях от центра солнечного шара физические свойства вещества (температура, давление, плотность, скорость движения частиц и т. д.) неодинаковы. Верхние слои светила можно разделить на фотосферу, хромосферу и корону. Однако такое деление на концентрические оболочки является условным, т.к. они находятся в непрерывном движении, при котором происходит перемешивание газов всех слоев.

Значительная прозрачность газов верхних оболочек солнечного шара позволяет изучать явления не только короны, но и фотосферы, т. е. видимой поверхности собственно Солнца.

Фотосфера

Фотосферой, «светящейся сферой», называется наружный слой раскаленного газового шара – ослепительно яркая оболочка, наблюдаемая нами как солнечный диск и характеризую-

щаяся непрерывным спектром излучения. Толщина фотосферного слоя невелика – всего 100–300 км. Температура фотосферы в среднем составляет около $5\,700^{\circ}\text{C}$. Излучение центра солнечного диска соответствует температуре около 6000°C , отчего при наблюдении в телескоп он представляется ярче краев, излучение которых характеризуется более низкой температурой – порядка 5500°C . Потемнение солнечного диска к краям объясняется тем, что у его края видны более высокие и, соответственно, менее нагретые слои солнечной атмосферы, расположенные над фотосферой.

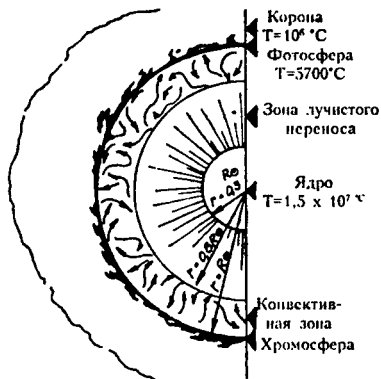


Рис. 86. Строение Солнца

Рассматривая фотосферу в телескоп на большем удалении от края солнечного диска, можно рассмотреть ее неоднородное зернистое строение – грануляцию. Эти яркие зерна – гранулы – имеют продолговатую форму, а размеры отдельных гранул варьируют в пределах 100–2000 км. Яркость гранул, как правило, на 10–20% превышает яркость промежутков между ними, а разность температур гранул и фона достигает 200–300 градусов. Картина грануляции, наблюдаемая в телескоп, непрерывно меняется. Появившиеся гранулы через несколько минут исчезают, уступая место другим.

Спектроскопические исследования показывают, что явление грануляции в фотосфере обусловлено восходящими и нисходящими потоками газовых масс разных температур. Потоки раскаленных газов, видимые в телескоп как яркие гранулы,

поднимаются из солнечных недр и, охладившись, опускаются вновь. Гранулы непрерывно изменяют свою форму и беспорядочно перемещаются с тангенциальной скоростью до 4 км/с. и радиальной скоростью около 0,5 км/с. В краевых, более темных частях фотосферы часто видны т. н. «факелы» – протяженные области большей яркости, чем поверхность фотосферы. Яркость факелов объясняется тем, что они несколько возвышаются над фотосферой и имеют температуру выше температуры фотосферы на несколько сотен градусов. В центральной части солнечного диска факелы также присутствуют, но менее различимы.

Хромосфера и протуберанцы

Над фотосферой расположена хромосфера – «цветная», или «окрашенная сфера», простирающаяся над видимым краем солнечного диска на высоту до 14 000 км. При полных солнечных затмениях хромосфера видна вокруг черного лунного диска как окаймляющая его узкая алая лента с изрезанными, неровными краями, напоминающими колеблющиеся стебельки.

Плотность хромосферы значительно ниже плотности фотосферы и, кроме того, медленно уменьшается с высотой. Эффективная температура ее нижних слоев достигает 4 700°С, а в средних слоях составляет уже только 2 700°С. Но далее по мере удаления от поверхности Солнца температура увеличивается, и в самой верхней части хромосферы достигает 10 000°С, т.к. плотность хромосферы там очень мала. Для раскаленных газов хромосферы характерно турбулентное движение со скоростью около 15 км/с.

Из хромосферы непрерывно выбрасываются протуберанцы, представляющие собой гигантские фонтаны и облака раскаленных газов, в спектрах которых, кроме водородных, встречаются также и линии металлов, по-видимому, выброшенных из бо-

лее низких слоев хромосферы. Разреженное вещество, выброшенное из хромосферы в область солнечной короны, конденсируется в газовые сгустки, которые падают обратно в хромосферу. Такие сгустки вещества получили название возвратных протуберанцев. Движение протуберанцев происходит по магнитным силовым линиям. Средняя высота протуберанцев составляет 25–40 тыс. км, но наблюдались выступы высотой, равной 0,5-1 солнечного диаметра.

Движения вещества протуберанцев характеризуются скоростями до 400 км/с. и более. В настоящее время выясняются причины, вызывающие движения с такими громадными скоростями. Силами, извергающими протуберанцы и поддерживающими газовые облака над поверхностью Солнца, могут быть как силы тяготения, так и силы светового давления, вызывающие ускоренное движение. Равномерные же движения вдоль поверхности Солнца имеют какую-то другую, природу, возможно, электромагнитную.

Солнечная корона

Наружная, наиболее разреженная часть солнечной атмосферы, расположенная над хромосферой, называется солнечной короной. Наиболее яркая, ближайшая к Солнцу часть короны, простирающаяся до 500 000 км от солнечного диска – внутренняя корона – может наблюдаться с помощью внезатменного коронографа, тогда как остальная, менее яркая часть солнечной короны – внешняя корона – наблюдается только во время полных солнечных затмений.

Корона имеет лучистое строение. Ее радиальные лучи простираются от Солнца на расстояние нескольких его диаметров. У полюсов Солнца в короне выделяются изогнутые наподобие магнитных силовых линий полярные лучи. Над протуберанцами лучи изгибаются, образуя своеобразные арочные сво-

ды. Наблюдаемые линии излучения внутренней короны долгое время являлись загадкой, т.к. их положения в спектре (длины волн) не совпадают ни с одним из положений линий атомов известных элементов. Поэтому считалось, что эти линии принадлежат некоему еще не открытому элементу, которому было дано название «короний». Однако в 1940 г. было установлено, что корональные линии принадлежат сильно ионизованным атомам металлов – никеля и многократно ионизованного железа, атомы которого потеряли по 9–13 электронов из 26.

В спектре внутренней короны темные фраунгоферовы линии отсутствуют, т.к. свободные электроны коронального вещества, рассеивающие солнечный свет (излучение самой короны не дает непрерывного спектра), движутся хаотически и с очень большими скоростями. При этом линии спектра рассеянного ими солнечного света сильно расширяются благодаря эффекту Доплера.

Расчеты показывают, что расширение настолько сильное, что линии становятся неразличимыми на фоне непрерывного спектра, что возможно лишь при весьма высокой кинетической температуре – порядка 1 млн градусов. (Понятие кинетической температуры применяется для характеристики огромных скоростей, с которыми в условиях малой плотности коронального вещества движутся электроны и ионы, образующие корону). Химический состав внутренней короны, по-видимому, аналогичен составу всей солнечной атмосферы.

Данные исследований радиоизлучения Солнца и наличие явления высокой ионизации атомов металлов подтверждают существование высокой кинетической температуры внутренней короны.

Внешняя корона характеризуется очень сложным лучистым строением. Лучи и «струи» в ней непрерывно движутся и изменяют форму короны; скорость движения отдельных стру-

ек доходит до 50 км/с. Движение корональных струек вызывается, по-видимому, электромагнитными силами.

Внешняя корона имеет очень слабый рассеянный солнечный спектр с фраунгоферовыми линиями. Происхождение этого слабого спектра связывается с рассеянием солнечного света метеорными пылинками, заполняющими все межпланетное пространство.

Корпускулярное излучение Солнца представляет собой потоки ядер гелия, электронов и ионов. Корпускулярные потоки из активных областей Солнца, усиливающиеся

при хромосферных вспышках, уносят часть коронального вещества с «вмороженными» магнитными полями. Этот постоянный поток коронального газа, симметрично расходящийся от Солнца по всей сфере, назван «солнечным ветром». Скорость этого потока достигает около Земли нескольких сотен км/сек., а концентрация солнечных корпускул в нем равна приблизительно 50 частиц на 1 см³.

Спектр Солнца

В спектрах Солнца и звезд на фоне яркого сплошного спектра видны многочисленные темные линии – т.н. фраунгоферовы линии.

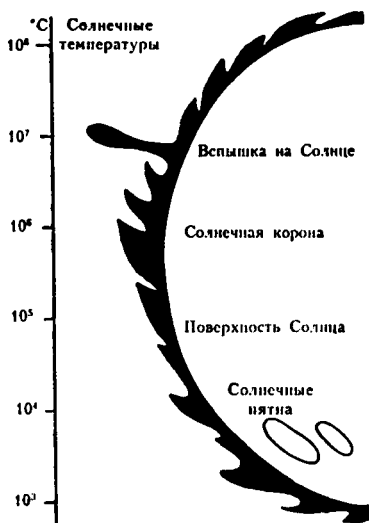


Рис. 87. Солнечные температуры

Непрерывный спектр излучения принадлежит ослепительно яркой оболочке Солнца, фотосфере, состоящей из раскаленной плазмы.

Несмотря на чрезвычайно низкое давление в фотосфере (порядка 10 атм) и большую ее разреженность, 100-километровая толща этого раскаленного газа является непрозрачной и способной излучать большую энергию. Исключительную роль в образовании непрерывного спектра Солнца играют отрицательные ионы водорода. Излучение, возникающее при захвате свободных электронов ионизованными атомами водорода (процесс рекомбинации), не имеет резкой границы в спектре, а образует очень широкую, плавно меняющейся яркости сплошную полосу.

Линии поглощения в сплошном солнечном спектре получаются частично при прохождении излучения фотосферы через лежащие над ней слои разреженных газов хромосферы более низкой температуры (каждый газ и пар, по закону Кирхгофа, поглощает те лучи, которые он способен излучать). В более же значительной степени линии поглощения, возникают вследствие селективного (избирательного) рассеяния излучения атомами у границы солнечной атмосферы. Возбужденные атомы, поглотившие кванты определенных длин волн из устремляющегося наружу потока излучения, затем самопроизвольно испускают их в различных направлениях. Поэтому в направлении к наблюдателю попадает лишь небольшое количество рассеянных таким образом квантов, поток ослабляется, и возникает линия поглощения. Сильные линии поглощения возникают именно в результате процесса селективного рассеяния.

Сравнивая линии солнечного спектра с линиями в спектрах земных веществ, удалось обнаружить в хромосфере Солнца свыше 70 элементов, известных на Земле. Больше всего на Солнце водорода, гелия, азота, углерода, кислорода, железа, маг-

ния, кремния, кальция и натрия; наиболее выделяются линии водорода и ионизованного кальция. В спектре пятен найдены слабые линии некоторых химических соединений, например, окиси титана и циана.

Кроме линий чисто солнечного происхождения, в солнечном спектре имеется множество теллурических линий – линий земного происхождения (от «Tellur» – «Земля»). Эти линии вызываются поглощением солнечного света газами и парами земной атмосферы, главным образом кислородом, озоном и водяным паром.

Внутреннее строение Солнца

На основании накопившихся данных по изучению верхних слоев Солнца и общих законов физики астрофизика приходит к выводу, что Солнце находится в состоянии физического равновесия. Гравитационное сжатие, увеличивающееся к центру Солнца, уравнивается силой газового давления, которое связано с температурой и возрастающей плотностью газа уравнением состояния идеального газа. Из этого уравнения следует, что произведение давления на объем пропорционально температуре газа.

Т.к. масса Солнца известна, то известно и давление на различных уровнях. Поэтому, принимая то или иное распределение плотности с глубиной, можно из уравнения газового состояния определить и температуру внутренних областей Солнца. Принятый при расчетах закон распределения плотности и теоретически выведенный химический состав должны соответствовать наблюдаемой светимости Солнца, его массе, размерам и действительному химическому составу солнечной атмосферы по данным спектроскопии. Меняя начальные условия расчета, путем последовательных приближений пришли к модели строения Солнца, согласующейся с фактическими данными.

Аналогичным образом получают модели внутреннего строения и других звезд. Таким путем установлено, что в центре Солнца температура достигает 13 млн °С, а плотность составляет около 100 г/см³.

Т.к. температура характеризует скорость беспорядочного движения частиц вещества, то значит, ионы в центральных частях Солнца движутся со скоростями, равными сотням километров в секунду. При этом они неизбежно сталкиваются друг с другом. Следовательно, уплотненное газовое вещество в недрах Солнца состоит преимущественно из атомных ядер, утративших значительную часть своих электронов, и из свободных электронов.

Поскольку в теле Солнца много водорода, атомы которого при ионизации легко теряют единственный электрон, то в солнечных недрах имеется значительное количество свободных протонов, обладающих достаточной энергией для преобразования ядер других элементов, при столкновении с ними.

Солнечная активность и солнечные пятна

Солнечные пятна являются, пожалуй, самыми заметными образованиями в фотосфере. Пятно состоит из темного ядра, окруженного более светлой каймой, называемой полутенью. Большой частью пятна появляются на Солнце группами. Пятна имеют размеры 1000–200 000 км в поперечнике. В группах пятен обычно наблюдаются два наиболее крупных главных пятна. Такие пары пятен встречаются примерно вдвое чаще одиночных пятен. Идущее впереди по направлению вращения Солнца западное пятно группы обычно имеет большие размеры и существует дольше второго главного пятна, следующего за ним, иногда год и более. В ядрах пятен скорость движения газов от центра к периферии составляет 1–2 км/с. Спектры пятен содержат линии оксида титана и циана, отсутствующие в

солнечном спектре, что указывает на более низкую сравнительно с фотосферой температуру пятен (порядка 4800 К). Пятна обладают сильным магнитным полем, напряженностью в 2000–4000 Э, что в тысячи раз сильнее магнитного поля Земли. В главных пятнах биполярных групп – двойных пятен – имеет место противоположная магнитная полярность. Для исследования явлений в солнечных пятнах применяется их фотографирование в определенных лучах и на различных уровнях с помощью спектрогелиографа.

На водородных спектрогелиограммах области биполярной группы пятен, расположенной в хромосфере над пятнами, хорошо видна конфигурация флоккул (хлопьев) – отдельных зерен хромосферы. Фотография обнаруживает их спиральную структуру с противоположным вращением над пятнами, образующими пары, что, по-видимому, связано с магнитными полями пятен. На фотографии около пятен наблюдается нечто наподобие вихрей с центрами в ядрах пятен. Однако спектральные и фотометрические методы исследования показывают относительно малые скорости движения газов вблизи пятен.

Специальными исследованиями установлено наличие общего магнитного поля Солнца. Полярность его в разных полушариях имеет противоположный знак. Последние наблюдения показали, что напряженность поля меняется с течением времени в пределах от нескольких единиц до 100 Э, а само поле распределено неравномерно по поверхности Солнца и сосредоточено лишь в определенных ее областях. Происхождение общего магнитного поля Солнца далеко еще не выяснено. Возможно, что оно возникло в отдаленном прошлом и было присуще той массе, из которой образовалось Солнце.

Появление большего или меньшего количества солнечных пятен, а также относительная величина покрываемой ими площади (относительно площади всего видимого полушария

Солнца) подчиняется определенной периодичности. В среднем через каждые 11,2 г. наступает максимум числа солнечных пятен и площади, занятой ими. Наблюдения показали, что во время максимума пятен усиливаются также и другие явления на поверхности Солнца, например появление факелов и протуберанцев. Поэтому это время называется максимумом солнечной активности, а 11-летний период – периодом солнечной активности. После максимума пятен число их в течение приблизительно шести лет убывает, пока не наступит минимум (когда часто в течение нескольких месяцев не появляется ни одного пятна). После минимума число пятен постепенно увеличивается и через 5 лет наступает новый максимум. Истинный период солнечной активности может отличаться от среднего примерно на 4 года. Он колеблется в пределах 7,5–16 лет. Исследование биполярных пятен привело к открытию периодического изменения магнитной полярности пятен. Магнетизм пятен нового цикла солнечной активности противоположен магнетизму предыдущего периода. Замечено, что если до минимума солнечной активности полярность всех впереди идущих (в парах) пятен в северном полушарии Солнца была южная, а следующих за ними пятен – северная, и в то же время в южном полушарии Солнца наблюдалась обратная картина, то после минимума активности пятна северного полушария приобретали ту магнитную полярность, которая до минимума была в южном полушарии, и наоборот.

Через полный 11-летний цикл солнечной активности полярность пятен опять менялась, с тем чтобы еще через 11 лет завершить магнитный цикл пятен очередной сменой полярности. Т.о. период солнечной активности по магнитной полярности пятен составляет не 11 лет, а в среднем 22 года. Ни периодичность солнечных пятен, ни смена их магнитной полярности пока еще не получили объяснения.

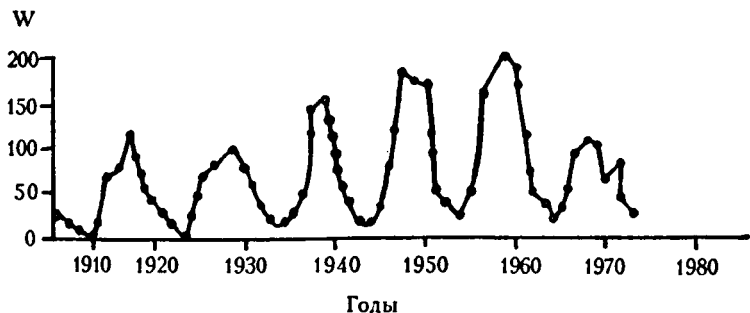


Рис. 88. Циклы солнечной активности с 1910 по 1970 гг.

Источник солнечной энергии

Современная наука на основании анализа обширных материалов исследования звезд, находящихся на различных стадиях эволюционного развития, и соответствующими расчетами в сравнении с лабораторными данными установила, что непрерывное выделение энергии в недрах Солнца и звезд происходит вследствие термоядерных реакций превращения водорода в гелий посредством протон-протонной реакции и углеродного цикла, в итоге которых четыре протона превращаются в одно ядро гелия + нейтрино.

Выделяющейся при этой реакции энергии достаточно, чтобы обеспечить непрерывный выход энергии в звезде типа Солнца на время порядка 10 (11) лет. Эволюция звезды за счет термоядерных реакций происходит практически без изменения массы и сопровождается лишь уменьшением относительного содержания водорода.

Предполагается, что на Солнце преобладает протон-протонный процесс, тогда как углеродный цикл соответствует более горячим звездам.

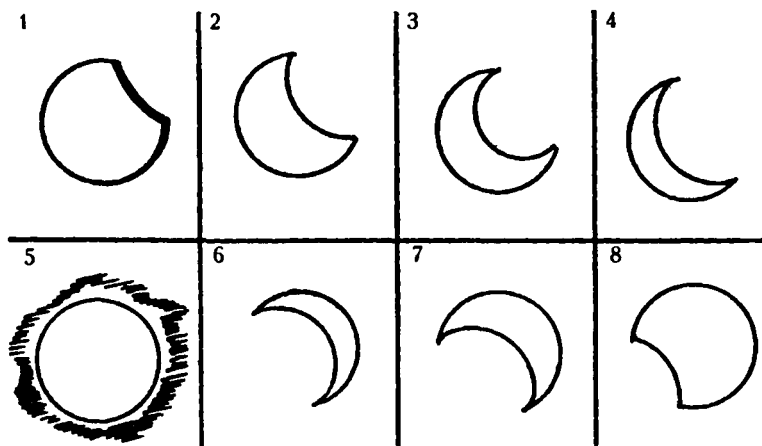


Рис. 89. Солнечное затмение полной фазы

Влияние Солнца на геофизические явления

Солнце оказывает большое влияние на состояние земной атмосферы и магнитного поля Земли. Это влияние усиливается при возрастании солнечной активности. Магнитные бури чаще всего наблюдаются на Земле в годы максимума солнечной активности.

С максимумом солнечных пятен возрастает число полярных сияний, которые возникают в результате «бомбардировки» верхних слоев земной атмосферы корпускулами, летящими с Солнца со скоростью от нескольких сот до 1500 км/с. В годы максимума пятен усиливается, соответственно и ультрафиолетовое излучение Солнца.

Ультрафиолетовые лучи на высотах приблизительно 30 км превращают кислород земной атмосферы в озон, образующий прослойку (озоносферу), которая поглощает наиболее актив-

ную ультрафиолетовую часть солнечного излучения, очень вредного для всех живых организмов. Под действием ультрафиолетового излучения Солнца на высотах, начиная приблизительно от 80 км над земной поверхностью и выше, образуется слой ионизованных газов (ионосфера), играющий важную роль в радиосвязи. Всякого рода изменения в солнечной активности влияют на состояние ионосферы, что отражается на условиях радиосвязи. Особенно на состояние земной атмосферы оказывают влияние хромосферные вспышки.

