

52

Ф 44



В. Г. ФЕСЕНКОВ

МЕТЕОРЫ И  
МЕТЕОРИТЫ

АКАДЕМИЯ НАУК КАЗАХСКОЙ ССР

Научно-популярная серия

*Академик В. Г. ФЕСЕНКОВ*

# МЕТЕОРЫ И МЕТЕОРИТЫ



ИЗДАТЕЛЬСТВО АКАДЕМИИ НАУК КАЗАХСКОЙ ССР

Алма-Ата, 1949

Печатается по постановлению  
Редакционно-издательского совета  
Академия наук Казахской ССР

## МЕТЕОРЫ И МЕТЕОРИТЫ

Каждый замечал явление падающих звезд, видимое в любую ясную темную ночь, когда звезды как будто срываются с места и, пролетев некоторое расстояние по небесному своду, мгновенно исчезают. Давно известно, что эти «падающие звезды» или, как их теперь называют, метеоры представляют в действительности ничтожные крупинки материи, влетающие в нашу атмосферу из межпланетного пространства. Так как наша Земля вращается вокруг Солнца со скоростью 30 км в секунду, то скорость встречи метеоров с Землей также составляет десятки километров в секунду, изменяясь в зависимости от направления их собственного пути в пространстве вокруг Солнца. Теряя, вследствие сопротивления в атмосфере, свою первоначальную энергию движения и, вследствие этого, нагреваясь, метеор раскаляется, делается на короткое время видимым даже на расстоянии в сотни километров, быстро испаряется и исчезает. По пути пролета метеора остается след, состоящий из газообразных частиц самого метеора и возбужденных молекул окружающего воздуха. Этот след мы видим только в случае достаточно ярких и сравнительно массивных метеоров. Он быстро рассеивается в окружающей атмосфере и исчезает, продержавшись несколько секунд, редко несколько минут.

Метеоры появляются внезапно. Их нельзя поэтому наблюдать в телескоп. В крайнем случае, можно навести на какой-либо участок неба трубу со слабым увеличением и большим полем зрения и терпеливо ждать появления метеора. Таким образом наблюдаются телескопические метеоры, невидимые невооруженным глазом. Найдено, что число их быстро увеличивается с понижением яркости, как это естественно ожидать, поскольку мелких частиц в межзвездном пространстве должно быть гораздо больше, чем крупных. Иногда

подобные телескопические метеоры, мелькающие через поле зрения, являются двойными, когда обе составляющие летят отдельно, но по строго параллельным траекториям. Юлиус Шмидт наблюдал когда-то даже целый рой подобных метеоров, летящих одновременно по параллельным линиям. Невозможно представить себе, чтобы подобный рой мог образоваться из

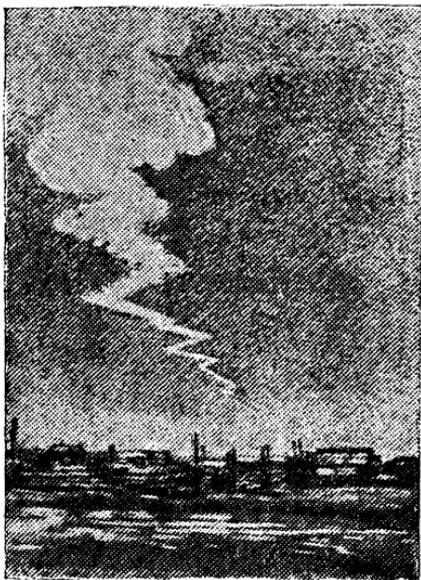


Рис. 1. Падение метеорита Ичкала  
вблизи Новосибирска 20 мая 1936 г.

одной частицы в пределах земной атмосферы. В этом случае, при разделении частицы, составляющие ее не могут оставаться в близком соседстве в течение всего своего полета. Быть может, вернее предположить, что двойные и кратные метеоры были таковыми еще до встречи с Землей, образуя небольшие тесные рои.

Гораздо реже наблюдаются яркие метеоры, называемые *болидами*, которые зачастую производят сильный взрыв, освещая на мгновение всю окрестность. После них остается обычно устойчивый газовый след, который быстро разносится воздушными потоками, ослабевает и спустя некоторое время исчезает. Подобное явление наблюдалось, например, 9 октября 1948 года во время экспедиции института астрономии и физики Академии наук Казахской ССР в пустыню Южного При-

балхашья. Ночь была совершенно ясна. На востоке уже поднялась яркая Венера, блестевшая в созвездии Льва. На западе виднелось противосияние — овальное мутное пятно, слабо выделяющееся на темном фоне неба в направлении, прямо противоположном Солнцу. Внезапно в южной части созвездия Кита, почти в южной части неба, блеснул яркий болид, на мгновение осветил всю местность и бесшумно исчез. На месте полета болида, не имевшего даже видимых размеров, остался короткий и узкий след. Сначала можно было предполагать, что этот след скоро разойдется, ослабеет и исчезнет. Однако след продолжал оставаться, стал заметно расширяться и изогнулся в своей средней части. Вместе с тем след вытягивался кверху и перемещался по направлению на запад. Каждые несколько минут отмечалось его положение на звездной карте и записывалось точное время. Скоро было замечено, что в верхней части следа начало развиваться светлое облачко овальной формы, принявшее вид головы, за которой следовал длинный извилистый хвост. Двигаясь все дальше на запад и вместе с тем поднимаясь к зениту, облачко это прошло мимо противосияния, походя на него своими очертаниями и яркостью, прошло далее через большое созвездие Андромеды и, наконец, исчезло на фоне Млечного Пути. Остальная, менее определенная, часть следа исчезла несколько ранее. Все явление продолжалось около 40 минут.

Появление облачка отметило ту точку следа, где произошло наиболее сильное торможение движения болида и, следовательно, наиболее интенсивное превращение его энергии в тепловую энергию газовых частиц. Можно считать, что в этой точке задержки образовавшееся газовое облачко уже не сохранило никакой космической скорости болида и двигалось только под действием воздушных течений на одной и той же высоте над земной поверхностью. При этом предположении можно нанести положение пути этого облака на земную поверхность. Оказалось, что облачко, произведенное болидом, двигалось по несколько искривленной траектории, заворачиваясь вправо в направлении своего движения и в общем — с юга на север почти по меридианальному направлению. Если считать высоту появления следа равной 50 км, как это было найдено ранее в аналогичных случаях, то скорость облака составит примерно 40 метров в секунду. Это означает, что на очень больших высотах атмосферы дуют ураганные ветры, далеко превосходящие самые свирепые ураганы в нижних атмосферных слоях. Таким образом, наблюдения метеоров и особенно бо-

лидов имеют большое научное значение не только для изучения свойств этих объектов самих по себе, но также и для исследования свойств земной атмосферы на очень больших высотах, недоступных для других методов.

Обычные метеоры загораются на высоте 120 — 130 км и потухают на высоте около 80 км, где расположен слой особенно охлажденного воздуха, который они уже не могут пробить. Более яркие и, следовательно, более массивные тела этого рода — болиды — проникают глубже и потухают обычно, как было выше упомянуто, на высоте около 50 км. Самые массивные из них опускаются еще ниже, разрываются обычно на части и иногда в виде отдельных камней падают на земную поверхность. Эти выпавшие камни называются метеоритами. Очень большие и яркие болиды, как правило, сопровождаются выпадением метеоритов, на которые распадается основная масса, встретившаяся с Землей и проникшая в ее атмосферу.

Из множества примеров укажем на болид, наблюдавшийся 24 марта 1935 года, который дал метеориты, выпавшие почти отвесно на границе Англии и Шотландии в 19 часов местного времени. Это явление было хорошо видимо в Голландии, Дании, Южной Норвегии. След его был замечен в течение 30 минут и, как показал Штермер, целиком находился в области атмосферы, освещенной Солнцем. Будучи сначала прямого направления, этот след быстро разнесся воздушными течениями по разным направлениям и принял зигзагообразный вид, заключаясь между уровнями высоты 100 км и 80 км, хотя сам болид разорвался на высоте 65 км и достиг в этот момент яркости, равной Луне. Самый замечательный по устойчивости след болида наблюдался 22 февраля 1909 года в 7 ч. 34 м. вечера. Этот болид летел над Ламаншем, медленно опускаясь к горизонту. Его след длиной в 240 км заключался в пределах высоты 90 и 77 км. След оставался видимым в течение 104 минут, как было установлено многочисленными наблюдателями. По скорости смещения следа можно было установить, что на указанных высотах дул ветер со скоростью 200 — 250 метров в секунду, непрерывно меняя свое направление.

Совершенно исключительное явление представлял Сихотэ-Алинский метеорит, упавший в Приморском крае в тайге между Хабаровском и Владивостоком 12 февраля 1947 года в 10 часов 35 минут владивостокского времени, при ясной солнечной погоде. Сначала показался болид в виде яркого шара,

видимого на расстоянии нескольких сотен километров, быстро летевшего по голубому небу. Один из многочисленных свидетелей этого явления лесник Ашлабан находился в это время в тайге в 20 км от деревни Новополтавки и следил за рубкой деревьев. Внезапно он заметил, что от дерева, около которого он стоял, протянулась вторая тень, быстро вращаясь в направлении часовой стрелки. Оглянувшись, он увидел летевший по небу раскаленный шар, размерами и яркостью похожий на Солнце. За шаром тянулся темный след в виде вихревых клубов серого цвета. Далее шар замедлил свое движение, траектория его искривилась («преломилась», по выражению Ашлабана), приблизилась к горизонту и, наконец, шар исчез на востоке за соседними сопками, покрытыми густой тайгой. Через некоторое время от места падения метеорита донеслись раскатистые звуки сильной канонады. Сгустившийся след был настолько непрозрачен, что для некоторых наблюдателей совершенно закрывал Солнце. Для других наблюдателей оно слабо просвечивало в виде красного диска. Явление летящего болида, произведшего выпадение Сихотэ-Алинского метеорита, было хорошо воспроизведено художником Медведевым в г. Имане на расстоянии около 100 км по прямой линии. Медведев находился случайно в это время у себя в саду и рисовал именно ту самую область неба, где появился метеорит. След от этого гигантского болида сохранялся в течение нескольких часов и постепенно рассеялся только к вечеру. Ночное небо в области его появления приобрело большую светимость, и на следующий день там преимущественно образовывались облака.

Космическая масса, влетевшая в земную атмосферу, составляла в этом случае около тысячи тонн. Эта масса, состоявшая, главным образом, из железа, с небольшой примесью никеля, начала рваться на высоте около 10 километров от земной поверхности и выпала в виде целого роя крупных и мелких масс, покрывших и опустошивших тайгу на площади в километр в длину и полкилометра в ширину. При этом было повалено огромное количество мощных кедров в десятки метров высотой. При ударе метеоритных масс кедров вырывались с корнем, разбрасывались по воздуху в разные стороны, а некоторые разбивались на мелкие части. Иногда можно было видеть части стволов кедров, застрявшие на вершинах других деревьев, случайно оставшихся нетронутыми. Упавшие массы метеорита образовали в скальных породах, сложенных из слоев сплошных серых порфиров, слегка наклоненных к горизонту,

много кратеров и воронок, размером от 1 до 28 метров в диаметре. Воронки, которые образовались в более низменных местах — в долинах рек Ханихеза 1-я и Ханихеза 2-я, были залиты водой. Большая же часть осталась сухой и могла быть измерена. Оказалось, например, что из наибольшего кратера, диаметром в 28 метров, при ударе метеоритной глыбы за не-



Рис. 2. Поваленные и расщепленные деревья в районе падения Сихотэ-Алинского метеорита.

сколько мгновений было выброшено веером по всем направлениям около 5 тысяч тонн глины и скальной породы. Общая масса метеоритного железа, упавшего на почву, должна была составить не менее сотни тонн, первичная же масса, вошедшая в земную атмосферу с космической скоростью, была, как уже упоминалось, не менее тысячи тонн.