Несомненно, что изменения солнечной активности оказывают какое-то влияние и на метеорологические факторы. Однако метеорологические явления, определяющие погоду и климатические изменения, имеющие своим источником, как и все на Земле, солнечную энергию, возникают не непосредственно от Солнца, а через ряд промежуточных явлений, что делает неясной зависимость их от солнечной деятельности. Изучение Солнца в высшей степени важно потому, что, будучи обычной звездой, оно вместе с тем несравненно ближе к нам, чем все остальные звезды, а потому исследование Солнца позволяет лучше уяснить процессы, происходящие на звездах. Следует также подчеркнуть важность исследования Солнца для атомной физики, т.к. солнечное вещество находится в таких условиях температур и давлений, которые недоступны в земных лабораториях, и для метеорологии, в смысле выявления связи процессов, происходящих на Солнце с геофизическими явлениями.

Подробнее по отдельным вопросам см.: *Астрономия, Астрофизика, Ветер солнечный, Жизнь, Излучение космическое в астрофизике, Излучение космическое в биологии, Исследования космические, История астрономии, Кометы, Космогония, Космонавтика, Луна, Немезида, Системы мира, Солнечная система, Температура мирового пространства, Эволюция Солнечной системы, Экология Солнечной системы.*

Спутники естественные

Естественными спутниками планеты называют космические тела с поперечником более 1 км, обращающиеся вокруг нее по более или менее фиксированной орбите. Естественные спутники могут существовать только в пределах определенной области в окрестности планеты. Внутренняя граничная поверхность этой области для крупных спутников зависит от мощности разрушающего воздействия приливных сил, а внешняя определяется стабильностью орбит относительно солнечных возмущений.

Только один естественный спутник Солнечной системы – Луну – можно увидеть с Земли невооруженным глазом. Галилеевы спутники обладают достаточной яркостью, однако, увидеть их без помощи телескопа мешает сияние Юпитера, вокруг которого они обращаются и который ярче их в несколько раз. По характеру орбит спутники, как правило, подразделяют на два класса – регулярные и нерегулярные.

19 «регулярных» спутников обращаются по почти круговым орбитам в прямом направлении, практически всегда – в экваториальной плоскости планеты-хозяина. 13 «нерегулярных» спутников движутся по эллиптическим орбитам, составляющим с экваториальной плоскостью планеты довольно большой угол. В этой группе есть как спутники, движение которых имеет прямое направление (7 спутников), так и спутники, обращающиеся по своим орбитам в обратном направлении. Луну не относят однозначно ни к одной из этих групп; все же вследствие аномально большого отношения массы спутника к массе планеты Луна чаще попадает в класс нерегулярных спутников.

Малые спутники Юпитера принято разделять на группы, исходя прежде всего из направления их движения: названия тех из них, которые движутся по орбитам в прямом направле-

нии, оканчиваются на «а» или «я» («а» в латинском написании) – Леда, Гималия, Элара, – спутники же, которые обращаются в противоположном направлении, обладают именами, оканчивающимися не на «а», а на «е» – Синопе, Ананке, Карме.

В системе спутников Сатурна наблюда-

ются как регулярные, так и нерегулярные спутники. Регулярную группу составляют семь внутренних спутников, имеющих практически точно круговые орбиты в плоскости кольца Сатурна; все они более или менее близки по своим свойствам. Напротив, три спутника, составляющие нерегулярную группу сатурновых спутников, по свойствам более чем разнородны.

Япет характеризуется своей большой, почти круговой орбитой, подверженной непрерывным изменениям благодаря сплюснутой форме Сатурна и воздействию Солнца. Феба, самый далекий спутник Сатурна, движется по орбите в обратном направлении, и угол ее наклона к экватору Сатурна превышает значения того же самого показателя для других спутников планеты. Угол наклона орбиты Гипериона и вовсе переменен благодаря сильному взаимодействию Гипериона с Титаном.

Спутники астероидов

Спутники возможны у галактик (например, Магеллановы Облака около нашей Галактики), у звезд (как планеты, так и другие звезды), планет. Спутники могут быть и у астероидов.

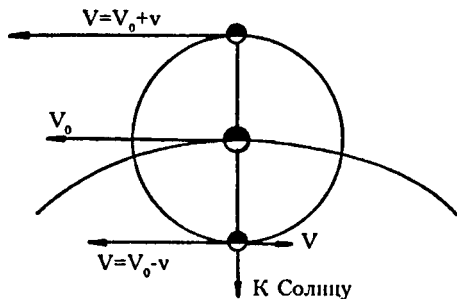


Рис. 90. Гелиоцентрическая скорость спутника V

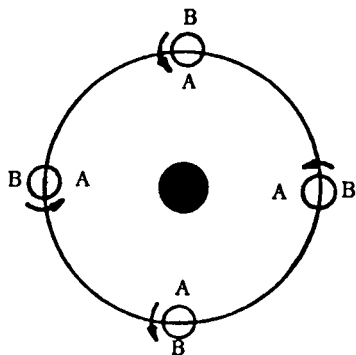


Рис. 91. Вращение Луны и галилеевых спутников

Так, попытки обнаружить спутник у астероида Метис окончились частичным успехом.

Хотя и не удалось получить отдельное изображение спутника, аблюдалась периодически возникающая вытянутость изображения самого астероида. В предположении, что этот эффект обусловлен наличием спутника, ученые провели оценку его параметров. Получилось, что спутник должен вращаться по орбите вокруг

астероида с периодом 4,61 суток, находясь на расстоянии 1100 км от Метиса.

Если диаметр этого астероида составляет приблизительно 150 км, то при одинаковой отражательной способности диаметр спутника равен 60 км.

Масса спутника оценивается в 6% от общей массы системы астероид-спутник. Естественно, могут быть и другие интерпретации обнаруженного эффекта, но на существование спутника у Метиса указывают и результаты исследований покрытия (заслонения) этим астероидом одной из наблюдаемых звезд.

Интерпретация этих результатов допускает наличие у Метиса спутника диаметром 65 км и периодом обращения 4,59 суток. Стоит заметить, что наблюдения покрытий звезд астероидами уже не раз, приводили ученых к выводу о существовании спутников у астероидов.

Подробнее по отдельным вопросам см.: *Астрономия, Астротопонимия, Астрофизика, Величины астрономии, Ганимед, Геология космическая, Деймос, Евро-*

на, Жизнь, Законы движения космических тел, Ио, Исследования космические, История астрономии, Каллисто, Луна, Миранда, Нереида, Орбита, Планеты (астрономия и астрофизика), Рея, Селенография, Селенология, Селенонимия, Солнечная система, Титан, Тритон, Фобос, Эволюция Солнечной системы, Япет.

Т

Телескопы

Телескопы (от греч. «теле» – «вдаль», «скопео» – «смотрю») – астрономические инструменты для научных наблюдений, связанных с приемом и обработкой световых лучей и радиоволн, а также некоторых других электромагнитных волн спектра. При этом телескопы первого типа (видимый свет) называются оптическими, а второго типа – радиотелескопами. Также имеются рентгеновские телескопы и оптические ультрафиолетовые телескопы. Назначение этих устройств заключается в сборе как можно большего количества лучистой энергии.

Диаметр зрачка человеческого глаза едва достигает 7 мм, поэтому люди воспринимают лишь мизерную часть приходящего на Землю светового излучения из космоса от далеких планет и прочих тел. Концентрируя большее количество лучей объективом, можно получить изображение невидимых глазом небесных объектов.

Оптические телескопы известны двух основных видов, в зависимости от устройства, – рефлекторы и рефракторы. Рефракторы (лат. преломленный), или линзовые телескопы имеют объектив из стеклянных линз.

Из вышесказанного очевидно, что чем больше линза объектива, тем больший световой поток воспринимает инструмент. Поэтому первой важной характеристикой линзового телескопа является диаметр объектива (D).

Эта существенная характеристика обуславливает другое, не менее важное, но зависящее от нее свойство – разрешающую способность, или просто разрешение, которое обозначается строчной греческой буквой «тэта». Разрешение рефрактора для приема световых волн длиной 550 нм, обычных для астрономических наблюдений, находится через отношение угловых секунд к диаметру объектива $140''/D$. Разрешение, таким образом, – это минимальное расстояние, четко различимое в телескоп.

Рефракторы изготавливаются с применением большого числа увеличивающих стекол. Объектив включает в себя систему из 2–3 стекол разной формы. Они исправляют недостатки друг друга. Преломленный свет, попадающий в объектив, собирается в точке, фокусе, на оптической оси телескопа. Фокус удален от объектива на т.н. фокусное расстояние (F). Величина последнего является важной характеристикой качеств инструмента, поскольку определяет линейные размеры изображения наблюдаемых тел.

Третья характеристика рефрактора иногда называется светосилой, но такое название не совсем точное. Правильнее говорить об относительном отверстии, которое представляет собой отношение между фокусным расстоянием и диаметром телескопа (F/D): чем оно меньше, тем ярче изображение. Но кроме того, важной характеристикой является увеличение, хотя оно и не самое главное.

Увеличение телескопа (W) выражается через отношение F/f , где F – уже известное фокусное расстояние объектива, а f – фокусное расстояние окуляра. Окуляр служит для рассматривания фокального изображения, оно состоит из двух

короткофокусных линз. Через f выражается его расстояние по оптической оси до фокуса. Увеличение и светосила подбираются таким образом, чтобы изображение объекта было по возможности предельно крупным, ярким и отчетливым.

Одновременно довести до максимума все три показателя оптических способностей телескопа не получится, поскольку выигрыш в чем-то одном влечет за собой проигрыш в другом. Максимальное допустимое увеличение находится по формуле:

$$W (\max) = 2D,$$

т.е. оно равняется длине 2 диаметров объектива, взятой в миллиметрах. С малым увеличением рассматривают кометы, чтобы добиться наибольшей яркости.

Планеты и Луну обычно рассматривают, напротив, с большим увеличением. При высокой влажности воздуха Луну можно наблюдать и с относительно малым увеличением. В последнее время рефракторы для зрительных наблюдений применяются лишь в любительской и школьной астрономии, тогда как для научных исследований применяются астрографы – фотографирующие рефракторы.

Самый большой рефрактор имеет диаметр объектива 102 см. Он установлен с 1897 г. в Йеркской обсерватории (США). Создание подобного телескопа и даже много меньшего невероятно сложно, и все попытки сделать это, предпринимаемые последние сто лет, оказались тщетны. Технически изготовление столь крупных линз почти невозможно, что накладывает ограничения на возможности применения рефрактора. Поэтому сегодня зеркальные телескопы значительно потеснили рефракторы.

Рефлектор (лат. отражаю), или зеркальный телескоп оснащен параболическим зеркалом, которое выполняет роль объектива. Вторичное, дополнительное зеркало выводит полученное фокальное изображение в окуляр. Главное зеркало вогнутое, с

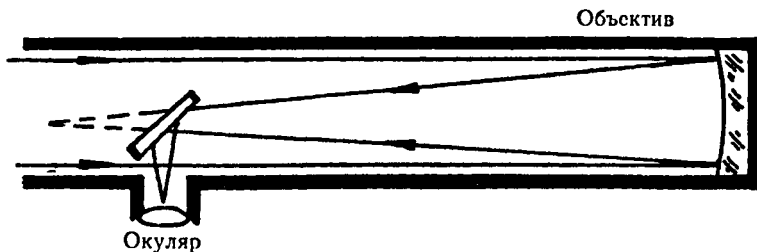


Рис. 92. Схема телескопа рефлектора

малой кривизной, что необходимо для сбора лучей. Оно изготавливается из толстого стекла и покрывается сверху алюминиевым порошком, который тонким слоем напыляется на стекло под высоким давлением.

Самый большой в мире рефлектор установлен в 1974 г. в Зеленчукской обсерватории на горе Пастухова (Ставропольский край) на высоте 2070 м над уровнем моря. Масса этого телескопа достигает 850 т, из которых на зеркало приходится 42 т. Диаметр этого зеркала достигает 6 м. Заготовка из стекла, охлаждалась в течение 736 суток.

Разрешение гиганта составляет 0,02". Кроме зеленчукского, создано немало других крупных телескопов, уступающих, однако, ему в размерах: часто встречаются рефлекторы с зеркалами диаметром 1–2 м.

Уже свыше 30 лет развивается новое направление в астрономической оптической технике – это разработка и постройка космических обсерваторий в виде оснащенных оптическими телескопами орбитальных спутников Земли. Первый спутник с телескопом был запущен на околоземную орбиту в 1968 г. Потребность в дальнейшей работе в этом направлении объясняется расширенными возможностями для наблюдений с орби-

ты в сравнении с наземными. Атмосфера, радиационные пояса Земли создают препятствия на пути разнообразных излучений, а некоторые вообще задерживают. Серьезные помехи возникают даже при ведении наблюдений в оптическом диапазоне. Вынос обсерватории за пределы Земли означает получение качественного изображения в различных лучах и с высокой разрешающей способностью.

Надежды ученых оправдались, когда на орбиту были выведены спутники-телескопы «Коперник» и «Астрон» с зеркалами по 80 см в диаметре. «Астрон» выведен на околоземную орбиту 23 марта 1983 г. Примечательна орбита небесной обсерватории: ее апогей равняется 200 000 км, т.е. находится за пределами радиационных поясов Земли. За 4 суток полного оборота спутник мог с длительной экспозицией наблюдать удаленные объекты. Его оптическая система не рассчитана на ведение обычных астрономических наблюдений: она воспринимает лишь электромагнитные волны в рентгеновском и ультрафиолетовом диапазоне.

Посредством своего оборудования «Астрон» проводил астрофизические исследования межпланетной среды, а также звезд. Главной частью обсерватории является оснащенный двухзеркальным объективом ультрафиолетовый телескоп, УФТ. Система Ричи-Кретьена конструкции объектива, фокусное расстояние до 8 м, эффективная собирающая поверхность, ультрафиолетовый спектрометр и другие характеристики этого устройства позволяют УФТ получать высококачественное изображение с разрешением до 0,04 нм. При этом УФ-диапазон, в котором работает телескоп, по длинам волн занимает участок спектра от 114 до 340 нм. Двухступенчатая система ориентации, состоящая из собственных систем спутника и механизма поворота вторичного зеркала, обеспечила высокую точность наведения – до десятых долей секунды дуги – и впоследствии удерживала

жания в объективе точечных источников. Что до рентгеновского спектрометра, то он имеет площадь счетчиков 1780 кв. см, его разрешение 0,003 с обеспечивается методом быстроопросной цифровой телеметрии.

Опыт создания подобных обсерваторий послужил залогом успешного развития космической астрономии, результатом которого стало проектирование грандиозных систем наблюдений в видимом свете. Оптическая телескопия в видимой части спектра сообщает больше информации о космосе, поэтому для работ в этой области шкалы электромагнитных волн создана самая большая космическая обсерватория, крупный орбитальный телескоп «Хаббл».

Подробнее по отдельным вопросам см.: *Астрономия, Астрофизика, Величины астрономии, Исследования космические, История астрономии, Космонавтика, Обсерватория, Радиоастрономия, Солнечная система, Спутники естественные, Топография космическая, «Хаббл».*

Титан

Титан, VI спутник Сатурна – крупнейший планетарный спутник в Солнечной системе. Он был открыт в 1655 г. астрономом и математиком Х. Гюйгенсом.

Открытие Титана в середине XVII в. было нелегким делом: он все же был самым тусклым из всех известных к тому времени астрономических объектов. По сравнению с близкой к нам Луной он светится в 230 миллионов раз слабее, и даже относительно далекий Ганимед превосходит его в блеске почти в 30 раз. Да и расстояние от Земли до Титана вдвое превышает

ет расстояние, отделяющее Землю от галилеевых спутников Юпитера. Сам первооткрыватель никакого имени новому спутнику не дал, называя его просто сатурновой луной, и лишь 203 года спустя Джон Фредерик Гершель, сын и помощник великого Уильяма Гершеля, предложил дать этому небесному телу имя Титан.

Сначала идея казалась не слишком удачной. В ранних вариантах мифов можно найти упоминание о то, что Титан – одно из прозваний солнечного бога – Аполлона или Гелиоса. Но, во-первых, он даже в этом случае не имеет отношения к богу Крону (Сатурну), а, во-вторых, это имя даже в древности не было широко распространено. Значительно чаще титанами именовали сонм божеств старшего, дозевсовского поколения Т.о. это название, в отличие от большинства других, также заимствованных астрономией у мифологии, – имя собирательное, а не собственное.

Тем не менее, название спутника стало привычным. Удовлетворению современников Гюйгенса не было конца. Еще бы, все так ладно устроено на небесах: шесть планет – Меркурий, Венера, Земля, Марс, Юпитер и Сатурн, – и спутников столько же – Луна, Ио, Европа, Ганимед, Каллисто и «новичок» Титан. Вместе с Солнцем, вокруг которого послушно движется вся эта стройная система, эта схема удивительно совпадает с Библией: в зависимости от того, предпочитаете ли вы Ветхий завет или Новый, перед вашим взором предстает воплощение или пророка Иакова с двенадцатью сыновьями, или Иисуса с двенадцатью апостолами.

Видел ли в этом сам Гюйгенс божественное предначертание или просто закон природы, неизвестно, однако, дальнейшие поиски планетарных спутников он прекратил, и в 1659 г. заявил, что небесных тел в Солнечной системе никогда более обнаружено не будет.

Астрономия и астрофизика

Период обращения Титана вокруг Сатурна составляет приблизительно 16 земных суток, а расстояние от спутника до его планеты – 1 221 000 км. Радиус Титана достигает 2900 км. Таким образом, диаметр этого спутника превысил ожидаемый почти на 200 км. Для сравнения можно вспомнить, что самостоятельная планета Меркурий имеет диаметр почти на 260 км меньше.

При своих необычайных размерах Титан все же, уступает в массе Ганимеду, хотя и всего на несколько процентов. Если взять Луну за единицу измерения, то масса Титана составляет 1,9. Однако, чтобы оторваться от поверхности Титана и стать спутником этого спутника, телу нужно приобрести скорость 2,25 км/с, т.е. впятеро меньшую, чем на нашей планете. Плотных металлических ядер, подобных земному, у Титана, как и у остальных спутников Сатурна, по-видимому, нет. Да и в целом каменные материалы, по всей видимости, не должны играть на Титане, более или менее важную роль, т.к. плотность близка к плотности воды.

Если судить по плотности, то почти половину массы Титана составляет лед: плотность его невелика, а объем может быть очень большим. В определенном отношении спутник Сатурна Титан уникален: это единственный спутник, обладающий действительно протяженной атмосферой. В 1943–1944 гг. Дж. Койпер нашел в его спектре метан в количестве, примерно в два раза меньшем, чем на Юпитере и Сатурне.

Молекула метана состоит из одного атома углерода и четырех водорода. Но углеродные атомы легко соединяются друг с другом в других различных сочетаниях, которые умеют привлекать к себе разное число атомов водорода, Поэтому весьма возможно присутствие в атмосфере Титана и таких газов, как этан, этилен и ацетилен. «Вояджер-1» сделал поразительное

открытие: у Титана есть мощная атмосфера, состоящая преимущественно из азота; масса газа, приходящаяся на единицу площади поверхности, вероятно, в 10 раз больше, чем на Земле. Твердую поверхность увидеть не удалось. Выдвигаемые гипотезы весьма разнообразны – от предположения о дождях и океанах из жидкого азота до гораздо менее вероятного предположения о теплой и даже покрытой водой поверхности.

Полярные туманные слои, видимые в холодной верхней атмосфере, возможно, состоят из частиц метана или сложных молекул углеводородов. Протяженное водородное облако вокруг Титана можно объяснить диссоциацией метана в верхней атмосфере. Облако распространяется далеко как внутрь орбиты Титана, так и за ее пределы, что наблюдалось АС серий «Пионер» и «Вояджер».

Как оказалось, у Титана есть и свои капризы: его светимость весьма непостоянна. Правда, за сравнительно короткие сроки – несколько месяцев и даже 1–2 года – она меняется мало. Однако при сравнительном анализе ряда наблюдений, выполненных между 1896 и 1974 гг., американский астроном Л.Э. Андерссон обнаружил некую странность. В период 1951–1956 гг. звездная величина Титана в среднем была на 0,2 меньше, чем в 1973–1974 гг.

Вычисления показали, что периодичности, близкой к 29,5 г. – времени обращения Сатурна вокруг Солнца – нет, как нет и связи с 11-летним циклом солнечной активности. Значит, скорее всего, увеличение яркости Титана вызвано процессами на нем самом. Чем объясняются такие «чудеса», сейчас сказать трудно. Может быть, все это связано с материалом, из которого Титан состоит? Около 60% массы Титана должен составлять водный раствор аммиака, и не менее 5% – метан; остальное же, вероятно, приходится на долю силикатов. Верхние слои твердого тела Титана могут представлять собой обыкновенный

водный лед, пронизанный вкраплениями метана и растворенного аммиака. На глубине в несколько десятков км вследствие давления вышележащих слоев лед переходит уже в жидкое состояние.

При наличии у Титана мощной атмосферы такое таяние происходит не только в недрах, но и на поверхности спутника. Точная температура, которая там царит, пока неизвестна, но полагают, что она находится в пределах 60–120 К. Тогда «пейзаж» Титана образует сжиженный болотный газ, плавающий по поверхности раствора аммиака в воде. Но ученым все же представляется не жидкая, а твердая поверхность, на которой все равно главенствует тот же болотный газ.

Подробнее по отдельным вопросам см.: *Астрономия, Астрофизика, Величины астрономии, Геология космическая, Исследования космические, Рея, Сатурн, Солнечная система, Спутники естественные, Япет.*

Трансплутон

Трансплутонем условно называется гипотетическая заплутоновая планета, на существование которой указывают некоторые признаки. Пока эта планета не обнаружена. Некоторыми исследователями выдвигается предположение, что свидетельства о десятой планете Солнечной системе в действительности говорят о присутствии близ Солнца «черной дыры».

Подробнее по отдельным вопросам см.: *Законы движения космических тел, Исследования космические, Планеты (астрономия и астрофизика), Плутон, Солнечная система, «Черная дыра».*

Тритон

Тритон – один из двух спутников планеты-гиганта Нептуна, предположительно, более крупный. Открытый более века назад, этот спутник был назван в честь одного из младших морских божеств, спутника и слуги Нептуна.

Тритон обладает крайне незначительной метановой атмосферой.

Тритон довольно близок к Нептуну. За 5,88 земных суток он совершает полный оборот по круговой орбите радиусом 354 000 км, наклоненной к экватору Нептуна на угол 160 градусов.

Особенность движения Тритона – его направление, обратное направлению вращения Нептуна. Этот факт, по-видимому, говорит о том, что Тритон не образовался одновременно с Нептуном, а был захвачен им, как, вероятно, и Нереида – второй спутник гиганта.

Параметры Тритона установлены пока с невысокой степенью достоверности. Его масса составляет 1,9–4,6 лунной массы, диаметр ориентировочно оценивается в 4400 км. Поверхность этого спутника не ледяная, как можно было бы ожидать, а каменная.

Тритон является единственным в Солнечной системе внутренним спутником, имеющим обратное движение. Поэтому приливное трение, вызываемое Нептуном, может поставить его в опасное положение.

Т. Мак-Корд указывает, что Тритон, двигаясь по спирали, может разрушиться в течение 10–100 млн лет.

Подробнее по отдельным вопросам см. статьи: *Астрономия, Астрофизика, Величины астрономии, Геология космическая, Исследования космические, Нептун, Нереида, Солнечная система, Спутники естественные.*

Туманности

Туманностями называются сразу два не одинаковых класса объектов Вселенной, видимых в телескопы. Во-первых, так называются другие галактики, кроме нашей. Во-вторых, так называются космические сгущения газа и пыли, т.е. диффузного вещества, имеющие облачную структуру. Самыми первыми были открыты астрономами галактики-туманности. В X в. арабским астрономом Ас-Суфи было открыто и описано едва заметное светлое облачко, видимое в созвездии Андромеды. Со временем оно получило название туманности Андромеды, поскольку в раннем периоде исследований астрономы видели эту галактику лишь как скопление пыли в мировом пространстве. В XVI в. спутник Магеллана в его историческом кругосветном путешествии, математик-навигатор А. Пифагетта, совершил историческое открытие. Пифагетта заметил на небе две «тучки», явно находящиеся дальше планет.

Так внимание европейских астрономов впервые было привлечено к галактикам. Обе «тучки» получили название Магеллановых Облаков. Оказалось, что это самые близкие к нам звездные системы. В. Гершель, много наблюдавший за ними, не заметил у них видимого годичного движения, которое характерно для звезд и вызывается вращением Земли вокруг Солнца. Это могло означать только то, что туманности находятся невероятно далеко от Земли, за пределами нашей Галактики. Следовательно, и реальные размеры этих объектов невероятно велики, если системы видны в телескопы. Так Гершель догадался о существовании других звездных систем. Позднее это предположение подтвердилось. Кроме беловатых размазанных по краям облачков, на небе в телескопы и даже невооруженным глазом наблюдались зеленоватые и черные «тучки», причем некоторые из них имели огромные размеры. В 1618 г. впер-

вые в истории науки была открыта газовая туманность. Зеленоватое на вид из-за большого количества дважды ионизированного кислорода, это скопление газа занимает все созвездие Ориона, хотя отчетливо различимо лишь на небольшом его участке. Облако, светящееся под воздействием потока звездного излучения, находится в 1800 св. годах от Солнечной системы. Здесь же, в созвездии Ориона находится огромных размеров черная, пылевая туманность. Она отчетливо заметна на фоне далеких звездных скоплений. Из-за причудливого внешнего облика туманность названа Конской Головой. По протяженности Конская Голова достигает 20 тыс. а.е. (3 триллиона км), что в 200 раз превосходит поперечник Солнечной системы.

Ученые предполагают, что Вселенная сильно запылена. К сожалению, обнаружить облака диффузного вещества можно только в том случае, когда они освещаются лучами звезд (газовые туманности) или когда закрывают от глаз астрономов известные звездные объекты. На сегодняшний день описано не более 0,05% всех газовых и пылевых облаков, существование которых вполне возможно, если исходить из современных представлений о распределении вещества во Вселенной. Понятно, что поиск туманностей ведется исключительно в пределах нашей Галактики. В других звездных системах непременно существуют туманности из диффузного вещества, но обнаружить их при нынешнем уровне техники невозможно.

Подробнее по отдельным вопросам см.: *Астрономия, Астрофизика, Величины астрономии, Галактики, Диффузное вещество, История астрономии.*

У

Уран

Седьмая от Солнца планета, Уран, была открыта в 1738 г. английским астрономом У. Гершелем, который предложил назвать открытое им космическое тело Георгиевой звездой в честь короля. Но это противоречило традиции, и француз А. Лексель, доказавший, что новое тело действительно является планетой, предложил иной вариант – Нептун Георгия III в честь морских побед короля.

Первая часть названия была поддержана шведскими астрономами, но крещение седьмой планеты именем Нептуна так и не состоялось. Э. Боде предложил назвать планету Ураном, исходя из порядка древнегреческой родословной богов. По направлению от Солнца расположение планет было Юпитер – Сатурн, т.е. сын – отец. Боде решил, что наиболее удачным вариантом окажется продление линии сын – отец – дед. Уран, как известно, считался дедом Зевса-Юпитера.

Астрономия

Период обращения Урана вокруг Солнца составляет 84 земных года. Уран – единственная планета Солнечной системы, осевое вращение которой направлено противоположно ее ге-

лиоцентрическому вращению. Ось вращения Урана лежит практически в плоскости орбиты: ее наклон достигает 98 градусов. Пять его главных спутников – Оберон, Умбриель, Миранда, Ариель и Титания – движутся приблизительно в одной плоскости, а это довольно убедительно свидетельствует о перпендикулярности его оси вращения этой плоскости. На небе Уран имеет вид зеленоватой звезды 6-й звездной величины.

Период вращения Урана, определенный в значении, приблизительно 16 земных часов – по доплеровским смещениям спектральных линий, по фотометрическим наблюдениям и путем вычислений на основе измерений сжатия, несомненно подлежит уточнению.

Ведь по сравнению с вращением других планет Солнечной системы вращение Урана вокруг своей оси имеет одну особенность: он вращается в обратном направлении. Причина этого явления пока неизвестна, но именно благодаря ей астрономы имеют возможность «рассмотреть» практически всю его поверхность, включая конечно полярные области. Над горизонтом Урана Солнце поднимается очень высоко, отчего – с учетом наклона его орбиты – на всей планете существует общий световой режим «полярного» дня и «полярной» ночи, длящихся приблизительно по 42 земных года каждый.

Признаков сильного магнитного поля планета не показывает, но, тем не менее, У. Браун зарегистрировал радиоимпульсы от Урана на волне длиной около 600 м.

Астрофизика

Уран – планета-гигант, почти близнец Нептуна – также, как и Нептун, находится во внешних областях Солнечной системы. Его диаметр, как и диаметр Нептуна, почти в 4 раза больше диаметра Земли; Уран, вероятно, на 5% больше Нептуна, хотя измерения несколько неточны из-за оптического размывания

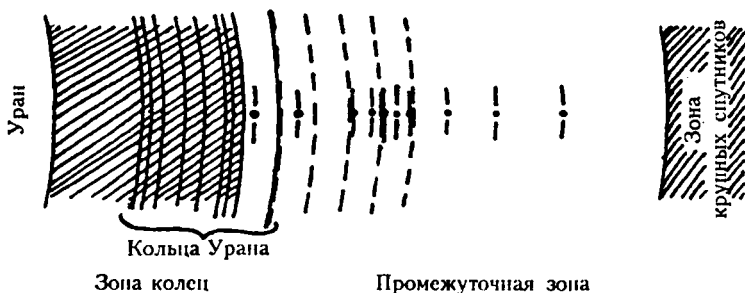


Рис. 93. Кольца и спутники Урана

краев диска. Несмотря на это, Уран менее массивен, чем Нептун: его масса превышает земную в 14,5 раз. Масса Урана меньше массы Юпитера в 20 раз, однако, и этого достаточно, чтобы внутренние структуры планет различались коренным образом. Недра Урана содержат только 20% гелия и водорода, остальные же 80% приходится на железосиликатные соединения, которые и составляют ядро планеты. Температура поверхности Урана, рассчитанная по его радиоизлучению, приближается к -150°C .

Если бы единственным источником нагрева планеты было Солнце, температура была бы значительно ниже. По всей видимости, источник тепла таится в недрах Урана. В центре его, согласно расчетам, температура достигает 10–12 тыс. градусов. Планета окружена водородно-метановой атмосферой. Аммиак, неизбежный спутник метана в подобных атмосферах, на Уране находится в замороженном состоянии, и на его долю приходится всего 5%. Толщина этой газовой оболочки достигает 9 000 км.

Спутники естественные и кольца

Всем пяти спутникам Урана свойственно обратное направление осевого вращения. Все они движутся под тем же углом к плоскости орбиты Урана, под каким наклонена его ось – 98%.

С.К. Всесвятский высказывал убеждение, что все планеты-гиганты должны обладать кольцами. И на самом деле, еще в 1977 г. при покрытии Ураном одной слабой звезды выяснилось, что и у этой планеты есть кольца. Их удалось исследовать с Земли, применяя современную астрономическую аппаратуру. 11 узких колец сложены частицами размером от десятков см до нескольких метров. Помимо этой «основной» системы вокруг Урана обращается еще около сотни практически прозрачных поясов, сложенных частицами поистине микроскопических размеров – около 0,02 мм. Все кольца Урана обладают очень низкой отражательной способностью.

Кольцам Урана присвоены обозначения б, 5, 4, α , β , γ , ζ , δ , ϵ , 1986 IP и 1986 UIR. Кольцо ϵ – самое внешнее, и радиус его наружной границы близок к 2,2 радиуса Урана. Частицы, составляющие кольца Урана, очень темны, как и у кольца Юпитера, а ширина колец, по-видимому, не остается постоянной. Форма колец Урана заметно отличается от круговой. Они слегка вытянуты, приближаясь по форме к эллиптическим, и это, возможно, приводит к тому, что в некоторых местах кольца Урана очень узки. Скорее всего, их частицы состоят не из льда, а из неких темных пород. Очевидно, система колец Урана движется вокруг планеты как единое целое, как если бы она была твердым телом, с периодом около 8 или 9 месяцев. По всей видимости, движение вызывается экваториальным вздутием Урана. Период обращения частиц в кольце составляет 0,354 земных дня, период обращения внутреннего спутника, Миранды, почти точно в 4 раза больше этого значения – 1,414 земных суток. Период кольца находится также в резонансе 1:7 с периодом

обращения второго спутника, Ариеля. Кольца δ , α , γ и ϵ могут находиться в резонансе с этими двумя внутренними спутниками – как по отдельности, так и все вместе. Резонансы для других колец еще не установлены с той же степенью надежности. Возможно, они связаны с более мелкими, еще не открытыми спутниками. Все пять спутников Урана малы и до сих пор труднодоступны для наблюдений. Их орбиты, лежащие почти в одной плоскости, вероятно, определяют экватор планеты лучше, чем прямые наблюдения. Массы спутников оцениваются очень приблизительно – по взаимным возмущениям, – и радиусы известны довольно неточно, так, что определять плотность спутников Урана просто не имеет смысла.

Подробнее по отдельным вопросам см.: *Астронимика, Астрономия, Астрофизика, Величины астрономии, Исследования космические, История астрономии, Миранда, Оболочки планетные, Планеты (астрономия и астрофизика), Планеты-гиганты, Спутники естественные.*

Ф

Фаэтон

Фаэтон (по имени сына и возникшего бога Солнца) – гипотетическая планета Солнечной системы, некогда располагавшаяся между орбитами Марса и Юпитера, в последствие разрушенная космической катастрофой, вероятно, взрывом. Некоторые кометы и пояс астероидов представляют собой обломочные тела, оставшиеся после взрыва Фаэтона. Название восходит к первому описанию космических катаклизмов человеком в мифе о Фаэтоне: сын Гелиоса не справился с управлением огненной колесницей своего отца и трагически погиб.

Подробнее по отдельным вопросам см.: *Астероиды, Астрономика, Кометы, Планеты (астрономия), Солнечная система, Эволюция Солнечной системы.*

Феба

Феба была обнаружена в конце XIX в., и стала последней из всех спутников планеты, обладающих сейчас собственными именами. Феба – самый удаленный спутник Сатурна. Ее орби-

та отстоит от планеты-хозяина на 13 млн км, что в 3,6 раза больше аналогичного расстояния для Япета. Феба во многом не похожа на другие члены семейства Сатурна. Орбита ее сильно наклонена к плоскости экватора Сатурна. А проделанный позднее анализ движения этого спутника привел к потрясающим результатам.

Феба обращается вокруг планеты в противоположном направлении по сравнению с остальными спутниками Сатурна, а плоскость ее орбиты значительно наклонена к плоскости экватора планеты. Кроме того, орбита Фебы удалена от Сатурна более чем на 100 млн км – значительно дальше чем другие его спутники. Учитывая все это, ученые предположили, что Феба была захвачена гравитационным полем Сатурна уже спустя некоторое время после образования его спутниковой системы.

Самый маленький из крупных спутников, Феба, диаметр которой составляет всего 220 км, имеет форму правильного шара. Такая форма столь малого небесного тела была неожиданностью для ученых. Феба – единственный в системе Сатурна несинхронный спутник: период ее вращения непостоянен и колеблется около значения 8–9 ч. Поверхность Фебы намного темнее, чем у других спутников, отражательная способность составляет всего 0,05. Все эти особенности позволяют предположить, что Феба – захваченный Сатурном астероид, путь которого однажды прошел слишком близко от планеты, или кометное ядро, попавшее в аналогичные условия. Однако чем же была Феба до того, как стать спутником Сатурна, – астероидом или кометой? Некоторые ученые склоняются к последнему варианту. Как показали исследования, проводившиеся во время пролета «Вояджера-2» около Фебы, поверхность этого спутника состоит из очень темного материала, отражающего всего 5% падающего на него солнечного света. По мнению ученых, именно такой материал характерен для ядер комет.

Фобос

Один из двух спутников Марса назван Фобосом в честь одного из сыновей бога войны Ареса-Марса. В переводе с греческого это имя означает «страх».

Фобос является более крупным спутником планеты Марс, второй спутник называется Деймосом. Существование обоих тел было с большой точностью предсказано знаменитым И. Кеплером, и эти данные о неоткрытых еще космических объектах впоследствии использовал Дж. Свифт в работе над «Путешествиями Гулливера». Открытие Фобоса состоялось в 1877 г., когда спутник был замечен в мощный телескоп американским астрономом А. Холлом.

По своему строению тело спутника представляет собой подобную астероиду каменную глыбу без четких геометрических очертаний. Характер движения и внешний облик указывают на происхождение тела из пояса астероидов. Скорее всего, этот, прежде свободнодвижущийся объект был притянут тяготением Марса и сделался спутником красной планеты.

Поверхность Фобоса, как показала космическая фотосъемка 70% площади этого тела, покрыта кратерами, которые возникли от столкновения тела с метеоритами. Вряд ли среди этих воронок найдутся вулканические по происхождению, поскольку на столь малых телах вулканизм невозможен (размеры спутника 27x21x19 км). Диаметр многих кратеров колеблется в пределах 10–50 км. Самый большой из них носит название Стикни в честь жены первооткрывателя спутников А. Холла. Именем Холла назван крупнейший кратер южной оконечности тела, иногда неверно называемой южным полушарием (у Фобоса не может быть полушарий, т.к. он не шарообразен). Также на поверхности тела фотосъемкой обнаружены продольные полосы – борозды, занимающие около половины

всего спутника. Ширина этих полос достигает 200 м при глубине в пределах 20–90 м. Изучение характера полос дало основания предположить, что они образовались порядка 3 млрд лет назад. Протяженность борозд составляет несколько десятков км. Причина возникновения этих форм рельефа неизвестна. Предположительно, они образовались от столкновения Фобоса с метеоритным роем. По другой версии, это следы раскола единого гипотетического марсианского спутника на нынешние Фобос и Деймос. Орбита спутника расположена в плоскости, наклоненной на 2,7 градуса к экватору планеты. Фобос удален от Марса в среднем на 9400 км, что в 41 раз ближе, чем расстояние между Землей и Луной. Однако это довольно тусклое и скромное для наблюдателя на Марсе тело: в полной фазе Фобос напоминает Луну в фазе первой четверти. Период обращения спутника вокруг Марса составляет немногим более 7 ч 39 мин. Это необычайно быстрый космический объект. Движение тела легко наблюдать на небе планеты находящемуся на марсианской поверхности. За 40 с времени Фобос проходит на небосклоне путь в 31 угловую мин. Это расстояние сопоставимо с половиной видимого диаметра лунного диска на земном небе. Каждые 40 с на половину земной Луны! За один оборот красной планеты вокруг собственной оси, спутник обегает вокруг Марса три раза, причем каждый раз полностью меняет фазы. Повышенная скорость столь тяжелого объекта долгое время не могла быть объяснена. Авторитетным астрофизиком И.С. Шкловским была выдвинута гипотеза о существовании обширной полости внутри Фобоса: спутник якобы имеет искусственное происхождение и представляет собой космический орбитальный аппарат. Это служило доказательством существования разумной жизни в Солнечной системе. Но как выяснилось в дальнейшем, ускорение Фобоса вызвано «приливным» воздействием гравитации Марса.

Подробнее по отдельным вопросам см.: *Астероиды, Величины астрономии, Вулканизм, Деймос, Луна, Марс, Метеориты, Спутники естественные.*

Х

«Хаббл»

«Хаббл» – название крупного орбитального телескопа-рефлектора для наблюдений в оптическом диапазоне по астрономическим программам специально созданного в Бостоне для координации работы КТХ Института космического телескопа. Телескоп назван в честь великого американского астронома Эдвина Хаббла (1889–1953 гг.), открывшего разбегание галактик и расширение Вселенной. КТХ (Космический телескоп имени Хаббла) является уникальным сооружением. Он имеет величайшее значение для развития науки, поскольку обогатил астрономию новыми сведениями о мировом пространстве, в частности, о Солнечной системе. Создание КТХ символизировало собой очередной прорыв в космических исследованиях, открытие новых горизонтов человечеством. КТХ представляет собой один из немногих орбитальных оптических телескопов и одновременно самый большой. Причиной тому является повышенный интерес ученых в первую очередь к астрофизическим исследованиям в области невидимых электромагнитных волн, которые почти не проходят сквозь земную атмосферу. Поэтому прежде орбитальные телескопы строились преимущественно в расчете на прием рентгеновского и ультрафиолетового излучений. Благодаря та-

ким исследованиям удалось получить ценнейшую информацию о космосе. Однако оптическая астрономия оставалась в стороне от космических научных программ, поскольку вполне могла обходиться наземными наблюдениями.

Но поскольку в световых лучах видно дальше всего, то со временем возросла потребность в возобновлении активных оптических наблюдений, причем более высокой точности, чем прежде. Воздушная оболочка нашей планеты препятствует им, ограничивая возможности телескопов разрешающей способностью в 1–0,3 с дуги. Более отчетливое изображение удастся получить лишь в космосе. С этой целью было построено несколько оптических телескопов. Создание «Хаббла» – самого большого из них – стало событием в астрономии. Его разрешающая способность достигала 0,1 с дуги. Постройка гиганта началась на заводе фирмы «Локхид» в конце 1970-х гг., а запуск состоялся только в 1990 г.: так много проблем пришлось преодолеть инженерам и ученым. Запуск на орбиту изначально был запланирован на 1983 г., но сложнейшее устройство нуждалось в доработке.

Окончательно готова оптическая система была в 1986 г. Но запуск не состоялся по причине катастрофы с «Челленджером», которая затормозила программу челночных полетов. Когда в конце 1980-х «Шаттлы» вновь стали отправляться в космос, возродилась надежда на отправку КТХ на орбиту. 22 апреля 1990 г. долгожданное событие состоялось.