Такая масса, как показывают вычисления, могла быть видна как отдельное тело еще задолго до встречи ее с нашей планетой и даже на расстоянии Луны могла представлять слабенькую звездочку, различимую в сильный телескоп, с быстрым перемещением среди звездного поля. Подобные звездообразные тела, видимые благодаря отражению ими солнечного света и самостоятельно обращающиеся вокруг Солнца, называются астероидами или малыми планетами. Множество астероидов движется вокруг Солнца в пространстве

между орбитами Марса и Юпитера, но те из них, которые можно видеть на столь большом расстоянии — в сотни миллионов километров — представляют довольно крупные тела диаметром в десятки и, в некоторых случаях, сотни километров. Правда, некоторые из еще различных астероидов пред-

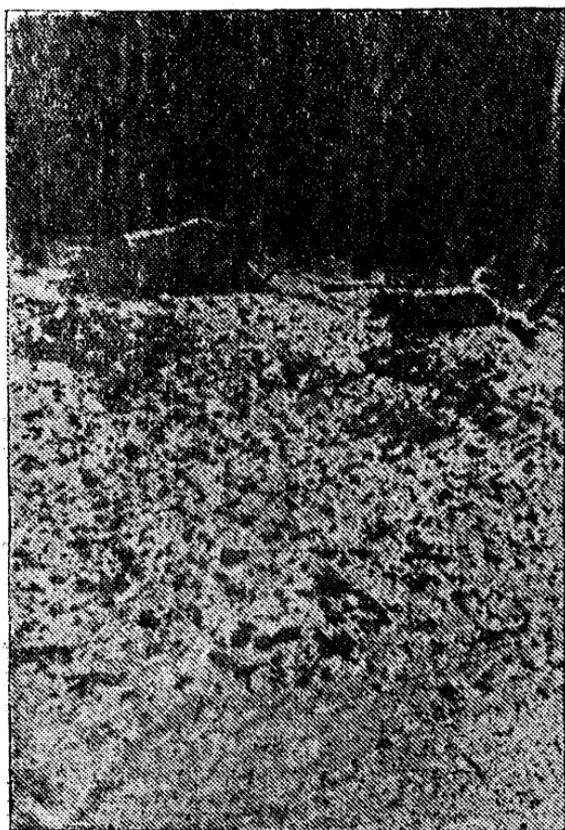


Рис. 3. Внутренний вид кратера, образовавшегося от падения Сихотэ-Алинского метеорита.

ставляют обломки скал поперечником в 1 — 2 км, по всей видимости, угловатой неправильной формы, носящиеся по самым разнообразным орбитам в межпланетном пространстве. Некоторые из них могут приближаться к земной орбите и даже подходить еще ближе к Солнцу, пересекая орбиту Венеры. Не подлежит сомнению, что среди астероидов имеется множество тел гораздо меньших размеров, быть может, вплоть до разме-

ров обычных камней, которые тем не менее ведут себя аналогично самостоятельным планетам. Встречаясь с Землей, подобное тело может произвести явление яркого болида и выпасть, образуя более или менее многочисленные осколки, в виде метеоритов.

Таким образом, одно и то же тело, в зависимости от условий, в которых оно наблюдается, может быть астероидом, болидом или метеоритом. Находясь в межпланетном пространстве, оно наблюдается в виде астероида, если имеет достаточную массу и подходит на довольно близкое расстояние к нашей Земле; попав в атмосферу Земли, оно прокладывает себе путь в виде яркого болида; если оно падает на поверхность Земли, то изучается под названием метеорита.

Падение может произойти только в том случае, если метеорит летит вокруг Солнца примерно в том же направлении, что и Земля так, что скорость взаимной встречи невелика и не превышает 20 км в секунду. Тогда потеря энергии движения в атмосфере и разогревание метеорита, вследствие трения, еще не очень велики, и какая-то часть первоначальной массы может сохраниться и достичь земной поверхности. Так именно было в случае Сихотэ-Алинского метеорита. Если же метеорит, находясь в межпланетном пространстве, летел навстречу нашей Земле и столкнулся с ней с гораздо большей скоростью, которая может доходить до 75 км в секунду, то от него после пролета в атмосфере уже ничего не остается. Вся его масса, как бы велика первоначально она ни была, превращается в раскаленное облако газов, которое в огромном большинстве случаев не достигает поверхности Земли. Только, если масса подобного встречного тела непомерно велика, образовавшееся газовое раскаленное облако, часть которого гонится метеоритом впереди себя, может придти в столкновение с земной поверхностью и произвести сильный удар, сопровождающийся большими разрушениями. Подобные случаи происходят, конечно, очень редко. Однако такое явление произошло еще на нашей памяти, именно 30 июня 1908 года, и известно под названием Тунгусского метеорита.

В этот день рано утром в районе Подкаменной Тунгуски произошла страшная катастрофа. Густая тайга на протяжении сотен километров в одно мгновение была повалена, и деревья остались лежать в направлениях, радиально расходящихся от места катастрофы. Ближайшие из них были заметно обож-

жены. Различные сейсмические станции, и прежде всего Иркутская, расположенная ближе всего, зарегистрировали землетрясение, расходящееся из этого района. Вместе с тем было обращено внимание на то, что возникла воздушная волна, произведшая систематические повышения барометрического давления и несколько раз обошедшая весь земной шар. Но в начале об этой катастрофе почти ничего не было известно, так как она произошла в глухой, почти необитаемой местности. Немногочисленные местные жители вместе со своими семьями были сметены катастрофой, более же отдаленное население в панике отмечало падение раскаленного тела, сопровождавшееся сотрясением почвы, мощной воздушной волной, разрушением домов, опрокидыванием пешеходов, лошадей и т. д.

Слухи, однако, ширились и росли и, наконец, благодаря энергии ученого секретаря Метеоритного комитета при Академии наук СССР Л. А. Кулика, в 1926 году была организована экспедиция в район катастрофы. Кулик обнаружил наличие радиально поваленного леса и доказал с несомненностью, что это явление было обусловлено падением огромного тела. Масса этого тела действительно должна была быть огромной, и трудно даже приблизительно ее оценить. Вероятно, она составляла многие миллионы тонн. Помимо указанных выше явлений произошло распыление этой массы в земной атмосфере. Мелкая пыль, заполнившая атмосферу, разнеслась воздушными течениями и произвела в различных странах земного шара яркие зори и непрерывающееся свечение ночного неба. Невозможно оценить количество материи, необходимое для всех этих оптических эффектов, но, несомненно, что оно должно быть огромным. Кулик, наблюдая направление радиально поваленного леса и исследуя разрушения пластов, мог довольно точно фиксировать место падения. В своих последующих экспедициях в 1927 и 1928 годах он начал раскопки предполагаемых метеоритных воронок, ожидая найти обломки метеорита. Однако все его старания ни к чему не привели. Тунгусский метеорит, несмотря на то, что его первоначальная масса была огромной, обнаружен не был.

Это представляет разительный контраст с Сихотэ-Алинским метеоритом. Масса последнего не была очень велика, быть может, как мы выше говорили, порядка всего лишь тысячи тонн, из которых достигло земной поверхности не более сотни тонн. Тем не менее обломки этого метеорита попадались в тайге, в окрестностях кратерного поля, буквально на каждом шагу. Экспедиция под руководством автора этих

строк, исследовавшая в 1947 году место падения Сихотэ-Алинского метеорита, наталкивалась на отдельные массы выпавшего железа в самых различных местах, выкапывала его из кратеров в виде множества уже окисленных осколков, размером от маленьких крупинок до нескольких десятков килограммов, находила отдельные глыбы среди тайги,

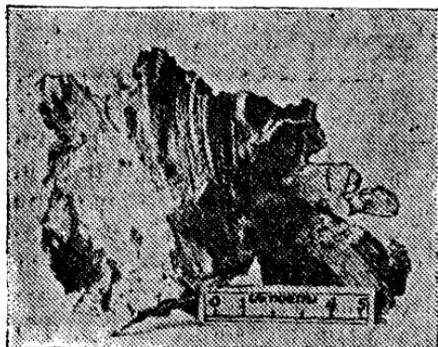


Рис. 4. Осколок Сихотэ Алинского метеорита, извлеченный из кратера.

вынимала осколки метеорита из стволов деревьев, в которых они застряли, и т. п. За короткое время, между другими делами, экспедиция собрала около 5 тонн осколков метеорита. Следующая экспедиция, прибывшая в район падения весной 1948 года, собрала дополнительно еще три с половиной тонны.

От огромнейшей же массы Тунгусского метеорита не было найдено ни малейшего кусочка при самом тщательном осмотре тайги в районе падения и при раскопках с применением физических методов разведки. Это может показаться на первый взгляд очень странным и, действительно, привело некоторых фантастически настроенных людей к предположению, что в данном случае имело место не падение обычного космического тела, каких обращается множество в межпланетном пространстве, а явление совершенно другого порядка, например, падение снаряда, пущенного жителями Марса.

Причину отсутствия частей Тунгусского метеорита надо искать в том, что он двигался навстречу Земле и потому влетел в ее атмосферу со скоростью, вероятно превышающей 50 км в секунду. Звук распространяется в атмосфере со скоростью в одну треть километра в секунду. Следовательно, скорость метеорита во много раз превышала скорость звука. Влетев в атмосферу, метеорит образовал сгущение воздуха, которое он гнал перед собой, увеличивая его плотность в более низких атмосферных слоях. Это сгущение в виде волны частично уходило назад, но главная масса сгущенного воздуха неслась вместе с метеоритом, обволакивая его спереди и с боков и образуя сильно нагретую оболочку.

Известно, что при сильном и внезапном сжатии темпера-

тура воздуха резко повышается. Всем известно так называемое воздушное огниво, основанное на быстром сжатии воздуха в изолированной трубке. В воздухе вся космическая энергия метеорита полностью уничтожается за несколько секунд и переходит, главным образом, в тепловую энергию метеорита и окружающих слоев воздуха. Если бы происходило нагревание только самого метеорита, то последний мог бы нагреться до миллиона градусов. Но и фактическое нагревание его огромно, тем более, что вследствие кратковременности процесса, оно ограничивается только поверхностными слоями метеорита. Наружные слои метеоритной массы мгновенно плавятся и собираются в раскаленные газы, которые поступают в уплотненную воздушную оболочку перед метеоритом и увеличивают ее объем. Эти газы частично отстают, образуя след, и конденсируются в тончайшую пыль. По мере продвижения метеорита все новые и новые его слои превращаются в газ, пока, наконец, в случае достаточного запаса космической скорости, весь метеорит не превратится в газовое облако. Приближаясь к земной поверхности, это облако испытывает внезапное торможение, которое по своему действию равносильно тому, как если бы скорость его внезапно увеличилась вдвое. Плотность и температура облака внезапно возрастают и происходит сильный взрыв.

Это именно и произошло с Тунгусским метеоритом. Таким образом, действие метеорита на земную поверхность было действием сильно уплотненного газового облака, в которое он превратился в момент своего падения, а может быть и несколько ранее. Огромная энергия Тунгусского метеорита должна была разрушить самый этот метеорит.

Быстрые струи воздуха, тем более сильно сжатые, производят огромное разрушительное действие. Академик А. Н. Крылов рассказывал, что при взрыве броненосца «Мария» на Черном море получившаяся воздушная волна даже на большом расстоянии от места катастрофы срезала, как ножом, ветки и листья деревьев, оказавшиеся в области ее действия. Подобно этому, взрывная волна Тунгусского метеорита повалила деревья, которые были расположены на открытых местах, но не тронула лес, защищенный холмами или расположенный во впадинах и складках местности.

Как указывалось выше, Сихотэ-Алинский метеорит 1947 года двигался с гораздо меньшей скоростью. Тем не менее летевшие железные массы были окружены газообразной оболочкой диаметром около 600 метров и с температурой до

6000 градусов. На высоте около 8 км этот метеорит в так называемой точке задержки уже полностью истратил первоначальную космическую скорость и далее выпадал в виде множества отдельных глыб со скоростью, лишь незначительно превышающей скорость звука. В этих условиях от него могли отлетать отдельные брызги расплавленного железа, которые, падая случайно на другие части того же метеорита, более защищенные от давления воздушного потока, застывали на них в виде мельчайших капелек, обнаруженных при тщательном осмотре собранных образцов Е. Л. Криновым. Тем не менее даже в этом случае крупные глыбы, образовавшие большие кратеры, совершенно исчезли. Раскопки одного из больших кратеров, диаметром в 22 метра, показали, что крупных масс в нем нет. Было найдено лишь несколько тонн осколков разного размера, по большей части с сильно загнутыми краями и со следами удара о скальные породы. Однако несомненно, что первоначальная масса, образовавшая этот кратер, была значительно больше. Она должна была распасться при ударе на мельчайшие частицы. И действительно, земля, собранная внутри и на склонах этого кратера, оказалась насыщенной мельчайшими железными частицами, зернышками, пластинками и просто железной пылью. Такому дроблению подвергаются крупные метеоритные массы, падающие даже с умеренной скоростью.

Таким образом, можно утверждать, что для того, чтобы космическая масса могла достичь земной поверхности и при этом не разрушиться полностью и не исчезнуть, как это было в случае Тунгусского метеорита, должны удовлетворяться благоприятные условия встречи ее с Землей. Метеорит должен двигаться в пространстве в том же направлении, что и Земля, по ее орбите, и влетать в атмосферу с возможно меньшей скоростью. В соответствии с этим, все найденные метеориты были догоняющими, но не встречными. Но в таком случае космическая масса не сможет уже произвести каких-либо разрушений. И действительно, наиболее известные метеоритные глыбы, например, Гоба, метеорит весом в 60 тонн, лежащий в Южной Африке, и ряд других, находились лишь в небольших ямах, в которые они не были даже полностью погружены. С другой стороны, там, где встречаются сильные разрушения, нарушения земных пластов от удара упавших масс и целые метеоритные кратеры, там обычно ничего нельзя найти, кроме отдельных, незначительных по размерам и по весу, осколков. В пределах Советского Союза на острове *Эдель*, находящемся на Балтийском море, имеется единственное в

Европе кратерное поле, состоящее из нескольких десятков круглых кратеров, большинство которых залито водой. Наибольший кратер имеет в диаметре 100 метров. Это кратерное поле было детально исследовано членом Метеоритного комитета Академии наук СССР Рейнвальдом, который первый доказал его метеоритное происхождение и собрал некоторое количество метеоритных осколков. Рейнвальд произвел раскопки некоторых кратеров и нашел отдельные небольшие осколки метеоритов.

Таким образом, там, где имеются кратеры, почти нет самих метеоритов и, напротив того, там, где имеются крупные метеориты, сохранившиеся в ненарушенном виде, там наверное не будет кратеров. Все известные падения метеоритов, а также исследованные метеоритные кратеры подтверждают это положение.

Наиболее значительным метеоритным кратером является так называемая долина Дьявола в Аризонской пустыне в США. Этот кратер образовался в незапамятные времена, судя

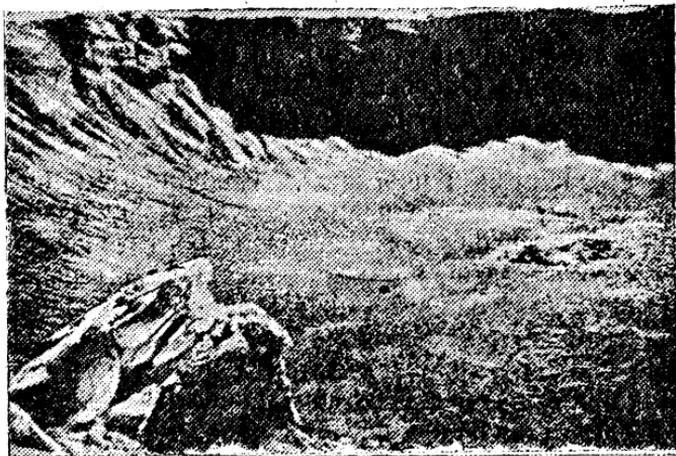


Рис. 5. Аризонский метеоритный кратер (внутренняя часть).

по некоторым признакам — несколько тысяч лет тому назад. Однако среди окрестных индейских племен до сих пор сохранилась легенда о том, что кратер образовался при сходе с неба огненного бога, опалившего все вокруг. Аризонский кратер имеет в диаметре свыше 1 километра и глубину в настоящее время около 200 метров. Пласты пород внутри него

сильно нарушены, особенно около южного вала, где они сильно вздыблены. Внутренность его изобилует оплавленным песком, пригодным для применения в оптическом производстве. В окрестностях кратера на площади в несколько десятков квадратных километров имеется множество метеоритных осколков, которых до настоящего времени уже собрано несколько тонн. Однако в самом кратере никаких метеоритных масс не обнаружено. Американские исследователи делали одно время на основании неудачного шурфования предположение, что у южного вала кратера на глубине около 400 метров лежит основная железная масса, произведшая катастрофу. Была даже организована акционерная компания для разработки этой массы, которая, однако, скоро прогорела, и дело было заброшено. Не подлежит, конечно, никакому сомнению, что метеоритной массы, предполагаемой на подобной глубине, быть не может. Сопротивление горных пород, которое должно быть оказано подобной массе, перемещающейся в них с большой скоростью, во много раз превосходит сопротивление земной атмосферы, а мы видели выше, что даже это последнее обычно представляет непреодолимое препятствие.

Другие аналогичные кратеры, но меньших размеров, находятся около города Одессы в США, в Генбери в Австралии, в Аравии и некоторых других местах. Можно полагать, что число подобных кратеров было гораздо больше, но они вообще быстро размываются и исчезают. Сохраняются преимущественно те из них, которые расположены в засушливых областях земного шара, бедных влагой и растительностью. Нет сомнения, что небольшие сихотэ-алинские кратеры, расположенные среди девственной тайги с бурно развивающейся растительностью, заливаемые водой во время летних ливней и заносимые глиной, скоро сгладятся и перестанут быть заметными. Пока же кратеры Сихотэ-Алинского метеорита представляют единственный в истории человечества пример возникновения подобных образований непосредственно на наших глазах.

## НАБЛЮДЕНИЕ МЕТЕОРИТОВ

Метеоры появляются внезапно и потому могут наблюдаться как правило лишь невооруженным глазом. Астроном-любитель находится поэтому в таких же условиях, в каких находится и астроном-специалист. Большое количество наблюдений было получено и получается именно любителями, посвятившими себя этой отрасли знания.

Для научных наблюдений над метеоритами нужно иметь в своем распоряжении точное время и подробную звездную карту в крупном масштабе, причем необходимо знать вид и расположение созвездий и названия некоторого количества звезд. Желательно также знать на память угловое расстояние между отдельными звездами, выраженное в градусах, для того, чтобы быть в состоянии правильно оценить углы на небесной сфере. Кроме того, следует знать яркости ряда характерных звезд, выраженные в шкале звездных величин. В этой шкале наиболее яркие звезды относятся к нулевой и первой величинам, самые же слабые, еще заметные невооруженным глазом, — к пятой-шестой величинам. Например, известная яркая звезда Вега (главная звезда в созвездии Лиры) имеет звездную величину 0,14, Арктур (главная звезда в созвездии Волопаса), находящийся около Большой Медведицы, — 0,24 звездной величины, Капелла (главная звезда в созвездии Возничего), — 0,12, а Альтаир, видимый всегда летом вблизи Млечного Пути, имеет 0,89 звездной величины. При переходе к каждой следующей величине яркость звезды уменьшается в 2,512 раз. Это отношение выбрано так, чтобы его логарифм равнялся бы ровно 0,4. Полезно запомнить, что отношение яркостей двух звезд, отличающихся на пять звездных величин, составляет ровно 100, так как логарифм этого отношения равняется как раз 2,00. В особенности полезно знать названия и яркости звезд Большой и Малой Медведицы, так как эти околополюсные созвездия в наших широтах всегда находятся над горизонтом и могут служить в качестве опорных.

Для визуальных наблюдений над метеорами следует изготовить себе звездную карту, увеличив, например, для этой цели соответствующую карту из звездного атласа А. А. Михайлова. Карта делается немой, т. е. без обозначения звезд и созвездий, причем звезды наносятся на нее настолько крупными, чтобы их можно было видеть ночью только при освещении фоном ночного неба без всякого искусственного света. Для отсчета времени по часам следует иметь в своем распоряжении фонарик, но настолько малой яркости, чтобы пользование им не могло заметно изменить адаптацию глаза. Если применять обычный электрический фонарик, то каждый раз при освещении карты и часов глаза наблюдателя будут на некоторое время терять свою чувствительность, и потому получаемый наблюдательный материал окажется неоднородным.

Далее, не следует разбрасываться по всему небу, нужно сосредоточить свое внимание лишь на определенной области



протяжением, примерно, в 60 градусов. Однако и в этом случае далеко не все пролетающие метеоры могут быть зарегистрированы наблюдателем. Сравнивались результаты подсчетов числа метеоров различных звездных величин несколькими наблюдателями, сидящими рядом, но работающими независимо один от другого. Оказалось, что наблюдатель пропускает всегда определенное количество метеоров разных звездных величин. Для целей статистики метеоров следует определить соответствующий поправочный коэффициент, характеризующий среднее число пропускаемых метеоров.

При появлении метеора нужно прежде всего запомнить направление его полета и положение между звездами точек появления и исчезновения, затем немедленно взглянуть на часы, записать время и далее начертить траекторию метеора на карте в виде стрелки, поставив текущий номер данной ночи около ее конца. Вместе с тем нужно оценить яркость метеора в звездных величинах и, по мере возможности, продолжительность полета в секундах.

Определение скорости движения представляет наименее надежный элемент наблюдений. Обычно скорость получается систематически больше, чем она есть в действительности. Это происходит от того, что наблюдатель стремится несколько продолжить траекторию движения назад и рисует ее длиннее, чем она есть на самом деле. Вследствие этой погрешности скорости метеоров долгое время принимались на много большими истинных. Считалось даже, что метеоры приходят к нам из космического межзвездного пространства, пронизывая солнечную систему с гиперболической скоростью по отношению к Солнцу.

Во время Аризонской экспедиции по исследованию метеоров, организованной Гарвардской обсерваторией, было обращено особое внимание на определение их скорости. Применялось вращающееся зеркало, насаженное слегка наклонно на ось вращения, так что нормаль к зеркалу описывала некоторую коническую поверхность с известным периодом. Если смотреть в это зеркало, то каждая звезда будет казаться описывающей небольшой кружок. Так как скорость вращения зеркала очень велика, именно — несколько десятков оборотов в секунду, то практически все звезды превращаются в кружки. Если теперь в этой части неба пролетает метеор, то его траектория представляется в виде волнообразной линии. Можно на глаз определить длину волны, и эта величина определит, очевидно, скорость движения. Таким образом, благодаря извест-

ному периоду вращения зеркала, определение скорости движения метеора сводится к определению длины волнообразных отрезков его траектории между звездами.

По этому способу был получен интересный результат, бывший некоторое время общепризнанным, именно, что среди метеоритов большая часть имеет гиперболические скорости, причем число подобных быстрых метеоров возрастает по мере уменьшения их видимой яркости. Таким образом, как будто получилось, что телескопические метеоры почти все являются к нам из межзвездного пространства. Этот результат, однако, не был подтвержден дальнейшими исследованиями.

Трудно сказать, в чем заключалась систематическая ошибка этого прибора. Поэтому было бы в высшей степени желательно повторить подобное определение скоростей метеоров, в особенности во время действия известного метеорного потока, вроде Персеид, движущихся в пространстве по уже определенной орбите.

Наиболее надежный способ определения положения траектории метеора между звездами и видимой скорости его движения представляет фотография. Недостаток этого способа состоит лишь в том, что таким путем можно регистрировать только самые яркие метеоры и притом в ограниченном поле неба. Для фотографической регистрации метеоров проще всего направить на определенный участок неба светосильную камеру, укрепив перед объективом вращающийся сектор, который на короткое время закрывал бы объектив. При этом фотографируемая траектория получается с небольшими перерывами, например, через каждую двадцатую долю секунды. Промежутки времени между перерывами должны быть известны на основании известного числа оборотов сектора. Зная масштаб пластинки на основании известных изображений звезд или просто заданного фокусного расстояния камеры, можно определить угловую скорость метеора.

Для расширения возможностей этого способа можно насадить на один штатив несколько (6 — 8) одинаковых камер, направив их в разные части неба так, чтобы в общей сложности перекрывалась бы большая площадь неба одновременно. Камеры должны следовать вращению небесной сферы, вращаясь вокруг общей оси, направленной на полюс мира. В этом случае получают почти точечные изображения звезд, что весьма облегчает их отождествление и позволяет регистрировать весьма слабые звезды. Опасность, однако, заключается в том, что моторы для вращения обтюраторов-секторов,

периодически закрывающих объективы, приходится монтировать на самих камерах, чем вызывается возможность их вибрации. Оливье зарегистрировал несколько примеров волнообразного движения метеоров, которые, однако, не могли быть

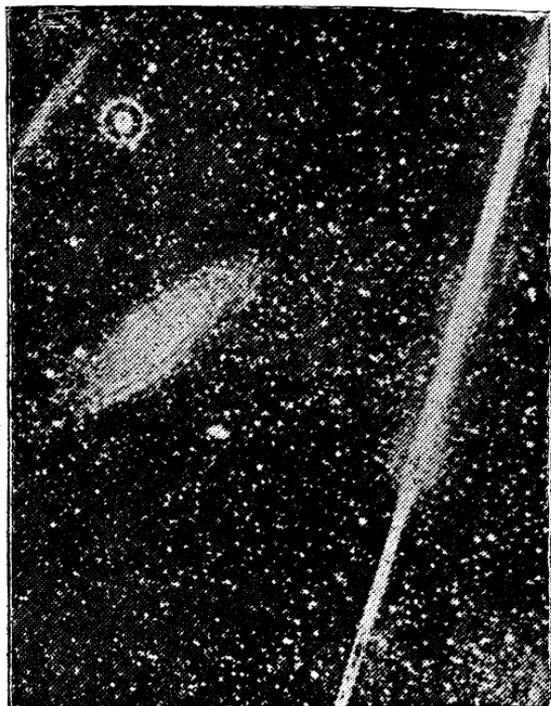


Рис. 6. След метеора в области туманностей Андромеды.