Космический корабль многоразового использования, челнок «Дискавери» после выхода на орбиту при помощи специально сконструированного для таких целей механического манипулятора извлек из своего грузового отсека телескоп, который стал искусственным спутником нашей планеты. Общая стоимость осуществившегося проекта «Хаббл» равняется 1,5 млрд долларов.

Космический телескоп имени Хаббла представляет собой спутник-обсерваторию для свободного плавания в космическом пространстве на орбите Земли (высота 500 км от земной поверхности) в процессе проведения астрономических наблюдений.

Устройство оснащено всем необходимым оборудованием для реализации поставленных учеными задач. КТХ конструктивно выполнен в форме цилиндра длиной в 13 м и средним диаметром в 4,3 м. Масса сооружения достигает 10 т, причем 0,9 т приходится на зеркало, которое достигает в диаметре 2,4 м. На постройку телескопа пошли особые, новейшие материалы, включая композиционные материалы для трубы.

Наибольшим достижением химиков и инженеров было отлитие облегченного зеркала (правильно: зеркало облегченной конструкции), масса которого при соблюдении обычных технологий достигала бы много более 3 т, т.е. суммарная масса спутника насчитывала бы минимум 12 т.

Кроме особой конструкции создателями КТХ использовались опять-таки новые сверх легкие материалы. Верхом технического мастерства при постройке телескопа несомненно была разработка сложнейшей системы наведения, сделавшей возможным ориентацию спутника-обсерватории и проведение им наблюдений.

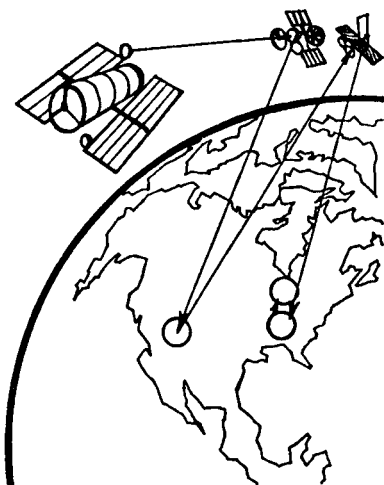


Рис. 94. Связь «Хаббла» с Землей

Единственным требованием ученых к космическому телескопу, за исключением, высокой разрешающей способности, была точность стабилизации изображения и поиск объекта. Поиск объекта сводится к обнаружению расчетной части неба и «всматриванию» в эту часть. Стабилизация заключается в почти неподвижном фиксировании объектива КТХ на источнике света, когда смещение наблюдаемого объекта за время экспозиции составляет менее 0,01 с. Успешное осуществление обеих задач оказалось возможным благодаря системе наведения. Используя энергию солнечных батарей суммарной мощностью в 4700 Вт, спутник-обсерватория подключает механизм из 3 маховиков. Приходя в движение, последние разворачивают его в нужное положение. При сильном изменении положения из-за сопротивления атмосферы, разряженной, но наличествующей на высоте орбиты КТХ, микропроцессорный блок управления подключает маломощные реактивные двигатели. Так происходит наведение объектива на искомый участок неба.

Далее система ориентации осуществляет сличение найденного участка с действительно искомым. Дополненные счетчиками фотонов особые приборы с зарядовой связью воспринимают вид звездного неба, обнаруживая на нем в окраинной зоне обзора любые две звезды малой светимости, не слабее, однако, 14,5 звездной величины. Компьютер сравнивает взаиморасположение этих звезд-ориентиров с записанными в его памяти на двух оптических дисках данными о более чем 18,8 млн звезд.

Если сличение дало положительный результат, значит объектив наведен верно и из центральной части обзора воспринимается оптическая информация – наблюдается нужный астрономический объект. В противном случае либо производится поправка за счет резервных звезд периферии, либо отменяются наблюдения намеченного объекта. При наблюдении за объек-

том нередко меняется положение зеркала, которое также является управляемым. Далее блоком управления подключается система сопровождения объекта наблюдений.

Вне зависимости от движения космического тела или от смещения самого телескопа любые отклонения, зафиксированные двумя точнейшими датчиками, исправляются автоматикой за доли секунды: включается вторичное зеркало спутника, которое сдвигает фокус изображения, осуществляя тем самым подстройку.

Собранная информация 2 раза в сутки отсылается на обычный спутник связи НАСА, а оттуда транслируется на Землю, где ее принимает наземная станция Уайт-Сэндз. Из этой станции полученные сведения поступают через спутниковую связь и Космический центр НАСА в Балтимор, в Институт КТ.

Из института осуществляется управление работой орбитальной обсерватории, выполняются планы исследований, разрабатываются новые задачи. «Хаббл» дал науке немало открытий о Солнечной системе, например, впервые получил фотографическое изображение Плутона и его спутника.

Подробнее по отдельным вопросам см.: *Астрономия, Величины астрономии, Исследования космические, История астрономии, Космонавтика, Солнечная система, Телескопы.*

Харон

Харон – естественный спутник Плутона, самой удаленной от Солнца планеты Солнечной системы. Диаметр Харона составляет 1300 км, и находится он от Плутона на расстоянии около 20 000 км, что составляет всего семь диаметров планеты. Сис-

тому Земля – Луна нередко называют двойной планетой, однако, в гораздо большей степени это относится к Плутону и его спутнику. Нетрудно сравнить: Земля в 81 раз массивнее Луны, Плутон превосходит Харон по массе только в 12 раз.

Расстояние от Земли до Луны превышает 30 земных поперечников, тогда как для системы Плутон – Харон это отношение равно 7. Харон обращается вокруг Плутона за 6,39 суток. Этот период в точности равен времени, за которое он успевает обернуться вокруг своей оси. Следовательно, Харон обращен к Плутону всегда одним и тем же полушарием, так же, как и Луна по отношению к Земле. При этом на небе Плутона Харон виден диском в 9 раз большим, чем полная Луна. Но диск Харона тусклый, несравнимый в этом отношении с Луной.

Подробнее по отдельным вопросам см.: *Астероиды, Астрономика, Астрономия, Астрофизика, Величины астрономии, Солнечная система, Эволюция Солнечной системы.*

Ч

«Черная дыра»

Наличие «черных дыр» во Вселенной было впервые предсказано известным астрономом П. Лапласом в 1795 г. Однако ученый, исходивший из законов классической механики, не мог объяснить природу этих поразительных объектов. Поэтому настоящие исследования проблемы «черных дыр» начались с 1939 г., когда Р. Оппенгеймером была обнаружена во Вселенной непонятная структура, физически аналогичная «черной дыре» Лапласа. Современные физики описали свойства загадочных тел, используя теорию относительности. Считается, что перед нами останки взрыва сверхмассивных звезд, которые вдавлились сами в себя под действием порожденной собой же гравитации. Эти тела не способны что-либо излучать из-за своего чудовищного тяготения, они только поглощают вещество и космические лучи. По последним расчетам физиков, базирующихся на релятивистских взглядах на «черные дыры», при прохождении такого рода объекта сквозь Землю вполне могла бы произойти экологическая катастрофа, вроде Тунгусского лесоповала. Область Тунгуски, видимо, была местом входа «дыры». Поскольку места выхода уникального космического образования пока не найдено, то гипотеза окончательно не при-

нята. Соседством «черной дыры» с Солнечной системой пытаются объяснить поведение кометного облака на нашей периферии и даже отклонения орбиты Плутона. Вполне вероятно, что вместо Трансплутона по соседству с нами находится настоящая «черная дыра».

Подробнее по отдельным вопросам см.: *Астрофизика, Бомбардировки космические, Величины астрономии, Метеориты.*

Э

Экзобиология

Экзобиология (греч. экзос – внешний, биос – жизнь, логос – наука) – наука о живых организмах, гипотетически обитающих вне нашей планеты. Предположительно, живая материя может возникнуть и развиваться в любой точке космического пространства при наличии благоприятных условий, каковые присутствуют, в частности, на Земле.

Планеты Солнечной системы и, судя по всему, иных планетных систем обладают во многом близкими к земным физико-химическими характеристиками, а потому являются единственными местами во Вселенной, где возможно зарождение и последующая эволюция жизни. Исходя из этих установок, экзобиология осуществляет планомерный поиск живых существ на других планетах, доступных изучению посредством космической техники. Астрономия и астрофизика не располагают пока должными способами обнаружения жизни на другом космическом теле, а потому летательные аппараты с оборудованием для биохимического анализа являют собой единственную возможность проводить экзобиологические изыскания в мировом пространстве. Научно обоснованный поиск живой материи в пределах Солнечной системы с использованием последних дос-

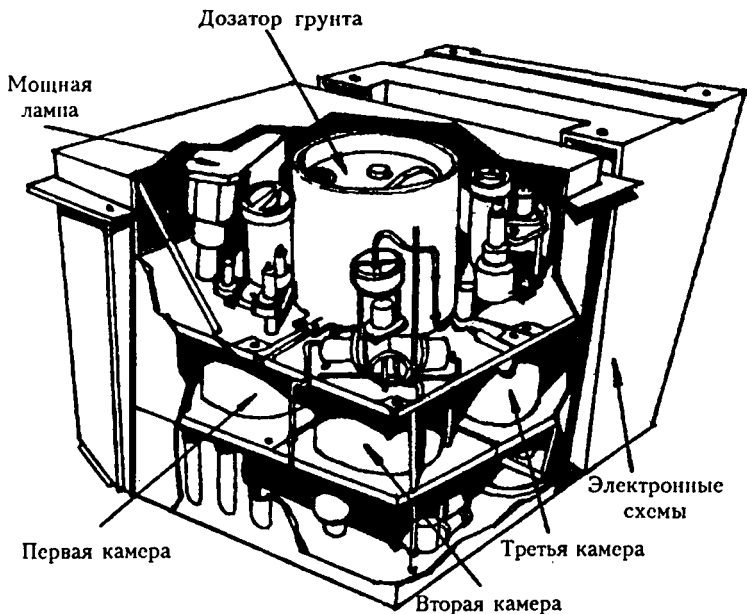


Рис. 95. Схема устройства биологической лаборатории «Викинга»

тижений техники проводился пока лишь на двух телах: на естественном спутнике Земли Луне и на планете Марс. Собранные астрофизиками информация об остальных космических телах позволяет выдвигать предположения о существовании жизни на них или о ее полном отсутствии, однако, эти выводы умозрительны и не подкреплены экспериментально. Видные астрономы прошлого, включая В. Гершеля и К. Фламариона, предполагали существование на Луне развитой жизни и даже разумных особей. В середине прошлого столетия, однако, были составлены четкие представления о царящих на по-

верхности спутника условиях, а потому возможность обитания на нем живых организмов стала казаться ученым ничтожно малой. И все же в процессе геохимического анализа лунного грунта биохимиками были проведены тесты, которые могли бы выявить наличие в лунной почве примитивных микробов. Образцы грунта, породы реголита, были впервые доставлены на Землю экспедицией «Аполлона-11» в 1969 г., а затем командами других кораблей серии «Аполлон» (1969–1972 гг.) и советскими АС серии «Луна», посетившими спутник в 1970 («Луна-16»), 1972 («Луна-20») и 1976 гг. («Луна-24»). Образцы из Океана Бурь и Моря Спокойствия, добытые «Аполлонами», и образцы из Моря Изобилия, собранные «Луной-16», подверглись биологическим тестам. Эксперимент включал в себя засеивание проб реголита на разные питательные среды и даже, в советских опытах, на культуры тканей. Использовались самые разнообразные питательные среды и физические условия, подобранные для микроорганизмов с различными способами питания и энергетического обмена. Эксперименты были рассчитаны на обнаружение гетеротрофных, автотрофных, анаэробных, аэробных и паразитических микроорганизмов. Результаты оказались отрицательными. Не было обнаружено стимулирующего или подавляющего действия реголита на земные бактерии. В 1969 г. американские космонавты А. Бинн и Ч. Конрад доставили на Землю телекамеру АС «Сервейор», находившуюся на Луне с 1967 г. В этой телекамере, тщательно обследованной микробиологами, не было обнаружено следов лунных организмов, зато найдена живая земная бактерия стрептококк. Она, вероятно, попала внутрь камеры при сборке на заводе, и потом пребывала в состоянии анабиоза во время своего космического путешествия. По прибытии на Землю бактерия вновь ожила и стала активной. Этот факт указывает на способность

организмов приспособляться к любым экстремальным условиям космоса. Поиск жизни на Марсе осуществлялся учеными в 1976 г. в рамках исследовательской программы американских межпланетных станций «Викингов». Собранные ценную физическую, химическую, метеорологическую и ареологическую информацию, эти летательные аппараты провели эксперименты с целью обнаружения присутствия в марсианском грунте каких-либо организмов. Для исполнения этой сложнейшей задачи «Викинги» были оснащены небольшими бортовыми биолaborаториями. Биолaborатория космического аппарата включала в себя три отсека, которые через специальный дозатор заполнялись марсианским грунтом. Грунт собирался автоматическим манипулятором «Викинга», оснащенным совком. В каждый из отсеков лаборатории поступало из дозатора не более 2 см³ почвы. Отсеки предназначены для проведения различных экспериментов, а потому оснащены особой техникой для создания необходимых условий. В первом отсеке проводился эксперимент с использованием «меченого» углерода. Отсек с грунтом наполнялся радиоактивным углекислым газом, а затем освещался мощным источником света, имитирующим Солнце. Спустя какое-то время отсек наполнялся инертным газом, а грунт сильно разогревался. Этот эксперимент был призван выявить существование фотосинтезирующих микроорганизмов в марсианской почве. Такие микробы используют, как растения, солнечный свет и углекислоту для создания собственных органических соединений. Ученые, подготавливая технику к этому опыту, рассчитывали на то, что гипотетические живые существа станут под действием света от лампы поглощать углекислоту и превращать «меченый» углерод в органику.

После нагрева микробы должны были погибнуть, а их вещества разложиться. При разложении выделился бы радиоактивный газ, появление которого смог бы зафиксировать счетчик



Рис. 96. График выделения радиоактивных газов из пробы марсианского грунта

радиации. Опыт занял по продолжительности 5 марсианских дней. Были получены интересные результаты. Счетчик-детектор зарегистрировал выделение из грунта большого количества радиоактивного газа: уровень радиации в отсеке резко повысился и достиг 96 импульсов в минуту, что, между прочим, многократно превышает активность выделения «меченых» газов в сходном эксперименте для скудной микроорганизмами почвы Антарктиды, когда измеренный уровень радиации составил не более 40 импульсов в минуту. Второй отсек биолaborатории «Викинга» был предназначен для проведения эксперимента с питательными средами.

Грунт увлажнялся небольшим количеством питательной жидкости, которую хорошо потребляют все земные микроорганизмы. Эта жидкость также содержала «меченый» углерод. По замыслу ученых, марсианские микробы, питаясь радиоак-

тивной жидкостью, станут выделять с дыханием «меченый» углерод, который зафиксирует по повышению уровня радиации счетчик. Эксперимент длился более 20 марсианских дней. После первого введения в пробу грунта питательной среды сразу обозначился резкий рост уровня радиации в отсеке. Спустя четыре дня детектор не заметил больше повышения радиации, она неизменно оставалась теперь на прежнем уровне.

Зато после второго, повторного ввода питательной жидкости радиоактивность вновь выросла, но на сей раз не на много, а потом начала стремительно падать. Упав почти на треть, уровень радиации затем возобновил медленный рост. Этот эксперимент был произведен повторно. Теперь грунт сначала тщательно прогревался при температуре 160 °С на протяжении 3 часов, и только потом в него была добавлена питательная среда. За несколько минут после ввода жидкости счетчик зафиксировал повышение радиации, которая затем резко упала. В третьем отсеке грунт не полностью, лишь частично увлажняли питательной средой. Проба почвы находилась в атмосфере углекислоты и инертных газов (гелия и криптона). В план эксперимента входило взятие образцов атмосферы из отсека для обнаружения методом масс-спектрографии новых газов: азота, водорода, кислорода, метана, углекислого газа – тех, которые могут выделяться живыми существами. Для этого с отсеком соединялся газовый хроматограф.

После увлажнения анализатор выявил повышение содержания углекислоты и кислорода в газовой смеси. Повторное увлажнение, проведенное спустя несколько дней, показало отличные от первоначальных результаты. Углекислоты выделилось совсем немного, кислород же полностью отсутствовал.

Результаты работы автоматической биологической лаборатории «Викингов», в особенности второго отсека, дают все основания надеяться на возможность существования марсианских живых орга-

низмов. Аналогичные результаты для Земли давали бы стопроцентную уверенность в обнаружении жизни. Однако ученые не сделали столь поспешных утверждений, поскольку на Марсе несколько иные условия и приборы могли зафиксировать всего лишь неизвестные ученым химические реакции в почве. Поиск следов былой жизни на Марсе посредством масс-спектрографического анализа пробы грунта на предмет наличия живых органических соединений дал отрицательный результат.

Осмотр телекамерами «Викингов» окрестностей координировался системой слежения, которая должна была зафиксировать любой движущийся объект и передать его изображение. Это было сделано на случай приближения к станции крупных активных животных. Ничего подобного замечено не было.

Подробнее по отдельным вопросам см. статьи: «Аполлон», *Биология космическая*, *Величины астрономии*, «Викинг», *Жизнь*, *Исследования космические*, *Луна*, «Луна», *Марс*.

Экзопалеолингвистика

Экзопалеолингвистика (от «экзос» – «внешний», «палайос» – «древний», «лингвистикс» – «относящийся к языку») – раздел лингвистики, сопряженный с астрономикой, который изучает влияние ранних космологических представлений человечества на развитие языка и возникновение астрономической терминологии и наоборот, через развитие астрономов изучает процесс формирования первых систем мира. Экзопалеолингвистика напрямую связана с лингвистикой, палеолингвистикой, ономастикой, астрономикой (космонимикой), астрономией и палеоастрономией.

Эта наука реконструирует прошлое человеческого мышления и познает особенности восприятия и познания окружающего мира, а потому имеет большое значение для истории астрономии, истории науки в целом, для философии науки.

Хрестоматийными примерами экзопалеолингвистического анализа тех или иных устойчивых выражений в языке, имеющих древнее происхождение, являются связанные с Луной фразы и словосочетания. Задолго до эры космонавтики возникла крылатая фраза «ничто не вечно под луной». Это выражение происходит из воззрений древних греков на строение Вселенной.

Под влиянием Евдокса Книдского ряд видных мыслителей античности сходилась во мнении: движение планет и Солнца вокруг Земли происходит по особым сферам. Сфера Луны находилась ниже всего, поэтому земной мир назывался еще подлунным. Движение обожествленных светил считалось идеальным и вечным, не прекращающимся, тогда как на Земле все относительно, бренно, непостоянно. Аристотель Стагирит узаконил и дополнил систему Евдокса, попутно возведя в абсолют идею о вечности космического движения.

Благодаря учению Аристотеля в умах людей укоренилась идея, что ничто не вечно под Луной. В славянской и древнерусской мифологии упоминается существование некоего «тридевятого царства» и «тридесятого государства». Предполагается, что под таким сказочным царством подразумевалась Луна, на диске которой люди издревле видели загадочные фигуры из темных пятен на светлом фоне. Эти фигуры становились вместе с самим спутником персонажами мифов, легенд и сказаний. Числовые значения произведений «три-девять» и «три-десять» приближенно равны сидерическому (27,3217 суток) и фактическому (29,5306 суток) периодам оборота Луны вокруг Земли. Древние великолепно знали о вращении Луны, о продолжительности лунного месяца. На основе этих знаний еще в

доисторические времена был составлен первый календарь. Поэтому в далеком прошлом естественный спутник Земли вполне могли назвать тридевятым царством и тридесатым государством.

Подробнее по отдельным вопросам см.: *Астронимика, Астрономия, История астрономии, Космонимика, Луна, Палеоастрономия, Системы мира, Солнце.*

Эклиптика

Понятие эклиптики имеет происхождение в теории движения Солнца. Известно, что в полночь наибольшую высоту над горизонтом имеют те звезды, прямое восхождение которых на 180 градусов (половину окружности) отличается от прямого восхождения Солнца. Каждую следующую полночь в этом положении оказываются новые звезды, отстоящие от своих предшественниц на 1 градус. Следовательно, прямое восхождение Солнца ежедневно возрастает на 1 градус, а это в свою очередь означает, что Солнце медленно перемещается с запада к востоку относительно звезд – в направлении, противоположном направлению суточного вращения неба. Это годовое движение Солнца называется видимым, т.к. в действительности является отражением реального движения Земли вокруг Солнца; благодаря последнему, вид звездного неба испытывает периодические сезонные изменения. Из ежедневных измерений зенитной высоты Солнца бы сделан вывод, что полгода светило находится в Северном небесном полушарии, полгода – в Южном, максимально удаляясь от небесного экватора на 23 градуса 26 мин 29 сек.