реальными, так как в атмосфере не могут возникнуть столь большие поперечные силы, которые могли бы заметно отклонять метеор от прямолинейного направления, как это показывают элементарные расчеты.

Фотографический метод очень громоздок, но приводит к вполне объективным результатам. Именно этим способом было показано, что действительная скорость метеоров значительно меньше, чем это предполагалось еще недавно. Уиппл показал, что характерный космический поток Таурид, летящий из созвездий Тельца, как принималось на основании выводов Гоффмейстера, из межзвездного пространства, на самом деле

движется по орбите кометы Энке, имеющей период обращения вокруг Солнца всего лишь в три с половиной года — самый короткий из всех кометных периодов, известных в настоящее время.

Описанные выше наблюдения, производимые из одной только точки земной поверхности, еще недостаточны для полной характеристики движения метеора. Они представляют ценность только, если относятся к большому числу объектов. Для характеристики же движения в пространстве отдельных метеоров, для определения высоты их появления и исчезновения, для исследования их постепенного торможения в результате сопротивления воздуха в высоких атмосферных слоях необходимо производить корреспондирующие наблюдения одним и тем же способом из двух концов некоторого базиса. С этой целью два наблюдателя помещаются на некотором расстоянии друг от друга и регистрируют одни и те же метеоры, которые проектируются, конечно, между различными звездами. Для удобства отождествления метеоров не следует выбирать базис слишком большой длины — достаточно в случае фотографических наблюдений иметь одинаковые камеры на расстоянии 10 — 15 км одна от другой, направленные параллельно на одну область неба. В случае менее точных визуальных наблюдений расстояние может быть порядка 30 — 40 км. Одновременно с фотографированием необходимо следить за данным участком неба и отмечать моменты появления метеоров, которые должны оставлять след на пластинке, а также их примерную траекторию, во избежание смещения их между собой.

**Примечание.** Предположим, например, что некоторый метеор в точке М наблюдается двумя наблюдателями А и В из двух концов базиса длиной S. Замечая положение метеора между звездами, находим прямое восхождение и склонение точки появления, а также точки исчезновения. Соответствующий момент времени, общий для обоих наблюдателей, есть T. Переводим этот момент в звездное время S и вычисляем зенитное расстояние и азимут метеора по следующим обычным формулам (см. Общая астрономия В. Г. Фесенкова) для каждого наблюдения в отдельности:

$$\cos Z = \sin \varphi \sin \delta + \cos \varphi \cos \delta \cos t$$

$$\sin A \sin Z = \cos \delta \sin \varphi - \cos A \sin Z = \sin \delta \cos \varphi - \cos \delta \sin \varphi \cos t,$$

где  $\varphi$  — широта места наблюдения,  $t$  — часовой угол точки М, равный  $t = S - d$ .

Горизонтальные координаты Z и A могут быть измерены непосредственно подходящими угломерными приборами. Обозначим теперь через s — длину базиса, т. е. расстояние между А и В, которое можно измерить по карте или вычислить по географическим координатам. Тогда высота метеора над горизонтальной плоскостью будет

$$h = \frac{S}{\sqrt{\operatorname{tg}^2 Z_1 + \operatorname{tg}^2 Z_2 - 2\operatorname{tg} Z_1 \operatorname{tg} Z_2 \cos(A_1 - A_2)}}$$

как это можно получить из треугольника АМС и АВС.

Таким путем определялись высоты многочисленных метеоров, а также скорости их полета. Получено, например, согласно результатам Аризонской экспедиции, что метеоры независимо от их яркости и, следовательно, от их массы появляются в общем на высоте 100 — 120 км, но исчезают на различной высоте. Большинство из них исчезает примерно на высоте 80 км, где, между прочим, находится прослойка наиболее сжатого и потому сравнительно уплотненного воздуха. Метеоры, более яркие и массивные, пробивают эту прослойку и исчезают на тем меньшей высоте, чем больше их яркость. Так, например, метеоры, сравнимые по яркости с Венерой, исчезают на высоте около 60 км.

Описанный выше способ применялся также метеорной секцией Всесоюзного астрономо-геодезического общества, получившей интересные результаты. Метеоры августовского потока Персеид фотографировались одинаковыми камерами с обтюраторами с двух концов базиса, именно с Московской и Кучинской обсерваторий.

В последнее время для наблюдений метеоров начали с большим успехом применять радиолокационные установки (радары). Как известно, радар посылает радиоволны короткой длины, которые, отражаясь в большей или меньшей степени от различных препятствий и возвращаясь назад, образуют на флюоресцирующем экране изображение объекта. Положение изображения на экране определяет его направление от наблюдателя, а смещение по отношению к оси времени позволяет судить о расстоянии. Таким образом, радар позволяет с одного места определять сразу все три пространственные координаты объекта. Радиоволны, в особенности короткой длины, хорошо отражаются от ионизованных слоев атмосферы, главным образом, от слоя Хивисайда на высоте 100 — 110 км, что, как известно, дает возможность производить радиопередачу на большие расстояния. Пролетающие метеоры, вследствие своей огромной скорости, способны ионизовать воздух и сами превращаются в газообразное ионизованное облако, располагающееся вдоль следа. Эти ионизованные газы, оставляемые метеорами, хорошо отражают радиоволны и производят появление изображений на экране радара. Подобные наблюдения возможны как ночью, так и днем, и производятся независимо от

облачности. Вследствие этого радар получил исключительное значение в метеорной астрономии. С его помощью уже открыты новые метеорные потоки, действующие в дневное время. Кроме того, можно проследить более полно спорадические метеоры, особенно обильные между 3 и 9 часами утра, с максимумом около 6 часов утра.

Особенно важно применение радара для всестороннего исследования движения метеоров в стратосфере, торможения их в зависимости от скорости, высоты появления и исчезновения. Это предоставляет возможность судить о физических свойствах земной атмосферы на очень больших высотах. Можно также судить на основании тех же наблюдений об атмосферных течениях на этих высотах, что дает возможность составить более полное представление об атмосферной циркуляции. Радиолокационные наблюдения над метеорами дают, кроме того, возможность проверить законы сопротивления газовой среды движущимся в ней телам при очень больших сверхзвуковых скоростях, не говоря уже о возможности постановки чрезвычайно тонких наблюдений над самими метеорами, определения их подлинных скоростей в пространстве и окончательного решения вопроса об их роли в солнечной системе.

Интересные результаты получаются даже при обычных подсчетах числа метеоров на определенном участке неба, если только уметь по возможности точнее оценивать яркости в шкале звездных величин. Действительно, число метеоров быстро увеличивается с понижением их яркости, и потому их подсчет без оценки соответствующих звездных величин не имеет большого научного значения. Тем не менее, подобные подсчеты показали, как было установлено еще Кульве Гравье, что часовое число метеоров возрастает в течение ночи и достигает максимума незадолго до рассвета. Скиапарелли показал, что эта особенность доказывает космическое происхождение этих объектов, именно — является следствием того обстоятельства, что они встречаются с Землей, двигаясь по независимым орбитам вокруг Солнца. Действительно, всем известно, что при движении по оживленной улице с пешеходами, идущими вперед и назад, всегда констатируется больше встречных лиц, чем обгоняющих.

Если рассматривать движение Земли в пространстве и принять во внимание, что вследствие вращения Земли с запада на восток, переход от ночи ко дню происходит на стороне Земли, передней в отношении направления орбитального движения, то станет ясным, почему максимальное количество

метеоров должно быть именно около 6 часов утра, т. е. на рассвете. В этот момент точка, в направлении которой движется Земля, так называемый апекс земного движения, проходит через меридиан и занимает наиболее высокое положение на небе. Напротив, в 6 часов вечера через меридиан проходит точка, противоположная апексу, и мы можем наблюдать только догоняющие метеоры, которых, естественно, должно быть гораздо меньшее количество.

Эта вариация суточного количества метеоров часто рассматривалась как доказательство того, что метеоры движутся со скоростью, значительно превышающей параболическую, т. е. не могут принадлежать нашей солнечной системе. При этом, однако, делались следующие произвольные допущения. Предполагалось, что число и средняя скорость движения метеоров не зависят от их направления. Это, однако, равносильно предположению о межзвездном происхождении метеоров, так как, если бы эти тела двигались бы постоянно в солнечной системе, то их направление в пространстве не могло бы быть совершенно хаотическим. В этом предположении нетрудно определить среднюю скорость метеоров, так как непосредственно от нее зависит доля метеоров, догоняющих Землю, по сравнению с числом падающих на ее переднюю сторону. Гоффмейстер нашел, что эта средняя скорость в 2,2 раза больше скорости движения Земли по ее орбите, т. е. носит резко выраженный гиперболический характер. Этот результат есть простое следствие указанных выше произвольных допущений и потому не является обязательным.

Если считать (что гораздо вероятнее), что метеоры принадлежат солнечной системе и в огромном большинстве случаев движутся вокруг Солнца в том же направлении, что и Земля, то тогда можно, очевидно, установить достаточное количество догоняющих метеоров, при гораздо меньшей их относительной скорости.

К таким результатам пришел, например, Портер, на основании обработки всех британских наблюдений над метеорами. Согласно Портеру, по крайней мере 90% всех наблюдаемых метеоров принадлежит солнечной системе и движется по эллиптическим орбитам и только 10% является неопределенного происхождения. Возможно и даже вероятно, что гиперболические метеоры вообще отсутствуют. Косвенным доказательством этого служит то обстоятельство, что высота появления спорадических метеоров значительно меньше, чем высота появления метеоров, принадлежащих к определенным по-

тока, именно составляет не 110 — 120 км, как для последних, а всего лишь 95 км.

Этот факт очень показателен. Дело в том, что высота появления определяет те атмосферные слои, где метеор начинает светиться, приходя в раскаленное состояние, т. е., где он встречает достаточное сопротивление воздуха. Для того, чтобы это сопротивление было достаточно, необходимо, чтобы скорость метеора была больше. Значит, спорадические метеоры встречаются с Землей со скоростью меньшей, чем принадлежащие к потокам, движущимся вокруг Солнца по замкнутым орбитам, и потому тем более должны быть отнесены к постоянным членам солнечной системы.

Интересные результаты получаются, если производить подсчеты метеоров вплоть до наиболее слабых, еще видимых в светосильные телескопы.

В ясную безлунную ночь число метеоров, видимых невооруженным глазом, составляет примерно 10 в час. Это говорит об огромном числе этих маленьких тел, попадающих в пределы земной атмосферы в целом, как это видно из следующего небольшого расчета. Поле зрения наблюдателя в  $60^\circ$  на высоте исчезновения метеора в 80 км охватывает площадь в 5000 кв. км. Этой площади соответствует, как мы видели, 10 метеоров в один час. Так как общая площадь Земли равняется 500 000 000 кв. км, т. е. в сто тысяч раз больше, нужно, очевидно, наблюдаемое число метеоров умножить на это число, чтобы судить о том, сколько их может наблюдаться на всей Земле одновременно. В сутки это составляет 24 миллиона метеоров. Это число нужно еще увеличить, так как наблюдатель неизбежно пропускает известное число метеоров и притом тем большее, чем они слабее. Учитывая это обстоятельство, находим, что каждые сутки на Землю падает из межпланетного пространства огромное число метеоров, именно около 75 миллионов, если ограничиться притом только теми, которые видимы невооруженным глазом.