Следовательно, годичное движение Солнца происходит по большому кругу небесной сферы, наклоненному к небесному экватору под тем же углом – 23 градуса 26 мин 29 сек. Этот большой круг и получил название эклиптики (от греч. «эклипсис» – «затмение»), а угол его наклона к небесному экватору – название наклона эклиптики. Слово «затмение» возникло здесь не случайно. Среди условий, необходимых для наступления солнечного или лунного затмения, одним из главных является приближение Луны к эклиптике. Эклиптика проходит через 12 созвездий, 11 из которых названы по имени реальных или мифических живых существ: Рыбы, Овен, Телец, Близнецы, Рак, Лев, Дева, Весы, Скорпион, Стрелец, Козерог и Водолей. От греческого слова «зоδιαкос» – «зверь» – и происходит название, общее для всех них: зодиакальные созвездия. Весь же пояс зодиакальных созвездий называется Зодиаком. Протяженность зодиакального пояса вдоль эклиптики различна для всех созвездий. Наибольшая протяженность – около 40 градусов – приходится на долю созвездий Тельца, Девы и Стрельца, тогда как по созвездию Скорпиона проходит совсем коротенькая дуга эклиптики длиной всего в 5 градусов.

Эпициклы

Эпициклами в геоцентрической системе мира александрийского астронома Клавдия Птолемея (II век н.э.) называются особые дополнительные орбиты планет. Птолемей развивал физически неверную аристотелевскую систему мира, чтобы понять действительные движения планет и светил для объяснения истинных движений этих космических тел и тем самым

устранить неразрешимые противоречия между идеальной схемой Аристотеля и реальными наблюдениями. Геоцентрическая система мира утверждает, что все космические светила обращаются вокруг массивной Земли, неподвижно покоящейся в центре Вселенной. Исключение представляют лишь неподвижные звезды, которые находятся в самой высшей части (сфере) неба, венчающей мироздание. Под этой восьмой сферой находятся семь других, соответствующих семи видимым невооруженным глазом телам Солнечной системы – Солнцу, Луне и пяти планетам. Лунная сфера является самой низкой, она наиболее близка к Земле. В подлунном мире ничто не вечно и не идеально, зато в небесных сферах царит великая симпатия (гармония).

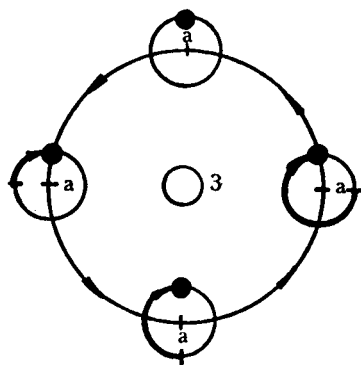


Рис. 97. Движение небесного тела по эпициклу

Здесь все объекты движутся по кругу, круговой орбите, являющейся самой замечательной геометрической фигурой. Эта система отвечала религиозным и философским представлениям греков и других народов прошлого о порядке вещей, соответствовала сложившемуся мировоззрению. Поэтому она заслонила собой все ранние гелиоцентрические системы мира и заняла господствующее положение в науке. Однако истинные орбиты космических объектов не являются идеальными окружностями. Тело, которое движется под влиянием силы тяготения, убывающей по закону Ньютона в зависимости от квадрата расстояния, описывает в пространстве эллипс, пусть иногда и близкий к окружности.

Кроме того, Земля не находится в центре Солнечной системы, т.е. истинное движение планет можно рассматривать, как обращение по орбите-эксцентрику вокруг Земли, не находящейся в центре эллипсоида. Тогда видимое движение тел будет представляться ускоренным: их скорость не остается неизменной, но периодически возрастает или возвращается в норму. Геоцентрическая система мира объяснить ускорение планет не могла, поэтому потребовалось пересмотреть некоторые ее положения, чтобы обнаружить ошибку.

Талантливый ученый, Птолемей взялся за эту задачу, априори соглашаясь с центральными положениями Аристотеля, которые как раз и оказались ложными: Земля по-прежнему признавалась центром Вселенной, а движение светил связано единственно с кругом – идеальной фигурой. Александриец предположил наличие более сложного пути небесных тел по добавочным круговым орбитам, о чем написал в историческом трактате «Великое построение, изложенное в 13 книгах», или по-арабски «Альмагест». Пусть планета обращается по добавочной орбите с постоянной скоростью a и с периодом обращения t . При этом добавочная орбита обращается вокруг Земли по основной орбите. Движение происходит равномерно и за то же время t . Сложение этих движений наземному наблюдателю покажется сплошным изменяющимся движением. Т.е. получается, что планета вращается как бы вокруг нематериальной точки, а уже та совершает путь по основной орбите. Последняя при этом называется деферентом., а добавочная, на которой находится светило, зовется эпициклом. Применений одного эпицикла было явно недостаточным для описания видимого движения планет, поэтому со временем в процессе развития и усовершенствования птолемеевская система прошла путь от пользования двумя до пользования несколькими эпициклами. При этом лишь на последнем эпицикле обращалась планета, а все

остальные несли на себе нематериальные точки. Об этой неуклюжей и громоздкой системе мира было сказано поэтом и мыслителем Дж. Мильтоном (XVII в.): «И населили они небо концентрическими и эксцентрическими кругами, взгромодили эпициклы на эпициклы, орбиты на орбиты». Однако ошибочность теории эпициклов выявилась лишь с дальнейшим развитием астрономии в XVI столетии. Долгое время ложное учение позволяло довольно точно решать многие практические задачи астрономии. В несколько модернизированном виде оно может применяться и в наши дни для астронавигации. Дело в том, что система эпициклов представляет собой лишенное физического смысла геометрическое решение гармонических уравнений. Значение непрерывной функции в этом уравнении может быть сколь угодно точным в прямой зависимости от числа гармоник, в настоящем случае – движений. Опровержение птолемеевской системы мира произошло сперва в 1543 г., когда издал свой труд Коперник, а затем, вторично в 1632 г. с изданием «Диалога» Галилея. Коперник сохранил в своей системе 34 эпицикла. Галилей окончательно уничтожил теорию Птолемея, поскольку в корне изменил неверные античные представления о механическом движении. Посредством открытых им законов инерции и классического принципа относительности движения великий итальянский астроном показал, что никаких объективных возражений против гелиоцентризма предъявлено быть не может. Благодаря этому И. Кеплер полностью отказался от эпициклов и установил истинную форму планетных орбит. Учение Птолемея с тех пор сохранялось в науке лишь стараниями инквизиторов. Труды Коперника и Галилея были разрешены церковью только в 1822 г.

Подробнее по отдельным вопросам см.: *Законы движения космических тел, История астрономии, Орбита, Системы мира, Солнечная система.*

Ю

Юпитер

Среди планет Юпитер по своему блеску занимает второе место, уступая Венере. Древние обладали живым и образным мышлением, что смогли по достоинству оценить свечение планеты. За блеск светило отождествили с верховным божеством. В римской мифологии Юпитером называли верховного бога, который вместе с богинями Юноной и Минервой правил прочими божествами римского пантеона. Юпитер отождествлялся с древнегреческим Зевсом – царем и отцом богов Олимпа, сыном Кроноса и Реи. С помощью молний этот бог утвердил свое господство над миром, который разделил на своеобразные сферы влияния и, оставив себе небо, отдал море Посейдону (Нептуну), а подземное царство Лиду (Плутону).

Астрономия

Юпитер – самая большая по массе и объему планета Солнечной системы. Это первая по порядку от Солнца планета в группе дальних, находящихся за Поясом астероидов. На земном небе он по свечению занимает четвертое место после Солнца, Луны и Венеры. Лишь Марс иногда, в дни предельного сближения с Землей, светится столь же сильно.

Видимый в земные телескопы диск Юпитера представляет собой не поверхность планеты, но газовую оболочку. Колосс Юпитер являет собой полную противоположность маленьким каменистым планетам земной группы. Его видимая поверхность подвержена непрерывным изменениям. Эта планета находится далеко от Солнца; когда Юпитер ближе всего к Земле, расстояние до него составляет около 630 млн км. Масса Юпитера более чем в 300 раз превосходит земную, а объем больше земного в 1000 раз. В телескоп Юпитер выглядит как золотистый диск, пересеченный темными и светлыми полосами, примерно параллельными друг другу. Глаз легко различает красноватые и коричневатые оттенки. На их фоне видны неправильные облакоподобные пятна. Диск кажется слегка сплюснутым перпендикулярно полосам, тщательные измерения подтверждают, что экваториальный диаметр больше полярного диаметра на $1/15$, или 0,7 земного диаметра.

Расстояние Юпитера от Земли равняется в минимуме 591 млн км, в максимуме 965 млн км. Среднее расстояние планеты от Солнца насчитывает 778,3 млн км, что составляет 5,2 а.е. Т.е. планета в 5 раз более удалена от Солнца, чем Земля.

Период обращения Юпитера вокруг Солнца занимает 11,9 земных лет, при этом скорость движения по орбите равна примерно 13 км/с. Хорошо заметно земному наблюдателю сжатие планеты у полюсов. Это сжатие характерно и для других планет и спутников, но в сравнении с таковым у Юпитера сплюснутость Луны, Меркурия или, например, Венеры много меньшая. Планета-гигант сжата с полюсов за счет быстрого вращения вокруг собственной оси.

Сутки на Юпитере делятся от силы 9 ч 55 мин. в умеренных зонах, которые движутся медленнее. Экваториальные области обращаются за 9 ч 50 мин. Несложно подсчитать, что юпитерианский год длится 10 530 местных суток. Сплюсну-



Рис. 98. Красное Пятно – ураган на Юпитере

тость, причем значительная, позволяет различать радиусы полярный и экваториальный. Последний равен 71,4 тысячам км, т.е. в 11,2 раза превосходит земной. У Юпитера все больше, чем у других планет, даже родственных ему гигантов. Начать с того, что его объем в 1320 раз превосходит земной и в 1,6 раза объем всех планет Солнечной системы вообще. Удивительно, что по массе Юпитер превосходит Землю лишь в 318

раз, достигая 1,9 септиллионов т. Столь существенное различие между объемом и массой объясняется низкой плотностью вещества планеты, равной $1,33 \text{ г/см}^3$. Однако даже эта сравнительно малая масса в 2,45 раза превосходит суммарную массу всех прочих планет Солнечной системы.

Площадь гиганта насчитывает 59 млрд кв. км. На поверхности планеты поместятся 115,6 земных поверхностей или примерно 1 триллион раз поместится Красная площадь. Юпитер вращается очень быстро.

Экваториальная область вращается гораздо быстрее, чем более высокоширотные области. Ее период вращения на 5 мин короче и равен приблизительно 9 ч 50 мин. Периоды от 9 ч 51 мин. до 9 ч 53 мин. наблюдаются редко; вращение с таким периодом, по-видимому, неустойчиво. Линейные скорости перемещения деталей на экваторе – около $40\,000 \text{ км/ч}$. Эти периоды вращения относятся только к высотам, на которых наблюдаются облака.

Наблюдения радиоизлучения Юпитера показывают, что ось его мощного магнитного поля наклонена на 10 градусов к оси вращения. Магнитное поле вращается весьма равномерно, с периодом 9 ч 55 мин. 29,37 сек., а это указывает на почти твердотельный характер вращения планеты под слоем облаков. Малая плотность вещества позволила ученым предположить, что Юпитер пребывает в полугазообразном состоянии. Согласно расчетам известного астрофизика, академика В. Г. Фесенкова (1951 г.), планета-гигант может состоять на 75% из водорода и на 25% из гелия. Долгое время пропорция оставалась гипотезой, поскольку обнаружить гелий в спектре Юпитера не удавалось. Лишь 20 лет спустя американские «Пионеры» обнаружили присутствие гелия в атмосфере Юпитера, доказав справедливость предположения Фесенкова.

Центробежная сила, возникающая вследствие вращения, достаточна для создания видимого сжатия, хотя сила тяжести на Юпитере в 2,6 раза больше, чем на поверхности Земли. Однако если бы внутреннее строение Юпитера было подобно строению Земли, то сжатие должно было бы быть еще больше. Значит, плотность с глубиной у Юпитера растет быстрее, чем у Земли. Поскольку средняя плотность равна всего $1,34 \text{ г/см}^3$, можно сделать вывод, что Юпитер, подобно Солнцу, состоит в основном из легких газов, главным образом водорода и гелия. Присутствие очень протяженной атмосферы очевидно из данных прямых наблюдений.

Наиболее поразительной особенностью юпитерианской атмосферы является Большое Красное Пятно, впервые замеченное в 1830 г. Это овал кирпично-красного цвета, протянувшийся параллельно экватору приблизительно на 50 000 км (почти на четыре земных диаметра!). Временами оно более заметно, а временами почти исчезает, но больше никогда оно не было таким ярким, как в первые годы после открытия. При съемке в

синих лучах пятно заметно темнее диска планеты. В красных лучах пятно почти исчезло. Если бы оно было белым, то в обоих цветах было бы видно одинаково хорошо. Т.о. беспристрастная фотопластинка подтверждает, что Большое Красное Пятно – действительно красное. Скорость его вращения непостоянна, и оно заметно дрейфует по поверхности планеты. В результате этого дрейфа оно прошло путь, равный трем оборотам относительно своего среднего положения на планете, рассчитанного при постоянном значении периода. Такая подвижность показывает, что пятно – плавающее возмущение. По видимому, оно постепенно затухает. Скорее всего, это ураган-антициклон, который не может успокоиться вот уже более трех с половиной столетий. Подобные ураганы обнаружены и в других областях планеты, например Белое Пятно, поперечник которой равен 16 000 км. Судя по большой подвижности атмосферы и высокому уровню радиационного излучения, на Юпитере часты фантастические по своим масштабам грозы – самые грандиозные в Солнечной системе. Потрясающие изображения системы Юпитера, переданные космическими аппаратами «Пионер-11» и «Вояджер-1 и 2», и физические измерения позволяют глубже понять сложную и грандиозную метеорологию атмосферы Юпитера. Темные полосы в спектрах планеты принадлежат аммиаку и метану. Метан преобладает и в спектрах других планет-гигантов.

Остальные темные линии в этих спектрах принадлежат газам внешнего слоя Солнца и земной атмосферы. Т. Данхем из обсерватории Маунт-Вилсон отождествил метан и аммиак, сжимая их раздельно в 20-метровой трубе: он обнаружил, что линии поглощения, возникшие в спектре светового пучка, дважды прошедшего через трубу, имеют такие же длины волн, как линии в спектре Юпитера. Слой газообразного аммиака толщиной 10 м при нормальном атмосферном давлении эквивалентен

его количеству, содержащемуся в юпитерианской атмосфере до глубины, на которую проникает солнечный свет прежде, чем отразится по направлению к Земле.

Для метана соответствующее значение составляет 160 м. Продолжающиеся наземные и космические наблюдения приносят все больше сведений о химическом составе атмосферы Юпитера. Как и ожидалось, преобладают водород и гелий. Хотя полосы поглощения метана и аммиака преобладают в инфракрасном спектре, их процентное содержание не намного больше, чем компонентов, находящихся на пределе обнаруживаемости. Вода вымерзла, сохранившись в газообразном состоянии в едва ощутимых количествах. Средняя молекулярная масса атмосферы Юпитера равна 2,2 атомной единицы массы.

Такое же значение было получено по наземным наблюдениям ослабления блеска звезд при их покрытии планетой. Над слоем облаков атмосферное давление падает вдвое на каждые 10–12 км. Легкие газы сжимаются вследствие большой силы тяжести. Температура с высотой падает быстро: от минус 113 °С при давлении 1,0 атм, до минус 160 °С при давлении 0,03 атм. На снимке, сделанном в темной полосе метана в ближней инфракрасной области спектра, самое яркое изображение дают самые верхние слои, где метана мало.

Темные области расположены глубже. Снимок, сделанный на длине волны непрерывного спектра вблизи темной полосы, позволяет видеть отдельные детали. Облака над Большим Красным Пятном и экваториальным поясом расположены высоко в атмосфере. На снимке выделяются полярные области, в которых происходит рассеяние от слоя дымки, образующейся очень высоко в этих холодных областях Юпитера. Чтобы понять метеорологию Юпитера, вспомним, что на Земле облака, ветры и циркуляционные течения обусловлены солнечным теплом, достигающим поверхности и нижней атмосферы.

Радиометрические измерения Юпитера указывают на генерацию тепла в недрах самой планеты, и его собственное тепловое излучение примерно вдвое превышает поток энергии, поступающей от Солнца. Кроме того, на Юпитере отсутствует твердая поверхность и какой-либо рельеф.

Тепло из недр выносится путем вертикальной конвекции, порождающей турбулентные вихри. На Земле нагрев происходит в основном в экваториальных областях, и здесь теплый воздух поднимается в атмосферу. Растекаясь затем в направлении к полюсам и опускаясь вниз на средних широтах, где линейная скорость вращения поверхности Земли ниже, чем на экваторе, эти воздушные потоки смещаются к востоку. Следовательно, на средних широтах преобладают западные ветры. Ближе к экватору дуют пассаты, питаемые энергией атмосферы более высоких широт и направленные с востока на запад, т.е. восточные пассаты. В областях циклонических возмущений воздух втягивается в область низкого давления. В северном полушарии циклон вращается против часовой стрелки, в южном – по часовой стрелке, поскольку воздушный поток, движущийся к экватору, отклоняется к западу, а поток, удаляющийся от экватора – к востоку. Следовательно, при сближении воздушных масс создается типичное циклоническое вращение.

Это упрощенное описание картины земной циркуляции дает некоторое представление о сложной системе циркуляции на Юпитере. В экваториальной зоне до 9 градусов обеих полушарий течения направлены строго с запада на восток (западные ветры), скорость здесь приблизительно 100 м/с. Вблизи 20-х широт ветры дуют с востока на запад со скоростью около 50 м/с – своего рода слабые пассаты. Большое Красное Пятно увлекается на запад вместе с южной тропической зоной. Дальше от экватора на умеренных широтах снова видны узкие движущиеся с высокой скоростью на запад белые полосы. На

изображениях, переданных «Вояджером», северная умеренная зона шире, более однородна и движется быстрее, чем южная. Со временем ситуация меняется и может стать обратной. Между основными течениями заметны вихри и струи. Большое Красное Пятно не связано с глубокими слоями планеты. В нем наблюдается подъем вещества из верхних областей и растекание его от центра. Этим и объясняется низкая температура пятна и антициклоническое вращение в нем, т.е. против часовой стрелки в южном полушарии, с периодом около 7 суток.

Белые овалы представляют собой подобные возмущения; они появились в 1939 г. и в настоящее время сжимаются. Большое Красное пятно также сжимается, но его возраст не известен; возможно, оно образовалось гораздо раньше, чем было обнаружено. Метеорологи окончательно отказались от гипотезы, что Большое Красное Пятно и белые овалы – следствие катастрофических явлений, таких, как извержения вулканов или падения метеоритов. Они должны развиваться, расти и поддерживаться за счет конвективных ячеек, которые выносят внутреннее тепло Юпитера из недр к видимой поверхности, откуда оно излучается наружу. Полученные с помощью телекамер «Вояджер» последовательные серии снимков позволяют исследовать структуру движения. Они показывают, что вокруг Большого Красного Пятна существуют вихри, вероятно, пробирающиеся себе путь сквозь примыкающие к нему облачные образования. Некоторые вихри сталкиваются, другие закручиваются в жгуты и исчезают.

Облака на Юпитере, которыми занят нижний этаж атмосферы планеты-гиганта, т.н. тропосфера, имеют сложный химический состав. Самые высокие облака состоят из кристаллов аммиачного льда. Ниже следуют облака из гидросульфида аммония, которых подстилают облака из кристаллов водяного льда. Остальные облака состоят в основном из аммиака, причем тем-

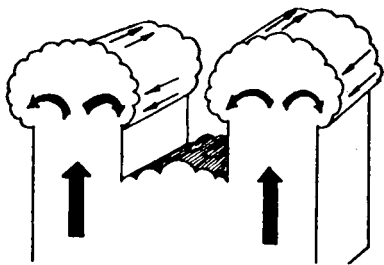


Рис. 99. Циркуляция газов на Юпитере

пература лежит в подходящих пределах, от минус 100 до минус 160 °С. При давлении 1 атм аммиак кипит при минус 33 °С и плавится при минус 78 °С, так что он легко вымерзает в атмосфере Юпитера, но при малом давлении паров его достаточно для появления спектральных полос. Метан кипит при минус 161 °С и плавится при минус

184 °С, поэтому существование жидкого или кристаллического метана почти полностью исключается. Облака на Юпитере простираются в интервале высот примерно 12 км, почти так же, как и земные облака. Изредка в умеренных зонах мы проникаем до глубин, соответствующих более чем двум земным атмосферам. Т.о. диапазон давлений для облаков на Юпитере также сравним с диапазоном для земных облаков. Устойчивые атмосферные составляющие не могут придать Юпитеру такую окраску. Окрашивающие вещества должны появляться, принимать участие в циркуляции и исчезать, иначе планета была бы окрашена постоянно одинаково. Возможно, из глубины с помощью механизма, напоминающего извержения вулканов, поступают окрашенные металлические соединения, а затем оседают или подвергаются химическим реакциям в атмосфере. Существует предположение, что в таких облачных протяженных турбулентных атмосферах электрические разряды приводят к образованию быстро распадающихся окрашенных соединений.