Число телескопических метеоров еще больше. Например, в поле зрения десятидюймового телескопа диаметром в 4 градуса видно 3 — 4 метеора до десятой величины в час. Это означает, что общее число метеоров до десятой величины для всей атмосферы составляет несколько миллиардов в сутки. Тщательные подсчеты, произведенные различными авторами, показали, что с каждой следующей величиной, т. е. с ослаблением яркости в 2,5 раза, число метеоров возрастает почти в точности также в 2,5 раза. Так как масса при прочих равных усло-

ниях пропорциональна яркости, это значит, что в каждом интервале звездных величин в пределы земной атмосферы попадает одинаковое количество метеорной материи. Различные авторы нашли возможность по яркости метеора, обладающего определенной скоростью, например 55 км в секунду по отношению к Земле, судить о его массе. Оказывается, что метеор яркостью, соответствующей нулевой звездной величине, имеет массу всего только в одну четверть грамма. Отсюда можно заключить, что общая масса метеорной материи, каждые сутки попадающая на Землю, составляет, если считать вплоть до метеоров десятой величины, около 5 тонн. Однако, без сомнения, имеются еще более слабые метеоры, которые, возможно, существенно прибавляют к общей массе вещества, падающего на Землю.

До какой же звездной величины есть еще смысл производить подобные расчеты? Нижний предел массы метеора определяется возможностью для него оставаться в пределах солнечной системы, подвергаясь облучению со стороны Солнца. Уже в 1901 году наш знаменитый физик П. Н. Лебедев показал, что свет производит давление на каждое тело, на которое он падает. Это давление, конечно, чрезвычайно мало и может составить чувствительную долю силы тяжести только в случае тел размером порядка в несколько тысячных долей миллиметра. Для пылинки, свободно плавающей в межзвездном пространстве, сила светового отталкивания уравновешивается силой солнечного притяжения только тогда, когда диаметр космической пылинки уменьшается до одной тысячной доли миллиметра. Частицы еще меньшего размера не могут оставаться в пределах солнечной системы, так как для них световое отталкивание превосходит притяжение. Подобные частицы неизбежно выталкиваются наружу и уходят в далекие бездны межзвездного пространства.

Итак масса, а следовательно, и яркость метеоров не могут уменьшаться безгранично. Повидимому, предельная звездная величина метеоров не может быть больше 30, причем столь слабые метеоры должны двигаться в атмосфере сравнительно медленно. Учитывая эту предельную величину, а также количество всех метеоритов, непосредственно падающих на самую поверхность Земли, находим, что общая масса метеорной материи, попадающей на Землю во всех видах из космического пространства, не может превосходить 10 тонн в сутки. Со времени образования земной коры, т. е. за 2—3 миллиарда лет, это может образовать слой материи, равно-

мерно покрывающий всю земную поверхность, толщиной около 1 см. Таким образом, роль метеоритной материи в приращении самой массы нашей планеты может быть лишь исчезающе мала. Для того, чтобы приписать метеорам космогоническое значение и считать, что они имели существенное значение в образовании планетных масс, нужно предположить совершенно произвольным образом, что в начале своей эволюции вся планетная система была заполнена густым роем метеоритов, от которых остались в настоящее время лишь ничтожные остатки. Полная невероятность подобного предположения станет очевидной в дальнейшем, когда будет рассматриваться вопрос о происхождении метеоритов.

## МЕТЕОРНЫЕ ПОТОКИ

12 ноября 1833 года мир был поражен удивительным зрелищем. Незадолго до полуночи начали появляться яркие метеоры, оставляющие за собой следы. Постепенно число их все увеличивалось и, наконец, возросло настолько, что все небо покрылось падающими звездами различной яркости, кото-



Рис. 7. Звездный дождь 1872 года.

рые видимым образом исходили из одной точки в созвездии Льва. Очевидно, наша Земля встретила в пространстве довольно плотное метеорное облако и прошла через него. Тот факт, что метеоры видимым образом вылетали из одной точ-

ки — радианта — показывает, что все они двигались в пространстве по параллельным путям. Действительно, всем известно, что продолженные назад параллельные линии, например рельсы железной дороги, пересекаются в одной видимой точке.

Было замечено, что в предшествующие годы количество метеоров, вылетающих из этой точки радиации, было значительно больше обычного, хотя и не обращало на себя особого внимания. Однако, припомнили, что 11 ноября 1799 года известный путешественник и естествоиспытатель А. Гумбольдт наблюдал подобный же звездный дождь в Южной Америке. Таким образом, можно было предположить, что имеется метеорный поток, который делает полное обращение вокруг Солнца приблизительно в течение 33 или 34 лет и периодически встречается с Землей. Г. А. Ньютону удалось собрать ряд записей о прежних встречах этого потока и вместе с тем установить, что орбита его существенно меняется благодаря возмущениям со стороны планет, главным образом, Юпитера и Сатурна. На основании этих исследований можно было предсказать новое появление звездного дождя в 1866 году. И действительно, за несколько лет до этой даты число метеоров, вылетающих из созвездия Льва, начало постепенно возрастать, и в 1866 году звездный дождь повторился с прежней интенсивностью. Следующее появление его должно было произойти в 1899 году. Широкие круги населения во всех странах ожидали этого дождя, названного потоком Леонид, но были полностью разочарованы. Число метеоров там, где ясная погода позволила их наблюдать, не превышало одного в минуту — лишь немногим больше обычного. Объяснение этому было найдено в том, что поток Леонид между 1866 и 1899 годами прошел вблизи больших планет — Юпитера и Сатурна, которые снова изменили его орбиту. Этот поток представляет компактное скопление, и требуется очень близкое сближение его с Землей, чтобы обеспечить надежную встречу.

Метеоры могут быть видимы, только прочиная в атмосферу Земли. В межпланетном пространстве даже на малом расстоянии от Земли поток остается невидимым и проходит совершенно незаметно. Очень вероятно, что в солнечной системе имеется огромное количество подобных потоков, которые движутся, подобно рыбам в море, и становятся видимыми только, попадая в сети земной атмосферы.

В течение XIX столетия было установлено существование

ряда других метеорных потоков, обозначенных принадлежностью их радианта к тому или другому созвездию. Так, например, было найдено, что повышенное число метеоров, наблюдаемых в течение двух недель в августе с максимумом около 12 августа, производится потоком, имеющим радиант в созвездии Персея.

Этот поток в отличие от Леонид почти не меняет свою интенсивность и из года в год выпадает в одинаковом количестве. В данном случае метеорный поток не представляет отдельного скопления, но растянут вдоль всей орбиты. Эта орбита, как можно установить по положению радианта, расположена почти под прямым углом к орбите Земли и, вследствие этого, проходит далеко от остальных планет солнечной системы, не подвергаясь риску претерпеть от них значительные возмущения. Тем не менее поток Персеид, уже вследствие своей старости, характеризуются тем, что орбиты отдельных метеоров не вполне параллельны. Поэтому траектории их не выходят в точности из одного радианта. Если нанести пути этих метеоров на карту, составленную в гномопической проекции (все большие круги изображаются в этой проекции прямыми линиями), и продолжить их назад, то они пересекутся внутри некоторой площади радиации, величина которой говорит о степени рассеяния метеорных орбит в пространстве.

Отметим довольно обильный поток Лирид с максимумом действия 21 апреля, радиант которого расположен в созвездии Лиры. Далее отметим потоки «эта» Акварид и «дельта» Акварид, действующие около 4 мая и 28 июля из созвездия Аквариуса или Водолея.

С 1933 года появился еще обильный, но очень компактный поток Драконида, вылетающий из созвездия Дракона. 9 октября совершенно внезапно возник обильный огненный дождь. Число метеоров, быстро возрастая, дошло до 350 в минуту, так что все небо одновременно было покрыто блестящими следами, направленными к созвездию Дракона. Метеоров было так много, что ряд следов можно было сфотографировать на отдельных пластинках, покрывавших даже небольшое поле небесного свода, и это позволило точно вычислить положение радианта. Великолепное зрелище продолжалось, однако, недолго и через два часа совершенно прекратилось.

Этот огненный дождь снова повторился через 13 лет — 10 октября 1946 года. В Москве в это время была ясная погода и светила полная луна, очень мешавшая наблюдениям. Около 3 часов утра начали летать метеоры, но в небольшом

количестве. Число их постепенно возрастало, но максимум пришелся на светлое время суток и потому не мог наблюдаться гизуально. В Америке в это время был вечер 9 октября. В максимуме число метеоров, несмотря на яркий свет луны, достигало 80 в минуту. Поток в этом случае оказался очень компактным. Встреча с ним является поэтому редкой случайностью. Несомненно, что большие планетные возмущения достаточны, чтобы помешать в дальнейшем повторению этого явления.

Ввиду существования ряда потоков метеоров нельзя не предположить, что вообще все метеоры, какие приходится наблюдать, также принадлежат к некоторым еще неизвестным потокам, которые вследствие своей бедности остаются незамеченными. На этой точке зрения стоял Деннинг, английский любитель астрономии, всю жизнь занимавшийся метеорами. На основании своих наблюдений он составил каталог положений нескольких тысяч радиантов, по которым можно вычислять соответствующие орбиты. Однако радианты Деннинга не вызывают доверия. Само собой разумеется, что каждые две траектории метеоров, продолженные назад, обязательно пересекутся в какой-то точке. Можно найти из множества наблюденных следов еще несколько таких, которые пройдут около той же точки. Это дает основание считать эту точку за радиант нового потока, хотя в действительности никакого потока нет. Правда, Деннинг основывался не только на близких прохождении траекторий метеоров около намеченной точки радианта, но также и на физических свойствах, яркости, цвете, которые он считал характерными для различных потоков, а также на видимой скорости полета. Тем не менее, не подлежит сомнению, что огромное большинство его радиантов чисто фиктивно. В действительности можно говорить только о степени вероятности, какая должна быть приписана его радиантам, и эта вероятность по большей части очень мала. Вполне определенно можно говорить только об 11 метеорных потоках, как о реально существующих, и все эти потоки связаны с теми или иными кометами в том смысле, что они движутся почти в точности по тем же орбитам.

Установление этой связи комет с метеорами представляет одно из важных достижений метеорной астрономии XIX столетия. По счастливой случайности, вскоре после того, как было установлено несколько метеорных потоков и вычислены их орбиты, появилось несколько комет, орбиты которых почти в точности совпали с метеорными. Скиапарелли обнаружил, что

комета 1862 года, едва видимая невооруженным глазом, движется фактически по той же орбите, что и поток Персеид. Когда стала известна орбита кометы 1866 года, Петерс и Скиапарелли заметили, что она не отличается заметным образом от орбиты потока Леонид.

Далее было установлено, что Лириды, о которых упоминалось выше, движутся по орбите кометы 1861 г.

Поток Драконид оказался связанным с кометой Джиакобини — Циннера 1933 III с коротким периодом обращения и открытой в 1900 году. На примере этой кометы можно показать, чем была обусловлена видимость метеорного потока именно в 1933 году. Вычисления показали, что возмущение со стороны Юпитера приблизило орбиту этой кометы к земной орбите и таким образом изменило период ее движения и что в указанный год Земля прошла через место пересечения орбит только на 80 дней позже кометы, а в 1946 году — только на 15 дней позже. В первом случае Земля находилась от кометы на расстоянии 230 миллионов километров, и тем не менее наблюдался обильный метеорный дождь.

Наиболее известна связь между потоком Андромедид и кометой Биэлы. Эта комета была открыта капитаном австрийской службы Биэлой и известна под его именем. Еще в 1832 году астрономы отметили, что орбита этой кометы проходит всего на расстоянии нескольких тысяч километров от орбиты Земли. При таком тесном сближении может почти произойти столкновение между Землей и кометой, а также явление метеорного дождя, если с этой кометой связан соответствующий поток метеоров. Остановимся несколько на истории этой замечательной кометы.

После того, как ее открыли в 1772 году, она наблюдалась при трех своих последовательных появлениях без каких-либо исключительных особенностей. Но в 1845 году, после тридцатилетнего отсутствия, она появилась значительно увеличенной. Это было предвестником дальнейших событий. В середине января 1846 года вместо одной кометы оказалось две, которые следовали близко одна от другой, причем попеременно то одна, то другая становилась более яркой. В 1852 году комета снова вернулась, причем расстояние между составляющими значительно возросло, и ведущая комета была гораздо больше и ярче. В 1856 году эта комета снова располагалась благоприятно для наблюдений, но не была замечена, несмотря на все старания, и с тех пор ее больше никогда не видели. Вероятно, что после 1856 года распад ее продолжал-

ся, и она превратилась в поток метеоров. Комета снова напомнила о себе спустя 16 лет после своего исчезновения. 27 ноября 1872 года, когда Земля проходила около места пересечения своей орбиты с орбитой этой кометы, внезапно разразился огненный дождь. Интенсивность его возрастала быстро, и около 8 часов 30 минут вечера можно было насчитать около 100 метеоров в минуту. Все явление продолжалось около 4—5 часов и было хорошо видно в Европе. Комета Биэлы должна была пройти это место своей орбиты за 80 дней ранее, так что этот метеорный поток никоим образом не мог произойти вследствие распада самой кометы на части. 27 ноября 1885 года, когда Земля находилась в благоприятном положении, снова повторилось то же явление почти с такой же интенсивностью. С этого времени постоянно, практически каждый год, наблюдаются метеоры этого потока, но явление огненного дождя больше не повторилось.