Космические аппараты «Вояджер-1 и 2» зарегистрировали мощные вспышки молний на Юпитере, сравнимые с сильнейшими грозовыми разрядами на Земле. Никакой зависимости

между молниями и цветом пока не найдено. Обнаружение на Юпитере фосфина указывает на возможное окрашивание Большого Красного Пятна кристаллами красного фосфора, образующегося при разложении фосфина под действием солнечного излучения. Во всяком случае, присутствие фосфина, германа и окиси углерода указывает на сильное вертикальное перемешивание вследствие конвекции и вихрей, возникающих на больших глубинах.

Астрофизика

Этот раздел посвящен физическим характеристикам планеты и отдельных ее оболочек. Данные, приведенные ниже, добыты преимущественно американскими межпланетными аппаратами «Пионер-10» и «Пионер-11», исследовавшими планету в период с 1973 по 1974 г., а также «Вояджерами». Планеты-гиганты существенно отличаются от других больших планет Солнечной системы, но отличия Юпитера весьма специфичны. Магнитосфера этой планеты считается самой протяженной в Солнечной системе. Высота границы магнитного поля насчитывает 8 млн км от поверхности планеты. Т.е. оно в 6 раз больше солнечного диаметра. Здесь поле сталкивается с потоком солнечного ветра и межпланетным магнитным полем. При этом образуется пограничная ударная волна, на которой скорость солнечного ветра снижается с 450 до 200 км/с.

Это снижение скорости позволяет Юпитеру захватывать протоны, электроны и прочие частицы ветра своей магнитосферой. Магнитное поле имеет сложную внутреннюю структуру, его силовым линиям характерна некоторая слоистость в распределении над планетой. «Пионер-10» четырежды регистрировал исчезновение с повторным возникновением магнитного поля. Другой странностью в строении юпитерианской магнитосферы является то, что магнитное поле гиганта двой-

ное. Оно складывается двумя соседствующими полями, дипольным и недипольным. Первое занимает пространство вокруг планеты с границами до 1,4 млн км. Полярность диполя противоположна земной.

Второе поле, недипольное, распространяется от границ дипольного – 1,4 млн км – до ударной волны на расстоянии 8 млн км от Юпитера. Отсутствие второго полюса объясняется тем, что он попросту уничтожен огромной величиной внешнего поля, которое очень слабо. В магнитосфере находятся в большом количестве ионы водорода, а также кислорода и серы, выбрасываемой в космос вулканами спутника Юпитера Ио. На орбите Ио магнитное поле гигантской планеты создает плазменный тор радиоизлучения и ультрафиолетовой эмиссии. У планеты имеются мощные радиационные пояса, которые по интенсивности радиоизлучения превосходят земной пояс в 40 000 раз и уступают только солнечным. Наиболее сильное радиоизлучение приходится на область в 428 000 км от планеты. Хотя радиоизлучение регистрируется не при каждом обороте Юпитера, на определенных долготах систематически генерируются всплески, указывающие на вращение источников как твердого тела с периодом 9 ч 55 мин 29,37 сек. Энергия всплесков радиоизлучения Юпитера соответствует энергии миллиарда одновременных вспышек молний на Земле; всплески, по-видимому, очень кратковременны – малые доли секунды. Они почти никогда не наблюдаются с Земли на длинах волн свыше 20 м из-за поглощения в земной ионосфере.

Не удивительно, что «Вояджеры» зарегистрировали длинноволновое излучение и шумовые бури в диапазоне длин волн от 3 до 30 км, или в диапазоне частот от 100 до 10 кГц. Их источник, очевидно, связан с внутренней частью магнитосферы, начинающейся, по-видимому, от верхней границы ионосферы Юпитера, и возможно, с движением внутреннего спутника Ио.

В микроволновом диапазоне температура Юпитера близка к ожидаемому из инфракрасных наблюдений значению -143°C , но с увеличением длины волны вычисленная эффективная температура становится гораздо выше и указывает на то, что Юпитер, подобно Земле, имеет магнитное поле и радиационный пояс, в котором непрерывно генерируется очень высокочастотное радиоизлучение. Напряженность магнитного поля на порядок больше, чем геомагнитного поля, а магнитная ось наклонена на угол около 10 градусов относительно оси вращения. Этим частично объясняется полупериодический характер радиовсплесков на длинных волнах. Излучение в дециметровом диапазоне, несколько выше и несколько ниже 3000 МГц, очевидно, создается релятивистскими электронами, движущимися по винтовым траекториям вдоль магнитных силовых линий в магнитосфере. Они сильнее всего излучают вблизи плоскости магнитного экватора, позволяя определить наклон и направление оси магнитного поля относительно оси вращения.

Радиоизлучение достигает максимума, когда Земля проходит через плоскость магнитного экватора Юпитера. Загадочная и сложная структура магнитосферы начала проясняться в 1964 г., когда Е. Бигг открыл, что излучение в диапазоне 10 м наблюдается только при определенном положении внутреннего галилеева спутника Ио. Была показана удивительная связь между долготами на Юпитере, на которых происходит излучение из определенных областей, когда Ио находится в одном из двух интервалов долгот.

Всплески радиоизлучения происходят редко, исключая случаи, когда Ио пересекает плоскость «магнитного диска» Юпитера по одну сторону планеты, при наблюдении с Земли. Другие спутники, по-видимому, редко, если это вообще случается, создают аналогичный эффект. Загадка Ио начала раскрываться в 1973 г., когда в ее спектре были обнаружены эмиссионные

линии натрия. На основании наблюдений «Пионера-10» был сделан вывод, что Ио заключена в тороидальное водородное облако, окружающее Юпитер.

Наземные наблюдения подтвердили, что натриевое облако существует и яркость его меняется с положением на орбите, поскольку излучение атомов натрия пропорционально приходящему солнечному излучению. При движении атомов натрия с высокой скоростью вокруг Юпитера их линии поглощения смещаются относительно линий натрия в спектре Солнца вследствие эффекта Доплера. По данным «Вояджера-2» установлено, что в торе концентрация плазмы приблизительно на 1000 электрон/см³. выше, чем в его окрестностях. Следовательно, связанное с Ио радиоизлучение вызывается электронами, движущимися по винтовым траекториям в возмущенных Ио и сопутствующей плазмой магнитных полей в магнитосфере Юпитера.

Юпитер не имеет твердой поверхности, у планеты отсутствует литосферная кора. Оболочки Юпитера очень своеобразны. Самой верхней является плотный газообразный слой, подобный атмосфере. Он состоит преимущественно из молекулярного водорода. 27% газовой смеси занимает гелий, доли процента приходятся на метан, аммиак, цианид и водяные пары. Толщина атмосферы составляет порядка 6000 км, что равняется 0,08 от радиуса планеты.

Нижний слой атмосферы является по своим физическим качествам океаном, плотность вещества здесь составляет 0,2 г/см³. На большей глубине (0,15–0,2 радиуса) происходит переход водорода из молекулярной формы в атомарную. Толщина слоя достигает 0,55 радиуса Юпитера. Водород здесь под чудовищным давлением свыше 700 000 атм. образует совокупность атомов и свободных электронов. Такое состояние условно называется металлической фазой водорода. С повышением глуби-

ны давление возрастает, увеличивается и плотность вещества. В недрах планеты, на глубине 50 000 км давление достигает пороговой отметки в 20 млн атм. При таком сжатии плотность вещества составляет $2,8 \text{ г/см}^3$. Происходит очередное качественное перерождение вещества планеты. Здесь начинается новый слой, называемый ядром. Полужидкое, оно сложено водородом, гелием с небольшой примесью железа, никеля и силикатов. Дав-

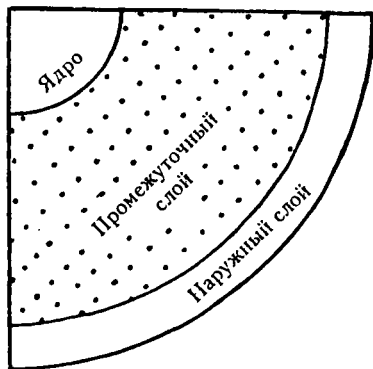


Рис. 100. Схема строения Юпитера

ление в центре ядра превышает 80 млн атм., а температура насчитывает плюс 200 000 °С, хотя, согласно иным версиям, она на два порядка ниже. В атмосфере, единственной относительно хорошо изученной оболочке Юпитера, существуют потоки газового вещества, сродни конвекционным. Их активное движение объясняется температурным режимом. Планета получает от Солнца тепла в 27 раз меньше, чем Земля, однако, за счет внутреннего тепла разогревается на поверхности на 30 °С (от -160 °С до -130 °С). Юпитер излучает в пространство в 2 раза больше тепла, чем получает от Солнца. Восходящие сплошной стеной разогретые потоки газа по достижении верхних уровней атмосферы распадаются на два ниспадающих потока. В этом месте с вершины такой стены восходящих газов низвергаются по обе стороны от этой стены обратно вниз два течения. Сверху поднимающаяся и раздваивающаяся стена газов, а также обрушивающиеся вниз каскады выглядят светлой зоной облачности. Промежуточные темные области отмечают зоны атмосферы в

которых, словно в бездонных пропастях, исчезают потоки опускающихся газов. Так на поверхности Юпитера возник полосатый узор.

Вращением планеты эти зоны-полосы увлекаются во встречное движение друг относительно друга в горизонтальной плоскости. Причем движение течений, ниспадающих с двух разных газовых стен в одну темную зону, всегда сонаправлено. Потоки же, расходящиеся из единого по обе стороны «своей» стены, движутся по горизонтали противоположно. По своему строению полосы представляют собой облачные пояса.

Спутники естественные и кольца

На сегодняшний день известно 16 естественных спутников Юпитера, все они представляют собой твердые тела, подобные земной Луне или, некоторые из них, астероидам. Впервые в истории астрономии Галилео Галилей наблюдал юпитерианские естественные спутники.

Увеличение телескопа позволило ему открыть только четыре тела, которые названы в последствие галилеевыми спутниками. Это самые большие из сателлитов планеты. Эти тела получили римскую порядковую нумерацию по удалению от Юпитера: I – Ио, II – Европа, III – Ганимед и IV – Каллисто.

Диаметры их находятся в диапазоне 3,6–5,3 тыс. км. Галилеевы спутники будут описаны в соответствующих разделах. Последующие из открытых спутников Юпитера, вне зависимости от их удаленности от планеты, обозначались в прежней системе нумерации. Размеры их колебались в пределах 10-280 км, каждому сателлиту свойственна неправильная форма. Пятый спутник, Амальтея, был открыт лишь в 1892 г. американским астрономом Барнардом. Подобное астероиду тело имеет размеры 265 на 150 км и обращается вокруг планеты на расстоянии 200 000 км. По происхождению это, вероятно, захва-

ченный гигантом астероид либо не оформившаяся реликтовая протопланета. Столь близкое соседство тела с ярким диском Юпитера делало прежде невозможным точные наблюдения за спутником Юпитера, Амальтеей.

Она была сфотографирована «Вояджерами», обнаружившими многочисленные метеоритные кратеры на ее красноватой поверхности. Название происходит от имени нимфы Амальтеи, вскормившей вместе с другой нимфой Идой младенца Зевса молоком козы Адрастеи. За 12 лет, истекших после открытия Амальтеи, сильное развитие получила фотография. Именно по фотографии, полученной в Ликской обсерватории в ночь на 3 ноября 1904 г., астроном Ч. Д. Перрайн открыл существование шестого спутника Юпитера.

Поначалу, правда, были попытки «закрыть» спутник. Некоторые специалисты считали, что на пластинке зафиксирована одна из малых планет. Пока шли споры и собирались неопровержимые доказательства, Перрайн открыл седьмой спутник. На фотографии, полученной при помощи того же телескопа во второй день только что наступившего 1905 г., он заметил точку, изображавшую еще более тусклый объект, чем шестой спутник: тот имел 14-ю звездную величину, а этот лишь 16-ю. Орбиты обоих небесных тел были очень похожи. Более семидесяти лет они оставались безымянными, и лишь в 1977 г. шестой спутник получил имя Гималия, а седьмой – Элара. (В греческой мифологии имя Гималия носит одна из нимф; Элара – возлюбленная Зевса, породившая от него чудовище Тития, или – в другом написании – Пифона.). В это же время имена получили VII–XII спутники.

Однако все спутники, начиная с VI, астрономы чаще называют по номерам (на письме – латинской цифрой) в порядке открытия. Однако и с тех пор система Юпитера выросла с пяти спутников до 16. Два ближайших спутника были откры-

ты недавно, это XIV Адрастея, чье название происходит от имени вышеупомянутой козы, и XVI Метис, обращающиеся на расстоянии 128 000 км от планеты. Полный оборот по орбите они совершают за 7 ч.

Самые далекие спутники, их четыре, обращаются по вытянутыми наклоненным орбитам. Из них дальше всех отстоит IX Синопе (от имени одной из нимф), расстояние до которого от Юпитера составляет 23,7 млн км. Период полного орбитального оборота равняется 758 суткам. В июле 1938 г. Никольсон, открывший Синопе, обнаружил у Юпитера еще два спутника: X – Лиситею и XI – Карме. (Мифы называют Лиситею матерью бога виноделия Вакха-Диониса, а Карме – матерью почитаемой критянами лунной богини; отцом же и Вакха, и Карме был Зевс). А в 1951 г., когда ему должен был пойти седьмой десяток, все тот же Никольсон открыл двенадцатый спутник Юпитера – Ананке. Это имя в мифологии носит божество, олицетворяющее судьбу.

Положение небесного тела, зафиксированного на фотопластинках, позволило математику Каннингхему из Калифорнийского университета в Беркли рассчитать его орбиту. Однако дело не обошлось без путаницы. Сперва предположили, что это уже известная «крестница» Никольсона – Лиситея. Целый месяц ушел на проверки и перепроверки, пока спор не был улажен, и свита Юпитера получила общепризнанного двенадцатого члена. Кроме того, «Вояджер-1» обнаружил в 1979 г. внутреннее кольцо.

Внешний край кольца, как его увидели приборы АС, прилегает к орбите также недавно открытого крошечного XIV спутника диаметром, по-видимому, всего 40 км. Внутренний край кольца лежит на расстоянии 0,8 радиуса планеты от видимой границы облаков. Ширина наиболее яркой части кольца достигает 800 км. Она окружена зоной более слабого свечения, про-

тянувшейся примерно на 5200 км и заканчивающейся, вероятно, у орбиты XIV спутника. Это кольцо не похоже на мощные кольца Сатурна, состоящие из крупных частиц. Изображение освещенного Солнцем кольца было получено, когда «Вояджер» находился в тени Юпитера. Кольцо ярче в рассеянном вперед свете (если смотреть в направлении от Солнца), чем в свете рассеянном назад; это указывает на исключительную малость частиц кольца. Возможно, оно простирается почти до Юпитера до слоя дымки в его верхней атмосфере и даже может быть продолжением этого слоя.

Вряд ли кольцо – реликт древних времен. Оно, по-видимому, непрерывно пополняется частицами межпланетной пыли (т.е. остатками комет), частицами, выбрасываемыми при ударах метеоритов с больших галилеевых спутников, или, возможно, из вулканов Ио. Орбиты шести внутренних спутников почти круговые и располагаются приближенно в одной плоскости – экваториальной плоскости Юпитера. Каждая последующая орбита лежит в среднем в 1,7 раза дальше предыдущей. Восемь внешних спутников – совсем крошечные, их орбиты образуют две группы по четыре спутника.

Первая группа располагается приблизительно в 12 млн км от Юпитера, движутся они в прямом направлении. Спутники второй группы находятся примерно вдвое дальше, движение их по орбитам обратное. Противоположное направление обращения, возможно, предотвращает их утрату под действием возмущений, вызываемых силой гравитации Солнца, т.к. они удаляются от планеты на расстояние свыше 0,2 а.е., где притяжение Солнца может вдвое превышать притяжение Юпитера. Орбиты их имеют довольно большие эксцентриситеты – до 0,4, сильно наклонены к плоскости экватора Юпитера – до более чем 30 градусов и, конечно, значительно меняются со временем под влиянием притяжения Солнца. Вряд ли они устойчивы в

течение длительных по астрономическим масштабам промежутков времени.

Внешние спутники темнее, чем считалось первоначально, и, по-видимому, более похожи на темные астероиды, наблюдаемые во внешней части пояса астероидов.

Давно известна замечательная особенность трех внутренних галилеевых спутников: Ио, Европы и Ганимеда. Они движутся почти в полном резонансе с периодами обращения соответственно 1,77, 3,55 и 7,16 земных суток, находящимися в соотношении 1: 2: 4. В небесной механике такое расположение считается устойчивым – взаимные возмущения поддерживают отношение постоянным, хотя вследствие приливного трения периоды могут изменяться.

Все внутренние спутники подвергались такому воздействию и постоянно обращены к планете одной и той же стороной. Незадолго до приближения «Вояджера-1» было показано, что их взаимные возмущения, главным образом между Ио и Европой, совместно с влиянием экваториального вздутия Юпитера удерживают Ио и Европу на орбитах с эксцентриситетами 0,0043 и 0,011 соответственно.

Ио нагревается в 20 раз сильнее, чем Европа. Американцы Пил, Кассен и Рейнолдс предсказали, что приливный разогрев Ио должен в 10 раз превосходить разогрев Луны вследствие распада радиоактивных элементов. Разумеется, Ио может испытывать некоторый дополнительный нагрев за счет радиоактивности. Они писали, что «последствия существования большой расплавленной области внутри Ио вполне можно будет заметить на изображениях ее поверхности, переданных «Вояджером-1».

По современным представлениям, Юпитер и его спутник Ио могут быть населены живыми организмами. Подробнее об этом рассказано в соответствующем разделе.

Подробнее по отдельным вопросам см.: *Величины астрономии, Ветер солнечный, Ганимед, Европа, Жизнь, Ио, Исследования космические, История астрономии, Каллисто, Кометы, Метеориты, Планеты (астрономия и астрофизика), Планеты-гиганты, Спутники естественные.*

Я

Япет

Япет – 8-й «классический» спутник Сатурна, или, если считать их все – 16-й. История его поверхности, по всей видимости, более сложна, нежели история поверхности его «родичей».

Лучшее разрешение на снимках Япета составляет 4 км. При почти идеально круглой форме диаметр Япета достигает 1460 км, средняя плотность – $1,2 \text{ г/см}^3$, что можно назвать весьма средним показателем по сатурновым спутникам в целом. Плотность метеоритных кратеров на Япете весьма высока, и в этом отношении Япет напоминает Рею. Некоторые кратеры, расположенные на светлой стороне, но вблизи границы с темным районом, имеют темное, как будто окрашенное, дно.

Долгое время Япет поражал наблюдателей своей переменчивостью: он то ярко сиял близ Сатурна, то становился едва различим даже в мощный телескоп. Разгадка меняющейся в 10 раз яркости Япета была предложена спустя 310 лет после его открытия. Оказалось, что в определенном отношении Япет более чем необычен: его исключительно темное переднее по движению полушарие отражает около 5% падающего света, тогда как противоположное полушарие отражает в 6 раз больше. Япет, подобно Луне и многим другим спутникам, всегда обра-

щен к своей планете одной и той же стороной, и оттого с Земли виден то с одной, то с другой стороны. Б. Сойфер с коллегами предсказали, а «Вояджер-1» подтвердил, что яркая сторона покрыта в основном льдом, тогда как на темной стороне ледяное покрытие составляет не более 5%. Неизвестно, выпало ли на переднюю сторону Япета больше пыли при столкновениях или столкновения с частицами вызвали исчезновение ее ледяного покрова. По-видимому, природа различий в отражательных свойствах его поверхности как-то связана с движением Япета. Предполагалось, например, что выброс паров воды и последующая конденсация инея проходили на обеих сторонах спутника, но затем взаимодействие с плазменной оболочкой Сатурна постепенно удалило иней с передней его стороны. Могло быть, впрочем, и наоборот: темная передняя сторона постоянно собирала заряженные частицы, которые вызывали постепенное потемнение материала. В последнее время приобрела заметную популярность гипотеза о том, что передняя сторона Япета «загрязнена» пылью, выбрасываемой с Фебы: при соударениях с поверхностью Япета более легкие частицы испаряются, а более тяжелые, темные остаются на поверхности.

С точки зрения спектрального анализа темные области поверхности Япета, показанные на изображениях «Вояджера», являются красными, что хорошо согласовалось и с наземными измерениями. Съемка Япета в инфракрасных лучах ясно показывает присутствие на нем водяного льда, а спектральное отражение «затылочного» полушария Япета в оптических частотах является менее красным. Все это согласуется с предположительным составом его поверхности: смесь темного вещества переднего – «ведущего» – полушария со льдом. Спектральные свойства вещества темной стороны не позволяют предположить нахождения там как базальтов, так и других темных силикатов, равно как и вещества астероидов и углистых хондри-

тов. Однако каким бы неожиданным ни казалось это предположение, спектры Япета позволяют отнести его «темное вещество» к органике!