Можно утверждать, что кометы представляют очень неустойчивые образования, по сути дела компактные метеорные рои. Так, например, известная комета Морхауза, третья открытая в 1908 году и пересекающая все небо через северное и южное полушария, представляла туманную, довольно яркую, голову, из которой выходил более или менее длинный хвост. Когда голова кометы проектировалась на звезды даже слабой яркости, эти звезды нисколько не ослабевали, хотя в некоторых случаях свет их проходил через центральную часть головы. Большая комета Галлея при своем появлении в мае 1910 года прошла между Землей и Солнцем, так что проектировалась короткое время на солнечный диск. При этом никакого следа какого-либо потемнения на Солнце обнаружено не было — комета оказалась совершенно прозрачной. Таким образом, не подлежит сомнению, что кометы должны состоять из отдельных небольших глыб вещества, лишь слабо связанных силами взаимного тяготения. Подобные тела могут легко распадаться и превращаться в более разреженные скопления — типичные метеорные потоки.

Нужно, однако признать, что прямого доказательства того, что кометы превращаются в метеорные потоки, у нас не имеется. Главное доказательство, которое приводилось до сих пор, — разложение кометы Биэлы на рой метеоров, произведший явления огненного дождя, — неправильно, так как в моменты этих дождей сама комета или то, что от нее осталось, находилось от Земли на многие миллионы километров. Следовательно, выпадение Андромедид вовсе не характеризует

ет тот гипотетический метеорный поток, на который предположительно распалась комета Биэлы.

Можно указать еще на один пример близкого совпадения орбит тел, казалось бы, совершенно различного характера. Оказывается, что короткопериодические кометы движутся в некоторых случаях по орбитам совершенно таких же размеров и форм, как и астероиды. Иногда по своему внешнему виду комета походит на астероид, т. е. лишена характерной для нее туманной оболочки и хвоста. Это показывает близкую связь между кометами и астероидами, так что в некоторых случаях нельзя сказать, принадлежит ли данный объект к той или другой категории.

То же самое относится и к метеоритам. Мы уже упоминали о том, что масса астероидов не имеет никакого нижнего предела. Поэтому нельзя провести различия между очень малым астероидом и большим метеоритом. С другой стороны, метеорит отличается от обычного метеора тоже только своим размером. Поэтому было бы правильнее сказать, что тела всех этих трех категорий — астероиды, кометы и метеориты — находятся между собой в какой-то родственной связи.

## СТРУКТУРА МЕТЕОРИТОВ

Перейдем теперь к описанию свойств метеоритов — единственных космических тел, которые могут непосредственно изучаться в наших лабораториях.

Метеориты, как известно, необычайно различаются по своему минералогическому составу, но в общих чертах могут быть разделены на три основные категории: сидериты или железные метеориты, сидеролиты или железокаменные метеориты и аэролиты — наиболее распространенные каменные метеориты, составляющие приблизительно 80% всего известного числа выпавших метеоритов. Если в наших музеях преобладают метеориты первой категории (сидериты), то это объясняется исключительно тем, что они гораздо лучше сохраняются после падения и легко опознаются населением.

Для суждения о происхождении метеоритной материи наиболее показательны сидериты, на которых мы преимущественно остановимся. Прежде всего, интересно то обстоятельство, что чисто железных метеоритов не существует. Сидерит всегда представляет сплав железа с никелем, и пропорция, с какой входит никель, определяет внутреннюю структуру метеорита. Кроме того, необходимой составной частью метеорита-

тов является кобальт, обязательно присутствующий в количестве  $1/14$  —  $1/10$  по отношению к никелю. В железных метеоритах это отношение составляет  $1/14$ , а в каменистых, имеющих включения железа, может варьировать в зависимости

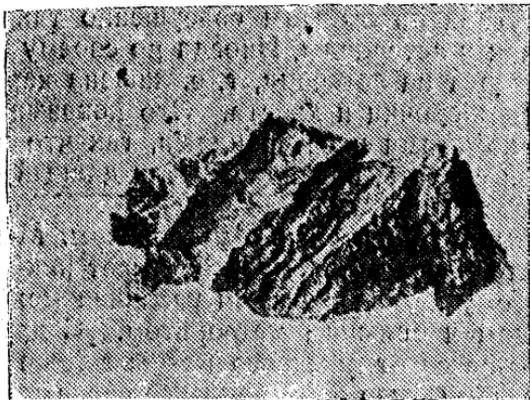


Рис. 8. Кристаллическая структура Сикотэ-Алинского метеорита с псевдоглиптами.

от структуры от  $1/20$  до  $1/10$ . Эта постоянная примесь кобальта служит одним из надежных признаков космического происхождения метеорита. Другие металлы, например медь, марганец, входят только в количестве сотых долей процента.

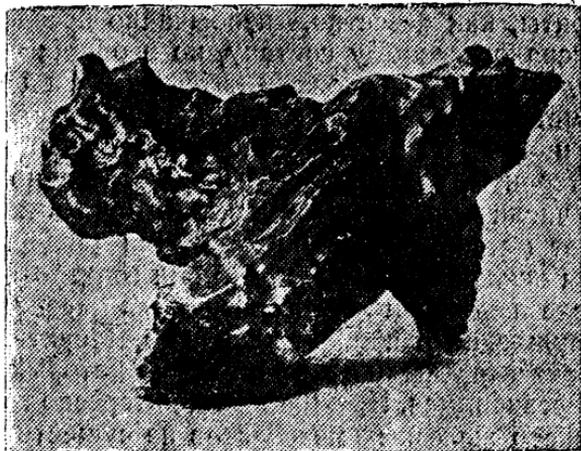


Рис. 9. Балочная структура Сикотэ-Алинского метеорита.

Характерной особенностью метеоритов является их пористость, значительно превосходящая пористость аналогичных земных образований. Так, например, железо-никелевый метеорит имеет в среднем пористость в 2% по сравнению с обычным сплавом железа и никеля, взятых в той же пропорции. Пористость каменных метеоритов также составляет около 2,2% в то время, как у гранитов, габбро, диабазов и других земных пород она достигает едва 0,5%.

Железные метеориты представляют сложную кристаллическую структуру. Если содержание никеля меньше 6%, то кристаллы ограничены шестью гранями, т. е. являются кубическими гексаэдрами. Однако подобные метеориты почти никогда не представляют целого кристалла. Обычно они состоят из многих кристаллов различной ориентировки, сложенных вместе по неправильным поверхностям раздела. Каждый кристалл после травления, например, хлорным железом, показывает систему тонких параллельных линий, так называемых линий Неумана, хорошо видимых в микроскоп со слабым увеличением. Направление этих линий изменяется от одного кристалла к другому. При параллельном освещении разные кристаллы отполированной поверхности метеорита различным образом отражают свет и потому резко выделяются, представляясь различной яркости. Вдоль поверхностей раздела этих кристаллов железа-никеля часто встречаются минеральные включения различного состава. Особенно обычны зерна троилита (FeS) или сернистого железа, достигающие иногда 2—3 см в диаметре, но по большей части имеющих вид маленьких капелек бронзово-желтого цвета, малой твердости, легко поддающихся действию кислоты. Троилит почти тождественен с земным соединением — пирхотитом, но на Земле не встречается. Равным образом в метеоритах очень распространены включения шрейберзита или фосфорного железа (FeP), имеющие оловянно-белый цвет, отличающиеся большой твердостью по сравнению с железной метеоритной массой, но легко плавящиеся, именно — при температуре несколько ниже 1000 градусов. Шрейберзит встречается во многих формах; очень часто в виде микроскопических кристаллов квадратной, ромбической формы, в виде коротких палочек, игол, пластинок, а также в виде мельчайших зерен. Малые кристаллы шрейберзита — рабдиты — особенно часто встречаются в гексаэдриках, т. е. в метеоритах с малым содержанием никеля.

При повышении содержания никеля метеориты кристаллизуются по восьмигранникам, т. е. образуют октаэдрическую

структуру. После полировки и травления кислотой на их поверхности выделяются так называемые виндманштеттовы фигуры — результат пересечения плоскостью граней октаэдра. Эти полосы пересекаются в двух, трех или четырех направлениях. Они состоят из сплава железа-никеля с пониженным содержанием никеля — камасита, из которого состоят и гексаэдриты, и ограничены слоями, богатыми никелем, — так называемым тенитом. Промежутки между ними заполняются переходной формой сплава железа-никеля — плесситом. При малом содержании никеля толщина полос камасита очень велика, и метеорит является грубоструктурным. При возрастании обилия никеля полосы камасита делаются все более тонкими, изменяясь от 2—2,5 мм или даже шире до нескольких десятых долей миллиметра. В октаэдритах иногда встречается коктенит — соединение железа и аналогичных ему металлов с

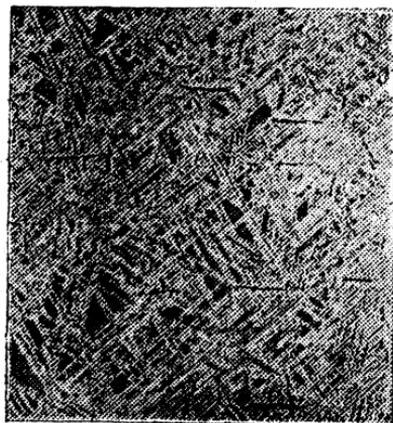


Рис. 10. Виндманштеттовы фигуры.

углеродом по формуле  $(\text{FeNi})_3\text{C}$  или  $(\text{FeNiCO})_3\text{C}$ . Это соединение имеет также оловянно-белый цвет, подвержено обычному травлению, очень твердо, но сравнительно редко встречается. Оно обладает тем свойством, что всегда располагается параллельно октаэдрическим граням, чем отличается от похожего на него по виду шрейберзита. Из других включений упомянем различные окиси, силикаты, особенно часто встречающиеся в сидеролитах и проявляющие себя в железных метеоритах, как включения большего или меньшего объема, иногда зерна алмаза, графита, отличающегося мягкостью и легкой видимостью на полированной грани. Вредной примесью является лавренсит  $\text{FeCl}_2$ , наличие которого ведет к быстрому разрушению железного метеорита, если последний хранится на воздухе. При этом происходит процесс превращения лавренсита в  $\text{FeCl}_3$  и лимонит, причем первое соединение в контакте с чистым железом снова превращается в лавренсит, и этот процесс сопровождается увеличением объема. Единственным средством предохранения такого метеорита от разрушения является хранение его в масле.

углеродом по формуле  $(\text{FeNi})_3\text{C}$  или  $(\text{FeNiCO})_3\text{C}$ . Это соединение имеет также оловянно-белый цвет, подвержено обычному травлению, очень твердо, но сравнительно редко встречается. Оно обладает тем свойством, что всегда располагается параллельно октаэдрическим граням, чем отличается от похожего на него по виду шрейберзита. Из других включений упомянем различные окиси, силикаты, особенно часто встречающиеся в сидеролитах и проявляющие себя в железных метеоритах, как включения большего или меньшего объема, иногда зерна алмаза, графита, отличающегося мягкостью и легкой видимостью на полированной грани. Вредной примесью является лавренсит  $\text{FeCl}_2$ , наличие которого ведет к быстрому разрушению железного метеорита, если последний хранится на воздухе. При этом происходит процесс превращения лавренсита в  $\text{FeCl}_3$  и лимонит, причем первое соединение в контакте с чистым железом снова превращается в лавренсит, и этот процесс сопровождается увеличением объема. Единственным средством предохранения такого метеорита от разрушения является хранение его в масле.

Наконец, некоторое количество железных метеоритов совсем не имеет никакой определенной структуры — это так называемые атакситы, без неумановских или виндманштеттовских линий. Атакситы как бедные (5 — 6%), так и богатые (12 — 20%) никелем, также отличаются разнообразными включениями — иглами камасита, длинными иглами шрейберзита, которые в сущности представляют сечения соответствующих плоскостей.

Указанные структурные свойства сплава железа-никеля представлены только в метеоритах и не могут быть воспроизведены искусственно. Однако осуществление откаэдрической структуры можно себе представить, как длительный процесс постепенного выделения камасита в первоначально нагретом твердом растворе железа-никеля. При этом требуется довольно высокая температура — порядка тысячи градусов. Впрочем, указанные процессы происходят и при значительно более низкой температуре — порядка 500°, но требуют значительно более долгого времени. Можно полагать, что каплеобразные массы шрейберзита выделялись в расплавленной массе, но рабдиты и иглы выделились в твердом растворе тенита. Равным образом, образование некоторых других структур объясняется сильным нагреванием и затем последующим быстрым охлаждением. Перри считает, что линии Неумана, видимые в виде тончайших параллельных штрихов, являются результатом удара или резкого напряжения. Их интенсивность, частота, разделенность — все это обусловлено интенсивностью нагревания и внезапностью деформирующей силы, а также структурными особенностями железа. Эти линии появляются и в искусственном метеоритном железе путем удара или внезапного натяжения. Таким образом, по мнению Перри, в образовании подобных метеоритов должно было иметь место явление взрыва.

Итак, образование железных метеоритов нужно представить себе в некоторой расплавленной среде, которая подвергалась медленному охлаждению в спокойном состоянии, а затем испытала резкое возмущение, напоминающее взрыв. Этот взрыв, производящий резкие натяжения в среде метеорита, не имеет ничего общего с ударом при падении метеорита на земную поверхность. Явления, происходящие при этом, нам хорошо известны по Сихотэ-Алинскому метеориту. Летящие в атмосфере массы метеорита оплавляются, в результате чего в конечном счете образуется корочка ожога состава  $Fe_3O_4$  толщиной в лист бумаги или тонкий картон, за которой сохраняются попрежнему структурные линии Неумана. Как

правило, скорость метеорита настолько замедляется, что падение его на земную поверхность не производит значительно-го удара и не нарушает кристаллическую структуру. Лишь в исключительных случаях, когда огромная метеоритная масса пробивает земную атмосферу с большой начальной скоростью, как это, например, было в случае Сихотэ-Алинского метеорита, происходит сплющивание кристаллической решетки и нарушение правильной структуры линий Неумана в результате прямого удара о твердые земные породы.

Аналогичное заключение об условиях образования можно сделать и в отношении сидеролитов, которые, главным образом, представлены палласитами. Так называются метеориты, в состав которых входит оливин  $(MgFe)_2SiO_4$ , являющийся силикатным соединением с максимальным количеством кислорода, и чистый металл железо-никель. Типичный палласит представляет железо-никелевую губку, в порах которой вкраплены зерна оливина.

О нахождении подобной глыбы казаком Медведевым в районе Абакана около Робас, весом в 39 пудов 18 фунтов, сообщил 21 января 1772 года академик П. С. Паллас в Академию наук. Он отметил, что по мнению местных татар эта глыба упала с неба, сам же Паллас считал ее природным объектом. Глыба была привезена в Петербург и послужила основанием метеоритной коллекции. Образцы ее рассеялись по всему миру и подверглись многочисленным исследованиям.

В 1794 году оригинальный исследователь Хладни, член-корреспондент Российской Академии наук, осмотрел образец этого палласита и вскоре напечатал в Риге свои соображения относительно того, что этот объект ни при каких обстоятельствах не мог образоваться на нашей планете и должен поэтому иметь космическое происхождение. Интересно отметить, что с палласовым железом в коллекции нашей Академии наук связан поворот в науке относительно космической природы тел, «падающих с неба». До этого, в век философии и просвещения, считалось совершенно невозможным и вредным суеверием представление о падении этих тел из космического пространства. Недоверие общества, вернее его наиболее просвещенной части, заходило настолько далеко, что по словам Хладни, большая часть старинных метеоритов, хранившихся в общественных собраниях и в церквях, была из них выброшена из опасения сделаться смешными и быть ославленными, как невежды, поддерживающие вредное суеверие. Хладни перечисляет целый ряд метеоритов, выпавших в раз-

ных странах и в разное время, которые были выброшены и уничтожены, как он выражается, из просветительного вандализма. Естественно, поэтому, что первые отзывы по поводу книги Хладни, доказывающей космическое происхождение палласового железа, были таковы, что эта книга представляет полную нелепость. Наиболее авторитетные научные журналы писали, что она даже не заслуживает опровержения. Тем не

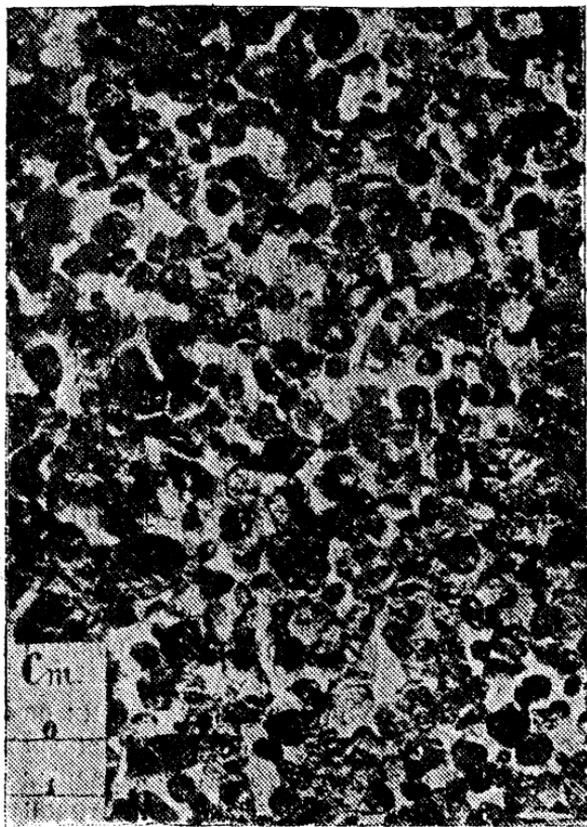


Рис. 11. Палласово железо (внутреннее строение).

менее, спустя короткое время идеи Хладни вошли в жизнь и были окончательно подтверждены падением метеоритного дождя в Эгле в 1803 году, обстоятельно обследованном Био по поручению Парижской Академии наук.

Космическое происхождение метеоритов является теперь общепризнанной истиной. Хладни был совершенно прав, утвер-

жда, что в условиях поверхностных слоев земной коры железная губка палласитов образоваться не могла. Это следует уже из того, что в природном состоянии чистые металлы или их сплавы никогда не встречаются — условия для их образования осуществляются лишь на больших глубинах в недрах земного шара или же в других космических телах. Обратим внимание на то, что железо-никель, входящий в состав палласитов, имеет совершенно такую же кристаллическую структуру, какую имеют и типичные сидериты, с такими же неумановскими линиями или виндманштеттовыми фигурами и, следовательно, с таким же выделением полос камасита и тенита. Эти метеориты должны были поэтому также образоваться в массе, имевшей первоначально высокую температуру, в условиях ее спокойного остывания. Заметим, что чистый магнезиальный оливин имеет температуру плавления в  $1890^{\circ}\text{C}$ , а чистый никель — в  $1452^{\circ}\text{C}$ . Сплав железа и никеля плавится при некоторой промежуточной температуре в зависимости от содержания никеля, но, во всяком случае, значительно более низкой, чем оливин. Таким образом, при постепенном остывании расплавленной массы первоначально должны были выделяться в твердом состоянии зерна оливина, погруженные в расплавленное вещество железо-никель. При окончательном остывании последнее должно было образовать своеобразную губку, включающую оливин в своих петлях.

Другой вид сидеролитов — мезосидериты — составлен из силикатов, образующих основную массу, в которой рассеяны отдельные более или менее крупные включения. По мере уменьшения количества железа мезосидериты постепенно переходят в обычную, наиболее распространенную группу — каменные метеориты.

Каменные метеориты или, как их ранее называли, аэролиты составляют наиболее распространенный вид метеоритной материи. В них всегда содержится в распыленном состоянии значительное количество железа, так что каменный метеорит всегда обладает магнитными свойствами. Подавляющее большинство из них принадлежит к хондритам, т. е. обладает хондрами — маленькими шариками, рассеянными по всей их массе. Размер хондр иногда достигает 2 — 3 см, но по большей части бывает гораздо меньше, иногда даже составляя доли миллиметра. В некоторых метеоритах хондры легко без повреждений выкрашиваются и, таким образом, явно являются образованиями, не связанными с остальной массой и получившимися независимо от нее. Хондра имеет характерное радиаль-

ное строение, причем точка радиации обычно лежит эксцентрично, часто на самом краю периферии, а иногда даже вне хондры.

Почти во всех каменных метеоритах, по словам Е. Л. Кринова, присутствует стекло и наблюдается в них в виде жилок, мелких включений и т. п. Кринов отмечает, что иногда стекло образует даже нечто вроде мелкой сетки. Любопытны так

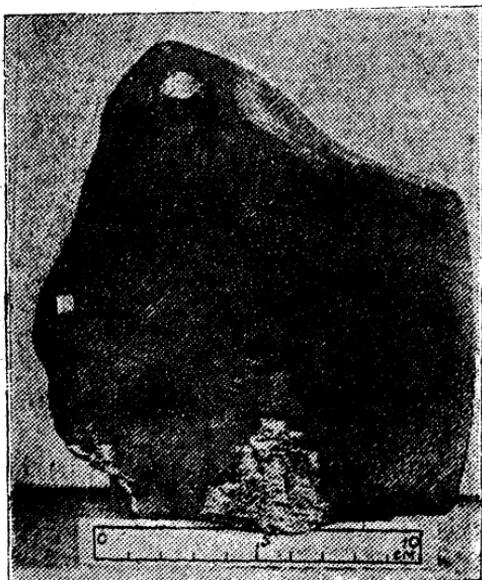


Рис. 12. Метеорит Николаевка (хондрит). Упал 11 июня 1935 года в Павлодарской области. Вес 4,02 кг.

называемые стеклянные метеориты или тектиты, обычно небольших размеров, именно — в несколько десятков или сотен граммов. Они напоминают куски оплавленного бутылочного стекла зеленоватого или коричневатого цвета, прозрачного на просвет в тонких частях. Поверхность тектитов, найденных первоначально в Чехословакии, покрыта обычно мелкими лунками или продолговатыми извилистыми канавками. Иногда один конец тектита очень вытянут, по форме напоминая удлиненное горлышко. По своему химическому составу тектиты состоят главным образом из  $\text{SiO}_2$  (на 75%) и  $\text{Al}_2\text{O}_3$  (на 13%), частично из многих других окислов, входящих в незначительном количестве.)

При образовании их также требовалась высокая температура.

В настоящее время тектиты известны по находкам в Австралии, Индии, в Филиппинах, в Ливийской пустыне, в большом количестве в Чехословакии, но никто не наблюдал самое падение их на Землю. Поэтому их космическое происхождение

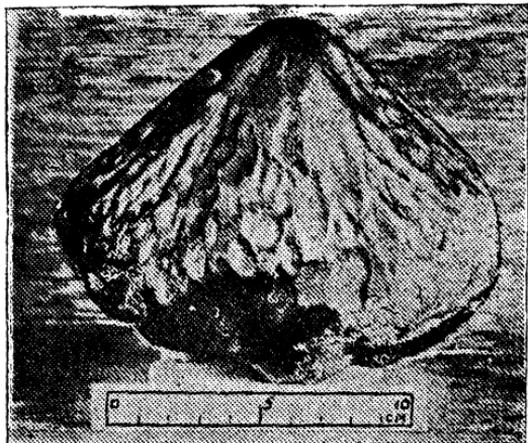


Рис. 13. Метеорит Каракол (хондрит). Упал 9 мая 1840 года в б. Семипалатинской области. Вес 2,79 кг.

еще нельзя считать совершенно надежно установленным. Спенсер считает их продуктом переплавки песка при падении гигантских метеоритов, вызвавших взрыв, сопровождавшийся образованием кратера. Однако, насколько известно, тектиты ни разу не были найдены в окрестностях или внутри какого-либо из существующих метеоритных кратеров, где, однако, встречаются иногда в очень большом количестве куски оплавленных горных пород.

Любопытно указать, что отражательная способность каменных метеоритов, если определять ее на свежих изломах, не подвергавшихся действию высокой температуры при полете в земной атмосфере, изменяется в широких пределах от 0,5 до 0,05. Метеориты являются почти нейтрально серыми телами, мало отличаясь от астероидов, которые характеризуются слегка более синеватым оттенком, согласно исследованию Кривова.

Происхождение каменных метеоритов очевидно также

связано с высокой температурой. Во-первых, до сих пор ни в одном случае, за исключением метеорита Старое Борискино, не была обнаружена конституционная вода, т. е. вода в виде соединений  $\text{OH}$ , входящих в молекулы различных элементов. Это соответствует тому, что в глубоких областях Земли также отсутствует конституционная вода. Во-вторых, единственное объяснение, возможное для понимания происхождения круглых хондр, заключается, повидимому, в том, что они образовались как капельки жидкости, падающие, подобно огненному дождю, через газ при высокой температуре. Радиальная, иногда эксцентрическая структура хондр была осуществлена экспериментально Брауссом в кристаллах серы, растущих в медленно остывающей расплавленной массе, при внезапном и резком сотрясении.

В недавнее время сотрудником Метеоритного комитета Академии наук СССР Кваша было установлено единственное в своем роде явление — наличие конституционной воды в метеорите Старое Борискино. Этот замечательный метеорит упал 20 апреля 1930 года около часа дня по местному среднему времени в селе Старое Борискино б. Средне-Волжской области на глазах у многих людей, находившихся на улице по случаю пасхи. Он был найден и вынут из земли спустя 20 минут после падения. Его космическое происхождение, таким образом, вне всякого сомнения. Спустя сутки неподалеку был обнаружен второй аналогичный экземпляр.

Метеорит этот очень легкий, его удельный вес составляет только 2,5 — 2,6. На вид он имеет совершенно черный цвет, снаружи покрыт буроватой тонкой коркой с характерными вмятинами — пьезоглиптами. Метеорит состоит из множества разнообразных обломков, иногда округлой формы, в общем черного цвета. В них заключены многочисленные хондры размером от 0,1 до 0,6 мм и отдельные зерна силикатов и кальцита. Хондры состоят из оливина и стекла или хлоритового минерала, который развивается в зернах оливина в виде жилок. Встречаются также мелкие обломки хондр и гораздо реже — типичные хондры эксцентрического радиального строения. Крайне редко встречаются зернышки железа, хотя в общем вещество метеорита имеет значительную магнитность, так что кусочки размером в 2 и 3 мм хорошо притягиваются магнитом. Из минералов в этом метеорите встречается в большом количестве графит, который именно и окрашивает всю массу в черный цвет. Эта масса легко распадается, является рыхлой, легко пачкает и не поддается действию кислот. Стек-

ло в хондрах имеет различную окраску. Кроме него, в метеорите наблюдаются минералы пластинчатого строения, слагающие почти целиком обломочную структуру, а также развитые в обломках, богатых графитом. Среди них особенно распространен минерал слабозеленого цвета, по всем признакам являющийся хлоритовым минералом. Химический анализ указывает на присутствие в нем большого количества связанной воды. По аналогии с горными породами земной поверхности, по строению и размерам обломков метеорит более всего напоминает грубый туф. По своему химическому составу вещество метеорита очень богато  $\text{SiO}_2$ ,  $\text{Fe}_2\text{O}_3$ ,  $\text{FeO}$ ,  $\text{MgO}$  и имеет около 9% связанной воды, содержащейся в минерале хлорите, что до сих пор еще никем не было обнаружено. Интересно, кроме того, отметить, что метеорит в первые месяцы хранения после падения испускал довольно сильный чесночный запах, весьма неприятный. Метеорит Старое Борискино родственен по своей природе поверхностным слоям земного шара.

Таким образом, метеориты представляют в совокупности все возможные слои земного шара. Железо-никелевые сидериты явно относятся к центральным слоям, занятым железным ядром, сидеролиты — палласиты и мезосидериты — относятся к промежуточным слоям, каменные метеориты — к более наружным слоям и, наконец, метеорит типа Старое Борискино — почти к самой поверхности. На это обстоятельство уже давно было обращено внимание (Добре, Гольдшмидт, Ферсман), и потому было принято без особых доказательств, что средний состав Земли воспроизводится средним составом метеоритов. Это заключение является лишь предположением, так как, очевидно, невозможно определить химический состав земной массы во всей ее толще, но оно чрезвычайно правдоподобно и вполне согласуется с представлениями о строении Земли, как оно установлено на основании данных сейсмологии.

## ПРОИСХОЖДЕНИЕ МЕТЕОРНОЙ МАТЕРИИ

В заключение остановимся на весьма темном вопросе о возникновении метеорной материи в солнечной системе. Что может сказать в этом отношении определение возраста метеоритов? Подобное определение производилось физико-химиком Панетом и его сотрудниками и привело к удивительным результатам. Оказалось, что метеориты довольно равномерно распределяются по своему возрасту от нескольких десятков

миллионов до 7 миллиардов лет. Последнее значение превосходит возраст Земли, а также, как можно считать, и возраст солнечной системы.

Рассмотрим ближе смысл этих определений. Определение возраста производилось Панетом по так называемому гелиевому методу. Во всех метеоритах содержится небольшое количество радиоактивных веществ — урана и тория. В результате последовательных превращений они переходят в конечном счете в нерадиоактивный элемент — свинец атомного веса 206, 207 или 208, в зависимости от природы первоначального радиоактивного вещества. Эти превращения происходят как следствие самопроизвольной потери ядрами гелия  $\alpha$  частиц, находящихся в некотором количестве в ядре радиоактивного элемента. Количество образовавшегося свинца настолько мало, что не поддается никакому определению, тем более, что нужно еще разделить его различные изотопы. Гораздо легче оценить содержание гелия, накопившегося в результате ядерного распада. Количество гелия, определенное по отношению к урану, характеризует возраст, так как чем больше успело накопиться гелия, тем дольше протекал радиоактивный распад в данном объекте. Обозначая через  $He$  количество гелия, выраженное в кубических сантиметрах на грамм вещества, и через  $V$  — количество урана в граммах, также рассчитанное на грамм вещества, можно вычислить возраст метеорита по формуле

$$\text{возраст (в миллионах лет)} = \frac{He}{V} \cdot 8,8.$$

Этот возраст представляет очевидно тот промежуток времени, в течение которого могло происходить накопление гелия, т. е. продолжительность холодного состояния вещества, включающего в себе данный запас урана. Впрочем, к каменным метеоритам этот способ неприменим, так как они не могут удерживать в себе гелий без заметных его потерь в окружающее межпланетное пространство. Даже железные метеориты быстро теряют заключенный в них гелий, если их температура поднимается выше  $800^{\circ}$  —  $900^{\circ}C$ . Эта утечка гелия к тому же облегчается значительной пористостью метеоритного вещества, о чем уже говорилось выше.

Если метеорит произошел путем дробления какого-либо крупного тела, то данный метод указывает на дату этого дробления, если только оно сопровождалось значительным повышением температуры. Если метеорит уже после своего об-

разования, странствуя в межпланетном пространстве, достаточно близко подходит к Солнцу и сильно нагревается, подобно тому, как это происходит со многими кометами, то гелиевый метод указывает только на дату последнего нагревания. Вполне возможно, что большой разброс значений возрастов метеоритов получит объяснение подобным образом. Однако не исключена возможность, что метеориты могут еще образовываться при современном состоянии солнечной системы, например при соударении астероидов с отдельными крупными обломками вещества, летающими в пространстве. Выделяющиеся при подобных столкновениях тепло и свет могут оставаться незамеченными для земного наблюдателя.

С другой стороны, содержание гелия может увеличиваться в метеоритах под действием атомного распада совсем другого характера, т. е. не только в результате естественной радиоактивности. Известно, что космические лучи способны производить разложение ядер различных элементов, например серебра в фотографических эмульсиях с толстым слоем, специально проготовленных для изучения этого явления. На эту возможность обогащения метеоритов гелием было указано Бауэром. В таком случае очень большие значения возрастов метеоритов не соответствуют действительности. Метеориты не могут быть более стары, чем Земля и другие планеты солнечной системы. Таким образом, определения Панета еще не дают вполне надежных указаний на происхождение метеоритов. Во всяком случае, они не противоречат предположению, что наибольшее количество этих тел образовалось еще в древние времена путем распада на части планеты, обращавшейся между орбитами Марса и Юпитера, где в настоящее время находится множество мелких астероидов.

Если статья на эту точку зрения, то нужно, очевидно, предположить, что сами астероиды отличаются от метеоритов только своими размерами, так как должны были образоваться в результате того же распада планеты-родоначальницы. Как можно согласовать это представление с установленной выше связью между кометами и метеоритами? Те и другие имеют, возможно, общее происхождение, во всяком случае, должны быть генетически связаны между собой. Между тем кометы, как это давно и надежно найдено, являются постоянными членами солнечной системы.

Периодические кометы, в особенности те из них, которые обращаются по орбитам с коротким периодом, быстро растрачивают свою газовую оболочку, лишаются хвоста, т. е. перес-

тают быть кометами в собственном смысле этого слова. Так, например, известная комета Галлея во время своего прошлого появления в 1909—1910 гг. не произвела никакого особенно-го впечатления и значительно уступала яркой комете 1910 I и многим другим. Между тем, еще несколько сот лет тому назад комета Галлея была необычайно ярка. Это была, повидимому, та самая комета, которая по преданию появилась в год смерти Юлия Цезаря и даже была видна днем. Во всяком случае, комета Галлея еще в 1456 году произвела сильное впечатление на весь христианский мир, считавший ее вестницей небесного гнева и предвестницей скорого завоевания Европы турками. В настоящее время эта комета уже не могла бы претендовать на подобную роль. Известная комета Энке, сделавшаяся теперь телескопической, согласно исследованию С. К. Всехсвятского, только за последние сто лет уменьшила свою яркость на целую звездную величину, т. е. в 2,5 раза. Такое же ослабление происходит систематически и с другими периодическими кометами.

Из указанного с несомненностью следует, что известные в настоящее время кометы должны были образоваться сравнительно недавно, что они образуются, следовательно, и при современном состоянии солнечной системы. Каково же может быть их происхождение? Всехсвятский считает, что кометы выбрасываются из больших планет — Юпитера и, может быть, Сатурна, но это очень трудно себе представить, принимая во внимание огромные охлажденные атмосферы, окружающие эти планеты, и большие начальные скорости выброса.

Гораздо более вероятны взгляды С. В. Орлова, считающего, что кометы возникают при ударе метеоритов о поверхность астероидов. При этом может откалываться большее или меньшее количество камней вплоть даже до мелкой пыли, которая, вследствие ничтожной силы тяжести на поверхности астероидов, не удерживается на них, а поступает в межпланетное пространство. Внутри астероидных масс заключено большое количество газов. При их дроблении обнажаются свежие изломы поверхностей, из которых начинается истечение газов в пустое межпланетное пространство. Это истечение усиливается во много раз при достаточном нагревании. Поэтому, когда рой подобных осколков приближается к Солнцу, то начинается бурное выделение газов с нагреваемой стороны, сначала в направлении к Солнцу, а затем, под влиянием сил светового отталкивания, — в противоположном направлении. В случае значительного нагревания в спектре кометы наблю-

даются даже светлые линии излучения натрия, и она окрашивается в желтый цвет. Иногда газы выделяются настолько бурно, что они вырывают много мелких твердых частиц, образующих так называемый аномальный кометный хвост, направленный к Солнцу. По мнению Ф. А. Бредихина, подобные аномальные хвосты комет образуют метеорные потоки. Во всяком случае, эти потоки должны были образоваться одновременно с кометами из более мелких роев частиц, выброшенных из астероидов по тому же направлению и с той же скоростью.

При удалении кометы от Солнца температура ее падает и выделение газов почти прекращается. Количество газов, заключенных внутри твердых масс, очень ограничено, и потому с каждым следующим появлением хвост кометы уменьшается и, наконец, может исчезнуть совершенно. Комета исчезает или делается неотличимой от слабого астероида.

Заметим попутно, что даже метеориты, долгое время путешествующие в солнечной системе, способны выделять при достаточном нагревании значительное количество содержащихся в них газов, именно тех, которые наблюдаются в кометах, — водорода, соединений водорода с углеродом и некоторых других.

Нужно заключить, повидимому, что непосредственная связь между кометами и метеоритами отсутствует. Во всяком случае, метеориты, повидимому, не входят в состав метеорных потоков. Действительно, даже при самых сильных потоках, когда тысячи падающих звезд бороздят все небо, никогда не бывает очень ярких болидов и не наблюдаются метеориты. Метеориты не выпадают даже в тех случаях, когда поток догоняет