Низкая отражательная способность и красный характер спектра этого вещества являются типичными для многих разновидностей сложных органических соединений. Однако аргумент в пользу изобилия органических веществ в основном ведущем полушарии пока не подтвержден измерениями.

Происхождение предполагаемого органического вещества на Япете и причины его странного распределения по поверхности – предмет ожесточенных споров. Предположению о том, что это вещество выброшено с Фебы и затем приближено к Сатурну, противоречат большие различия цвета Фебы и Япета, а также наличие кратеров с темным дном на заднем полушарии последнего. Предположения о вулканических извержениях, выносящих органические вещества преимущественно на ведущее полушарие, идут вразрез прежде всего с данными о вулканизме на Япете. Толстый слой органических веществ также мог образоваться, например, вследствие гиперскоростных метеоритных ударов или, возможно, путем гаммарадиолиза из льда, обогащенного метаном, и затем покрыться конденсированными летучими соединениями, которые затем испарились с ведущего полушария, но уцелели на «затылочном». Согласно другой модели, органические вещества образовались на месте вследствие ультрафиолетового солнечного облучения все того же льда, обогащенного метаном.

Прямых доказательств присутствия на сатурновом спутнике водяного льда, какие есть для некоторых юпитерианских лун, пока нет, хотя это более чем вероятно. Совершенно исключается при современном уровне знаний наличие у Япета корки метанового или аммиачного льда, образующихся при более низких температурах конденсации.

Отчасти некоторые отражательные свойства поверхности спутника роднят его с Фобой, но прямых параллелей провести не удастся. К слову, существование органики не так давно предполагалось и для поверхностей многих других спутников Сатурна. Однако, обстоятельные исследования, включая обработку космических фотографий, показали ложность подобных представлений. Неисключено, что ученые заблуждаются также и на счет Япета.

Подробнее по отдельным вопросам см. статьи: *Величины астрономии, Исследования космические, История астрономии, Метеориты, Сатурн, Спутники естественные.*

Предметно-именной указатель

- Абсолютная звездная величина — 66—67
Агамемнон — 25
Адамс Дж. — 162, 236
Адонис — 21
Адрастея — 9, 151, 395
Азойская эра — 165
Аккреция — 7—9
Активность солнечная — 66, 148, 326—329
Амальтея — 9—11, 96, 394, 395
Анализ спектральный — 42, 134, 214, 257
Анапке — 333, 395
Андерсон К. — 146
Андерссон Л.Э. — 344
АНТ (породы) — 198
Антарес — 134
Антилох — 25
Апхиз — 25
Апогей — 194, 311
Аполлон (астероид) — 21
Аполлон (бог) — 11
«Аполлон» (серия космических кораблей) — 11—17, 89, 190, 199, 223, 369

- Аррей (Арес, бог) — 18, 30, 115
Ареография — 18
Ареология — 18—20, 39, 101, 110, 249
Ариель — 350, 352
Аристарх Самосский — 137, 158, 159
Аристотель (Стагирит) — 27, 137, 153, 158, 291, 299, 300, 302, 374, 377, 378
Армстронг Н. — 16, 17, 190, 223
Артур Д. — 296
Ас-Суфи — 347
Астапович И.С. — 268, 270
Астероиды — 20—25, 29, 30, 34, 115, 125, 157, 163, 229, 253, 254, 286, 310, 333, 334, 355, 394, 401
— астероид Джон Леннон — 6, 30
— астероид Клото — 163
— астероиды «Битлз» — 30
— «греки» — 25
— пояс астероидов — 22, 24, 94, 96, 102, 115, 241, 253, 254, 258, 310, 354, 356
— спутники астероидов — 333, 334
— «трояницы» — 25, 282
Астрея — 22
Астрограф — 338
«Астро» (спутник-телескоп) — 340
Астронавт — 14, 15, 16, 17
Астроимы — 29, 30, 36, 38, 40, 293, 297
Астроимика — 5, 25—31, 35, 373
Астрономия — 31—34, 37, 41, 45, 46, 60, 64, 249, 297, 267, 373
— **величины и понятия** — 4, 64—72
— — собственно астрономические — 4, 65—68
— — математические — 4

- – физические – 4, 68–70
- история астрономии – 5, 157–163
- нейтринная – 5, 44
- оптическая – 32, 255
- палеоастрономия – 243–247
- радиоастрономия – 33, 43, 81, 154, 225, 255, 373
- Астротопонимия** – 5, 28, 29, 34–41, 293
- Астрофизика** – 32, 41–44, 45, 46, 60, 64, 154, 183, 249, 255, 267
- «Атлантис» – 189
- Атланты пустыня – 39
- Атмосфера
 - кометная – 63
 - планетная – 5, 18, 19, 33, 43, 44, 46, 55, 57, 61, 62, 68, 74–78, 79, 83, 84, 97, 98, 123, 124, 140, 142, 146, 147, 148, 149, 155, 166–171, 188, 196, 197, 210, 211, 216, 225, 226, 227, 232, 237, 238, 250, 253, 256, 257, 258, 260, 261, 269, 270, 279, 284, 287, 318, 325, 330, 331, 340, 343, 344, 346, 351, 352, 359, 362, 383–394
 - – ионосфера – 142, 188, 214, 331, 390
 - – мезосфера – 142
 - – озоносфера – 330
 - – стратосфера – 142, 169, 170
 - – тропосфера – 140, 142, 387
 - единица давления (атм.) – 60, 68, 69, 122, 324, 385, 392, 393
 - солнечная – 319, 322
- Афелий – 130, 139, 311
- Ахиллес – 25
- Аякс – 25

- Барнард – 9, 394
- Летящая звезда Барнарда – 132, 133, 251, 252
- Бейли С. – 281

- Бессель Ф. — 173
Бета Живописца — 251, 252
Бетельгейзе — 134, 317
Биг Бэнг — 51, 53, 178
Бигг Е. — 391
Бин А. — 369
Биология космическая — 45—50, 183, 217, 218
«Биос» (спутник) — 48
Биосфера — 46, 126, 146, 250
Биотелеметрия — 48
Биэла В. — 177
— Биэлы комета — 56, 177
Блунк И. — 247
Боде Э. — 21, 349
Болиды — 27, 228, 229
Большой взрыв (Биг Бэнг) — 50—54, 178, 262, 272, 274, 275
Большой каньон (Маринер) — 112
Бомбардировки космические — 54—58, 165, 198,
— метеоритные — 54, 80, 198, 282
Браге Т. — 129, 160, 300, 301
Браун У. — 350
Браун Э. — 122
Бредихин Ф.А. — 173
Бронзии — 27
Бронзен — 266
Бруно Дж. — 131, 160, 251, 302, 309
«Буран» — 186
«Бычий глаз» — 96, 165
Вакуум — 5, 59—60, 69, 158, 184, 188
— псевдовакуум — 53

- состояние вакуумообразное – 53, 272
- Ван де Камп П. – 253
- Ван Лангрен – 38, 292, 294, 295
- Вега (звезда) – 251, 252
- «**Вега**» (проект) – 60–64, 74, 175, 176
- Венера (богиня) – 73, 101, 255, 281
- Венера** (планета) – 4, 27, 38, 39, 43, 46, 60, 61, 62, 66, 73–81, 81–86, 101, 114, 116, 121, 123, 124, 155, 157, 158, 160, 166–169, 189, 225, 254, 255, 257, 299, 302, 310, 311, 342, 380
- «**Венера**» (АМС) – 74, 76, 81–86, 124, 189, 216
- Веста – 22, 23, 157
- Ветви галактики – 106
- Ветер солнечный** – 17, 70, 86–89, 146, 148, 198
- Вещество диффузное** – 89–94, 347, 348
- «**Викинги**» (АМС) – 19, 39, 101, 123, 189, 370–373
- Вильсона камера – 146
- Вода – 4, 19, 79, 113, 140, 211
- пары – 74, 76, 79, 114, 122, 140, 142, 168, 210, 254, 255, 325
- Возничего созвездие – 133
- Эпсилон Возничего, А и В, – 133
- Волосы Вероники созвездие – 315
- «**Восток**» – 154, 188, 222
- «**Вояджер**» (АМС) – 40, 94–99, 102, 117, 152, 163, 164, 190, 279, 282–286, 306, 344, 384, 387–390, 392, 395–398, 401
- Время (в космологии) – 51, 52, 261, 262, 263
- Вселенная – 3, 4, 5, 6, 31, 41, 42, 44, 46, 51, 89, 104, 122, 124, 131, 132, 145, 158, 160, 161, 178, 251, 253, 261, 263, 264, 265, 272, 273, 274, 299–303, 309, 314, 315, 317, 348, 365, 367
- астрономическая – 52, 263, 264, 272
- Всехсвятский С.К. – 352

Вспышка гелиевая — 183

Вулканизм — 79, **99**—103, 110, 122, 123, 141, 211, 226, 250, 292, 356, 402

Гагарин Ю. А. — 154, 188, 222

Газ (космический) — 92, 270, 275, 347, 348

— межгалактический — 59

— межзвездный — 59, 89, 93

Галактики — 4, 65, 70, **104**—**107**, 145, 178, 275, 289, 314, 315, 316, 347

— классификация камертонная — 105, 106

— линзообразные — 105

— наша Галактика — 65, 89, 90, 104, 106, 121, 122, 131, 133, 134, 148, 179, 275, 289, 303, 306, 307, 309, 313, 333, 347, 348

— неправильные — 105, 314

— пересеченные — 106

— протогалактики — 91, 179, 274, 275

— разбегание галактик — 54, 276, 359

— спиральные — 106, 179

— эллиптические — 105

Галилей Г. — 28, 30, 38, 117, 160, 164, 283, 291, 292, 294, 300, 302, 379, 394

Галле И. — 162, 236

Галлей Э. — 29, 60, 62, 175

Галлея комета — 60, 61, 173, 175

«Гало» кометы — 173

Ганимед — 40, **107**—**109**, 151, 164, 166, 197, 235, 283, 341, 342, 394, 398

Гаусс (поднятие) — 39

Гевелий Я. — 161, 294, 295

Гектор — 25

- Геликоид — 264, 303
География планет — 35, 39
Геология космическая — 18, 35, 102, 109—114, 249, 290
— вулканология — 18, 102
— геодинамика — 110
— геофизика — 110
— историческая геология — 110
— минералогия — 18
— петрография — 18
— тектоника — 18, 100, 102, 110
Гераклит — 158
Гермес (астероид) — 21, 24
Гермес (бог) — 225
Герц (поднятие) — 39
Гершель В. — 29, 161, 162, 200, 280, 309, 347, 349, 368
Гершель Дж. — 280
Гигея — 23
Гидальго — 23
Гималия — 333, 395
Гиперион — 333
Гиперсфера — 264
Гишарх Александрийский — 137, 159, 291
Глушко В.П. — 184
Год
— «истишный» — 139
— календарный («тропический») — 138, 139
— световой (св. г.) — 65, 90, 93, 106, 303, 312, 313, 314, 348
Горообразование
— процессы горообразовательные — 108, 110, 112, 114
— стадии — 111
Градус (дуговой, угловой) — 67, 73, 139, 194, 195, 236, 267, 269, 271, 278, 282, 303, 315, 317; 318, 357, 375, 376, 387

Гримальди Ф. — 295, 296
Гумбольдт А. — 265, 266
Гюйгенс Х. — 161, 283, 341, 342
Гюльден — 267, 268, 269

Данхем Т. — 384
Двигатель реактивный (движение реактивное) — 183, 185,
186, 188, 306
Девы созвездие — 297, 315
Деймос — 40, **115—116**, 214, 254, 356
Денудация — 112, 113
Деферент — 378
Джомолунгма — 113
Джонс — 266
«Джотто» (АС) — 60, 64, 176
Диомед — 25
Диона — 276, 280, 281, 282
Длина планковская — 52
ДНК (дезоксирибонуклеиновая кислота) — 120
Докембрий — 182
Дольмены — 243, 244, 246
Доул С. — 253

Евдокс Книдский — 345
Европа — 40, 96, **117—119**, 151, 164, 166, 342, 394, 398.
Единица астрономическая (а.е.) — 21, 65, 66, 73, 93, 207, 225,
241, 260, 312, 313.

Жизнь (внеземная) — 50, 81, 98, 99, **120—126**, 154, 161, 213,
250, 251, 252, 256, 291, 367—373, 398

Законы движения космических тел — **127—130**.

— законы Кеплера — 129 — 130, 267, 278

Затмение

— лунное — 196, 197

— солнечное — 194—197

Звезды — 8, 9, 21, 26, 27, 44, 66, 67, 91, 92, 93, 96, **131—136**, 145, 170, 178, 179, 251, 252, 253, 257, 265, 274, 275, 276, 287, 288, 299, 302, 303, 307, 308, 309, 313, 314, 317, 326, 329, 362, 375

— второго поколения — 9, 181, 288

— гиганты белые — 183

— гиганты голубые — 132

— гиганты красные — 132, 133, 134, 180, 181

— желто-оранжевые (карлики) — 132, 180, 316

— звезда ван Маанена — 136

— звезда Кейпера — 135

— звезда 40 Эридаана В — 136

— нейтронные — 7, 8, 288

— первого поколения — 179

— Полярная — 139

— последовательности звезд — 132, 134, 136

— — главная последовательность — 132

— протозвезды — 9, 91, 179, 180, 274

— сверхгиганты желтые — 180

— сверхгиганты красные — 133, 275

— **сверхновые** — 91, 92, 121, 148, 180, 181, **287—289**

— светимость — 66, 67, 289

Зевс — 28, 30, 107, 117, 151, 164, 281, 380, 395, 397

Земля — 4, 10, 15, 16, 17, 21, 24, 31, 41, 42, 48, 49, 62, 63, 65, 66, 67, 71, 73—82, 88, 89, 96, 99—103, 109, 110, 111, 116, 117, 121, 122, 125, 134, 135, **136—145**, 151, 152, 154, 155, 158, 159, 160, 161, 167—171, 175, 177, 182, 189, 193—197, 199—202, 204, 207, 208, 215, 216, 228, 232, 233, 234, 237, 238, 249, 250, 253, 254, 255, 258, 260, 266, 267,

270, 271, 279, 282, 284, 287, 289—293, 296—303, 308—311, 314, 325, 336, 340, 341, 342, 344, 347, 348, 356, 357, 363, 364, 367, 368, 373, 374, 375, 378

Змееносца созвездие — 239

Зодиак — 266, 308, 376

«Зонд» (АС) — 48, 143—144, 189

Зубов А.А. — 124

Излучение (космическое) — 46, 71, 68, 121, 218, 336

— в астрофизике — 145—150

— в биологии — 150

— галактическое (ГКИ) — 146, 147, 148, 150

— инфракрасное (тепловое) — 11, 78, 133, 148, 149

— пояса радиационные (Земли, РПЗ) — 149, 150, 197, 280, 340, 390, 391

— радиоизлучение — 33, 43, 148, 149, 287, 289, 303, 322, 390, 391

— реликтовое — 274

— рентгеновское — 44, 132, 148, 149, 359

— солнечное (СКИ) — 148, 150, 189

— ультрафиолетовое — 44, 125, 148, 149, 331, 359

— электромагнитное — 32, 41, 42, 148

Икар — 23, 24

«Интеркосмос» (спутники) — 48

Инфляция — 54, 107, 262, 265, 275

Ио — 40, 96, 97, 102, 123, 151—153, 342, 390, 391, 392, 394, 398

IRAS (спутник) — 252

Исаакмен Р. — 253

Исследования космические — 12, 18, 96, 153—156, 255, 305.

— биологические — 47, 154, 368—373

Календарь — 26, 159, 245, 246, 307, 308

Каллисто — 96, 97, 151, 164—166, 197, 342, 394

- Калорис котловина — 227
Каннингхем — 396
Кантемир А. — 28
Карлик белый — 8, 134—136, 180, 181, 183, 288
Карме — 333, 396
Кассини Дж. — 161, 280, 283
— Кассини щель — 161, 284, 285
Квазар — 303, 316
Кванты — 51, 262, 324
— флуктуации квантовые — 59
Келдыш М.В. — 184
Кеплер И. — 28, 115, 129, 130, 137, 160, 301, 302, 309, 356, 379
Кераунии — 27
«Кипящий котел» — 273
Кичиги Утрешние (устар.) — 307
Климатология и метеорология космические — 18, 166
171, 249, 385—389
— палеоклиматология планет — 169
Койпер Дж. — 343
Коллинз М. — 16, 17
«Колумбия» — 17
Кома — 61, 173
Кометы — 27, 28, 72, 125, 160, 163, 171—178, 241, 242, 310, 312,
338, 355
— голова кометы — 171—173
— комета Шумейкер-Леви — 55, 56
— комета Холмса — 172
— комета Энке — 16
Конрад Ч. — 369
Конская Голова — 348
Коперник Н. — 137, 160, 301, 302, 379
«Коперник» — 340

- Кора (литосферная) — 18, 99, 108, 111, 118, 152, 166, 212, 213, 392
- земная — 112, 140, 141
- Корабль космический — 11, 17, 45, 91, 155, 185, 186, 217, 224, 257, 305
- блоки (модули, отсеки, узлы) — 13, 16
 - кожух-обтекатель защитный — 13, 186
 - ступени — 13—16
- Кориолиса сила — 168
- Королев С.П. — 184
- Корона солнечная — 87, 318, 321—323
- Космогония** — 5, **178—183**, 249
- Космология — 178
- Космонавт — 13, 14, 50, 155, 156, 216—224, 369
- космонавт-исследователь — 221
- Космонавтика** — 35, 49, 60, 100, 154, **183—191**, 249, 256
- Космонимика** — 25, 35, **192**, 373
- Космонимы — 293
- «Космос» (спутники) — 48
- Космотопонимия — 35
- Красное Пятно (Большое, БКП) — 97, 123, 171, 383, 385, 387, 389
- Красное смещение — 106, 276, 303
- Кратеры — 35, 38, 40, 276, 277, 282
- вулканические — 100, 101, 152, 212
 - лушые 35, 38, 40, 100, 294, 296
 - — Баха кратер — 39
 - — кратер Жюль Верн — 6, 38
 - — кратер Ипатия — 297
 - — кратер Катарина — 294
 - — кратер Кирилл — 294
 - — кратер Коперник — 100

- — кратер Теофил — 294
- — Мольера кратер — 39
- — Пушкина кратер — 39
- — Толстого кратер — 39
- метеоритные (ударные) — 55, 56, 80, 101, 108, 116, 118, 119, 151, 165, 227, 230, 234, 235, 400
- — Стикни кратер — 356
- Кристи Д. — 261
- Кромлехи — 157, 243, 245

Лаплас П. — 365

Лебеда созвездие — 90

Леверье У. — 162, 236

Леда — 333

Лексель А. — 349

Леонов А.А. — 222

Линии спектральные

— фраунгоферовы — 322, 323

— теллурические — 325

Лиры созвездие — 90, 92

Лиситея — 396

Ловелл П. — 163, 255, 259, 260

Ломоносов М.В. — 74, 124

Луна — 11, 14, 15, 16, 17, 26, 38, 40, 49, 66, 73, 100, 107, 110, 116, 117, 137, 143, 144, 151, 155—160, 164, 189, 190, **193—200**, 200—206, 223, 226, 227, 246, 254, 260, 266, 269, 276, 290—297, 299, 303, 305, 308, 333, 338, 341, 342, 342, 356, 357, 364, 368, 369, 374, 376, 380, 394, 400

«Луна» (АС) — 189, 190, 198, 199, **200—206**, 369

Лушники — 200, 202, 203

Луноходы (тип космич. техники) — 190, 204, 205

«Луноход» (модель) — 205

«Магеллан» (АМС) — 86, 189
Майи пустыня — 39
Мак-Корд Т. — 346
Максвелл (поднятие) — 39, 101
Малой Медведицы созвездие — 139
«Маринер» (АМС) — 19, 39, 101, 168, 170, 189, 225, 226
Маринер долина — 112, 213
Мариус С. — 28, 107, 117, 151, 164
Марс (бог) — 18, 207, 255
Марс (планета) — 4, 18, 19, 20, 21, 27, 28, 30, 38, 39, 40, 43, 77, 83, 101, 110—113, 115, 116, 121, 123, 124, 129, 134, 155, 161, 165—170, 189, 207—214, 214—216, 225, 241, 254, 255, 294, 299, 302, 310, 311, 342, 354, 356, 357, 368, 370—373, 380
«**Марс**» (АМС) — 19, 39, 85, 100, 170, 189, 214—216, 248
Марсиане — 209, 213
Материки
— лушые — 197, 198
— марсианские — 209, 213
Материя — 8, 10, 51, 52, 53, 54, 102, 120, 145, 146, 249, 261—265, 273
— живая — 46, 50, 120, 126, 250, 367
Мегалиты — 243
Медицина космическая — 45, 50, 216—225
Медлер — 296
Международный астрономический союз (МАС) — 41, 175, 247, 295, 296, 297
Мелот П. Дж. — 247
Менгиры — 243, 244, 246
Менелай — 25
Меркурий (бог) — 225, 255
Меркурий — 24, 27, 38, 39, 83, 101, 107, 130, 157, 165, 225—228, 254, 255, 260, 276, 299, 302, 310, 311, 342, 343, 381
Местная группа — 314, 315

- Метагалактика — 44, 59, 70, 71, 107, 265, 275, 316
- Метеориты** — 22, 27, 57, 108, 109, 162, 165, 178, 218, **228—232**, 267, 268, 269
- Тунгусский — 56, 57
 - опасность метеорная — 96, 163
- Метеороиды — 23, 162
- Метеоры** — 27, 177, 218, **232—233**
- потоки метеорные — 162
- Метида — 151
- Метис — 334
- Мещерский И.В. — 185
- Микрометеориты — 228
- Мимас — 281, 282, 286
- Минос — 247
- Мишотавр — 247
- Минута угловая — 67
- «Мир» (орбитальная станция) — 49
- Миранда** — 98, **233—235**, 350, 352
- Млечный Путь — 71, 104, 268, 289, 313
- Моисеев Н.Д. — 268
- Моря
- лунные — 38, 165, 197, 198, 295
 - — Море Дождей — 295
 - — Море Изобилия — 369
 - — Море Кризиса — 295
 - — Море Нектара — 295
 - — Море Спокойствия — 17, 295, 369
 - — Море Ясности — 295
 - марсианские — 28, 209, 213
 - меркурианские — 227
 - — Море Зноя — 227
- Мультон — 267, 268, 269

Невесомость — 46, 218
Неолит — 246
Нептун — 62, 98, 162, 163, 197, **236—239**, 310, 311, 346, 350, 351
Нептун-Посейдон (бог) — 236, 346, 380
Нереида — 238, **239—240**, 346
Нестор — 25
Николай Кузанский — 301, 309
Никольсон — 396
Никонов В. — 296
Никс Олимпика (Снега Олимпа) — 39
Нимфы-нереиды — 240
Новолуние — 194, 195
Ньютон И. — 137, 162, 175, 184, 187, 285, 305, 309, 377

Оберон — 350
Облако Оорта — 241—242
Облака космические — 90, 91, 247, 248
— газовые (диффузные) — 89, 92, 266, 269, 270, 288
— газопылевые — 89, 92, 252, 274
— Магеллановые (Магеллановы) — 105, 314, 333, 247
— протопланетные — 7, 127
— пылевые — 89, 125, 251, 252
Обручев В.А. — 138
Обсерватории — 33, 154, 155, 247, 252, 338, 339, 384
Одиссей — 25
Океан Бурь — 369
Окружность коротационная — 121, 179, 314
Октавиан Август — 159
Олдрич Э. — 16, 17, 190, 223
Олимп — 101, 113, 212
Ольберс Г. — 162
Оорт Я. — 241, 314

Орбита — 9, 10, 20, 21, 24, 55, 62, 72, 107, 108, 127, 128, 129, 130, 133, 134, 158, 186, 190, 203, 208, 240, 241, 242, 251, 254, 281, 282, 284, 285, 286, 300, 305, 310, 312, 316, 339, 340, 377 378, 379

— ИСЛ (искусственного спутника Луны) — 15

— Земли и околоземная — 16, 55, 62, 137, 139, 186, 187, 361

— Луны — 193, 194, 271

— окололунная — 13, 14, 202—205

— околосолнечная — 85, 200

«Орел» — 17

Ориона созвездие — 90, 317, 348

— Пояс Ориона — 307

Орла созвездие — 90

Орогенез — 110, 112

Отлив — 199

Паллада — 22, 23

Панспермия — 125

«Парад планет» — 94

Парсек (пк) — 65, 289, 313, 314, 315

Пасифая — 247

Пасифе — 247

«Пастера точка» — 211

Патрокл — 25

Пауэлл С. — 146

Пена квантовая — 51, 262

Перигей — 194, 311

Перигелий — 130, 139, 311

Перрайн Ч.Д. — 395

Персефоны пустыня — 39

Пиаци Дж. — 21, 162

Пикеринг У.Г. — 281, 283

«Пионеры» (АС) — 94, 163, 171, 190, 279, 280, 284, 306, 344, 383, 384, 389

Пифагетта А. — 347

Пифагор — 158, 299

Планетозималь — 275

Планетология сравнительная — 5, 7, 110, 214, **248—250**

Планеты — 9, 18, 21, 26, 36, 38, 39, 49, 70, 81, 92, 98, 99, 103, 109, 110, 122, 127—130, 137, 148, 149, 162, 249, **250—258**, 259, 267, 278, 303, 306, 338, 367

— планета красная — 18, 29, 116, 207, 212, 214, 215, **248**

— «верхние» планеты — 251

— внешние — 254

— внутренние — 253, 254, 259

— большие — 34, 248, 254, 258, 310

— **планеты-гиганты** — 7, 34, 40, 46, 70, 94, 102, 166, 167, 190, 237, 241, 253, 254, **258—259**, 310, 352

— земной группы — 46, 54, 114, 253, 259, 310

— искусственные — 83, 200, 305

— малые — 20, 22, 23, 34, 163, 253, 310

— «нижние» планеты — 251

— сигара планетная — 253, 310

Плато

— Иштар — 39, 101

— Снегурочки — 5, 39

Плотность планковская — 51

Плутон (Аид, бог) — 259, 380

Плутон (планета) — 40, 54, 66, 128, 130, 133, 163, 190, 255, 258, **259—261**, 310, 311, 363, 364, 366

Поллак Дж. — 10

Породы (горные) — 10, 18, 19, 20, 54, 79, 80, 108, 109, 112, 113, 165, 198, 215, 292

— минералы — 18, 19, 110, 198

- анализ и пробы грунта – 19, 84, 85, 155, 190, 204, 369, 372
- Постоянная солнечная – 66
- Приам – 25
- Приземление – 13
- Приливы – 199
- Прилуние – 13, 17, 201, 202, 204, 205
- Принцип антропный – 304
- Пространство – 51, 59, 272, 273, 275
 - космическое (мировое) – 34, 41, 45, 46, 53, 60, 81, 93, 127, 143, 145, 153, 180, 183, 188, 189, 200, 210, 214, 249, 253, 262, 263, 266, 305, 377
 - – околоземное – 15, 143, 145, 202, 293
 - – околорешетчатое – 202, 204, 205
- Пространство-время – 51, 145, 261–265**
- Противостояние – 265–271**
- Протопланеты – 252
- Протуберанцы – 148, 320, 321
- Птолемей (Клавдий) – 159, 161, 300, 303, 376, 378, 379

- Радиация (солнечная, звездная) – 10, 167, 169, 170, 208
 - процессы радиационные – 167, 168
- Радиобиология – 50, 150
- Радиогалактики – 315
- Радиотелескопы – 5, 33, 34, 62
- Ракеты (космические) – 13, 184, 185, 187, 188 305
 - возвратные – 206
 - геофизические – 47
 - ракетно-космическая система (комплекс) – 13, 15, 16
 - ракетный двигатель – 183, 185
 - ракетостроение – 183
 - ракеты-носители (ракетоносители, РН) – 12, 13, 14, 185, 186, 191

- ступени — 12, 185, 186
- техника ракетная — 60
- тяга ракетная (реактивная) — 184, 185
- Расширение Вселенной** — 54, 263, **272—276**, 359
- Рейцема Г. — 239
- Рекомбинация — 273
- Рельеф — 18, 29, 34, 35, 36, 38, 39, 79, 80, 86, 101, 108, 109, 166, 204, 210, 213, 214, 226, 227, 234, 290, 291, 293, 294
- Рефракция — 256, 258
- Рея** — **276—277**, 280, 281, 282, 400
- Ригель — 317
- Рише Ш. — 161
- РНК (рибонуклеиновая кислота) — 120
- Рукава спиральные — 106, 121, 179, 289, 313

- Саган К. — 253
- Садбери П.В. — 9
- «Салют» (орбитальная станция) — 49, 223
- Сателлит — 28, 40, 48, 102, 291—294, 394
- Сатурн (бог) — 278, 310, 342, 349
- Сатурн** (планета) — 7, 23, 27, 28, 94, 95, 97, 98, 157, 161, 167, 190, 197, 236, 237, 238, 255, 258, 259, 276, 277, **278—287**, 299, 302, 310, 311, 333, 342, 343, 344, 355, 397, 400, 401
- «Сатурн» (РН) — 12
- «Сатурн-Аполлон» — 13, 14, 16
- Свифт Дж. — 115, 356
- Секунда угловая — 65, 67
- Селенография** — 5, 38, 161, 201, **290**, 294, 296
- Селенология** — 5, 110, 249, **290—293**
- Селенонимия** — 38, 201, **293—297**
- Селенонимы — 38, 161, 293, 294, 296
- «Сервейор» (АС) — 369

Сингулярность — 51, 52, 262
Синопе — 333, 396
Синхрона — 174
Сириус, А и В, — 135, 136, 225
Система
— двойная — 7, 8, 9
— звездная — 8, 89, 104—107, 251, 275, 276, 303, 313, 314
— планетная — 6, 92, 131, 153, 160, 161, 170, 251, 252, 253, 288, 289, 309, 311, 316
— **Солнечная** — 4, 17, 23, 29, 31, 34, 38, 39, 41, 43, 44, 45, 62, 64, 66, 70, 73, 83, 92—95, 97, 98, 99, 102, 117, 123, 125, 126, 133, 138, 148, 154, 157, 160, 162, 165, 167, 178, 190, 197, 200, 201, 214, 235, 237, 238, 241, 248, 253, 255, 258, 259, 260, 266, 278, 279, 283, 289, 292, **298**, 302, 305, 306, **309—317**, 332, 341, 342, 346, 349, 350, 359, 367, 377, 378
Системы мира — 298—304
— гелиоцентрическая — 137, 160, 301, 377, 379
— геоцентрическая — 158, 160, 291, 299, 376, 377
«Скайлэб» (орбитальная станция) — 49, 223
Скафандр космический — 220
Скиапарелли Дж. — 209
Скобельцын Д.В. — 146
Скорости космические — 304—306
Смещение параллактическое — 159
Снега Олимпа — 39
Созвездия — 26, 90, 307—308, 376
Сойфер Б. — 401
Солнце — 3, 7, 20, 21, 22, 23, 24, 26, 42, 44, 62, 65, 70, 73, 77, 81, 86, 87, 88, 121, 126, 129—133, 135, 137—140, 148, 149, 155, 157, 160, 161, 162, 168, 171, 172, 173, 175, 176, 177, 179—182, 194, 195, 200, 225, 237, 238, 241, 246, 251, 253, 254, 257, 258, 259, 260, 266, 267, 269, 271, 278, 282, 284, 289, 301, 302, 305, 306, 308—314, 316,

- 331, 333, 342, 344, 347, 349, 372, 375–377, 397**
«Союз» – 188
Спектр – 42, 148, 149, 252, 260, 276, 287, 303, 317, 323–325, 385, 392
– спектроскопия – 325
Спутники естественные – 4, 9, 17, 28, 34, 38, 40, 46, 70, 80, 98, 99, 109, 127, 160, 161, 163, 238, 249, 251, 254, 259, 280, 310, 314, **332–335, 342, 400**
– галилеевы (галилеевы) – 9, 28, 40, 96, 107, 117, 151, 276, 332, 394, 397.
Спутники искусственные – 80, 83, 85, 86, 159, 256, 300, 305, 306
– Земли (ИСЗ) – 47, 48, 138, 155, 186, 187, 361
– Луны (ИСЛ) – 15, 203, 204, 205
– Марса (ИСМ) – 215, 216
Станция автоматическая (АС) – 19, 55, 60, 61, 62, 63, 75, 185, 189, 308
– лунная (АЛС) – 203, 205, 305
– межпланетная (АМС) – 19, 38, 39, 185, 189, 256, 300, 305
– – блоки (модули, отсеки, узлы) – 19, 62, 84, 85, 124, 215, 25
– орбитальная – 48, 49, 155, 217
Стоунхендж – 243–246, 291
«Стрела времени космологическая» – 263
«Стрела времени термодинамическая» – 263
Стрельца созвездие – 90
Струве В.Я. – 309
«Суисей» (АС) – 60, 64
Сфера небесная – 137, 307, 308, 376
- Теламон** – 25
Телескопы – 5, 32, 33, 92, 115, 164, 252, 278, 291, 294, 300, 308, 319, **336–341, 401**

- оптические — 32, 336
- орбитальные (космические, телескопы-спутники) — 5, 33, 163, 257, 339, 340, 341
- — солнечные — 44
- — «Хаббл» (КТХ) — 33, 40, 163, 341, **359—363**
- рефлектор — 260, 336, 338, 339, 359
- рефракторы — 336—338
- ультрафиолетовые (УФТ) — 336, 340.
- Темис — 281
- Температура
 - ионизационная — 91
 - электронная — 91
- Терминатор — 118, 234, 235
- Тетис — 280
- Тефия — 276, 280, 282
- Титан** — 95, 97, 161, 197, 276, 278, 280, 282, 283, 333, **341—345**
- Титания — 350
- Томбо К. — 163
- Топография (планетная) — 18, 37, 40, 202, 249, 290, 293
- Топоимика — 36
- Топошмы — 36, 37, 294
- Трансплутон** — 255, **345**, 365
- Трехраздельная (Тройная) туманность — 90
- Тритон** — 197, 238, 239, 240, **346**
- Троил — 25
- Туманность** — 10, 89, 90, 91, 93, 105, 253, 274, 275, **347—348**
 - Андромеды — 106, 314
 - газовая — 8, 23, 89, 180, 252
 - газовая планетарная — 89, 92, 93
 - газопылевая — 77, 89, 179
- Тунгусское космическое тело (ТКТ) — 56, 365

Умбриель — 350.
Уран (бог) — 349
Уран (планета) — 24, 95, 98, 133, 162, 190, 233, 239, 255, 258,
310, 311, **349—353**

Фалес — 158
Фазтон — 22, 241, **354**
Феба — 281, 283, 333, **354—355**, 401, 402
Фесенков В.Г. — 57, 271, 383
Фетида — 280
Физиология космическая — 45, 216
— психофизиология космическая — 216, 217
— радиобиология космическая — 217, 218
Фламарион К. — 5, 30, 368
Флоккулы — 327
Фобос — 40, 115, 213, 214, 254, **356—358**
Фотосфера — 87, 126, 136, 318—320, 324
Фрайер З. — 296
Фридман А. — 303

Хаббл Э. — 105, 106, 276, 359
Харон — 40, 261, **363—364**
Хвост газовы
— кометный — 172—177
— планетный — 227
— — Земли — 270, 271
Хирон — 24
«Хитен» — 190
Холл А. — 115, 161, 356
Хромосфера — 87, 88, 148, 318, 320, 321, 324

Центавра созвездие — 132.

- альфа Центавра — 132.
- Проксима Центавра — 132, 312
- Церера — 21, 23, 29, 162, 254
- Циолковский К.Э. — 184, 200
- Цирки — 35, 38, 296
- Цирки Максими — 234

- Частицы элементарные — 51, 59, 86, 87, 88, 89, 145—150, 262, 272, 273, 274, 323, 326
- Челюки — 186, 191, 360
- «Черная дыра» — 7, 265, **365—366**

- «Шаттл» — 186, 360
- Шеврон — 234
- Шепли Х. — 122
- Шкловский И.С. — 213, 274, 357
- Шмидт О.Ю. — 253
- Шуга — 118

Эволюция

- Вселенной — 50, 265
- жизни — 97, 120, 124, 125, 367
- звезд — 4, 179, 182, 289
- орбитального движения — 127
- планет — 18, 77, 110, 152, 249, 259, 292
- Эйштейн А. — 5, 53, 153, 264, 303
- Экзобиология** — 45, 50, 249, **367—373**
- Экзопалеолингвистика** — **373—375**
- Эклиптика — 9, 128, 139, 194, 284, 317, **375—376**
- Экобиология космическая — 45, 49
- Экология космическая — 249
- Элара — 333

Электронвольт (эВ) — 68, 71, 72, 146, 150
Эмпедокл — 100
Эней — 25
Энке И. — 177
Энтропия — 120
Энцелад — 281, 282
Энциклы — 300, **376—379**
Эратосфен — 158
Эрот — 24
Этна — 100
Эффект парниковый — 74, 75, 78, 167, 169, 261

Юлий Цезарь — 159
Юнге слой аэрозольный — 169
Юнона — 22, 23
Юпитер (бог) — 236, 349
Юпитер (планета) — 9, 10, 11, 21, 22, 23, 25, 27, 28, 30, 40, 54, 55, 94—97, 102, 107, 108, 117, 123, 151, 157, 160, 161, 164, 167, 168, 170, 171, 190, 237, 238, 239, 241, 247, 252, 255, 258, 259, 267, 276, 279, 282, 283, 285, 299, 302, 310, 311, 332, 342, 343, 351, 354, **380—399**
Юпитера пустыня — 39

Ядро
— галактическое (центральное сгущение) — 104—106, 179, 313, 314
— звезды — 93, 180, 182, 288
— — «лучистое» — 182
— планетное (внутреннее, железистое) — 20, 76, 77, 122, 197
— — дегазация — 122
— кометное — 54, 55, 57, 63, 171—176, 260, 355
Япет — 280, 333, 355, **400—402**

Сергей Николаевич
Бердышев
АСТРОНОМИЯ

Редактор
Н. Кряжимская

Художественный редактор
И. Марев

Технический редактор
Т. Фатюхина

Корректор
Т. Гурьева

Компьютерная верстка
М. Рамзаев

ЛР № 071673 от 01.06.98 г. Изд. № 0601189.

Подписано в печать 26.07.01 г.

Гарнитура Таймс. Формат 70×108¹/₃₂.

Бумага офсетная. Печать высокая.

Усл. печ. л. 15,4. Уч.-изд. л. 15,73.

Заказ № 0110320.

ТЕРРА—Книжный клуб.

113093, Москва, ул. Щипок, 2.

Отпечатано в ОАО «Ярославский полиграфкомбинат».

150049, Ярославль, ул. Свободы, 97.

ISBN 5-275-00241-6



9 785275 002416

**«Терра—Книжный клуб»
в серии «Популярная энциклопедия»
выпустил в свет**

Лот № 2831

ВОЛШЕБНЫЕ СУЩЕСТВА

В энциклопедию вошло около 300 статей о сверхъестественных существах — ангелах, волшебниках, злых и добрых духах, — которые населяют сказки, мифы и легенды разных народов.

*Книги можно заказать по адресу:
113093, Москва, ул. Щипок, д. 2.*

**В открытке не забудьте указать название книги,
количество экземпляров и ваш адрес
(обязательно с почтовым индексом).**

*Книги издательств и книжного клуба
холдинга «ТЕРРА»
вы можете купить в филиалах
Книжного клуба «ТЕРРА»:*

- | | |
|--|--|
| Москва, ул. Мартеновская, 9/13.
Тел. (095) 304-57-98, 304-61-13 | Челябинск, ул. Красная, 69.
Тел. (3512) 33-07-88 |
| Москва, б-р Дмитрия Донского,
д. 2, к. 1.
Тел. (095) 712-34-54 | Омск, ул. Бударина, 3(6).
Тел. (3812) 23-24-31 |
| Москва, ул. Красная Пресня, 29.
Тел. (095) 252-03-50 | Архангельск, пл. Ленина, 3.
Тел. (8182) 65-38-79 |
| Москва, пр. Мира, 79, стр. 1.
Тел. (095) 281-81-01 | Ростов-на-Дону, ул. Б. Садовая,
84.
Тел. (8632) 66-63-84 |
| Москва, ул. Щипок, 2.
Тел. (095) 737-04-78 | Дубна, ул. Энтузиастов, 3.
Тел. (221) 3-03-83 |
| Ярославль, ул. Свободы, 97.
Тел. (0852) 21-92-72 | Саратов, ул. Вольская, 81.
Тел. (8452) 24-38-63 |
| Воронеж, ул. Кольцовская, 23.
Тел. (0732) 52-43-47 | Псков, Октябрьский просп., 22.
Тел. (81122) 16-27-49 |
| Новосибирск, ул. Танковая, 47.
Тел. (3832) 76-00-57 | Астрахань, ул. Советская, 17
(8512) 22-58-78 |
| Екатеринбург, ул. Викулова, 35/2.
Тел. (3432) 42-91-26 | Мурманск, ул. Баумана, 30
(8152) 59-16-46 |
| | Калининград, просп. Калинина, 5 |

или заказать по адресу:

113093, Москва, ул. Щипок, д. 2

*Дополнительную информацию можно получить
в Интернете по адресу:*

<http://www.kkterra.ru>

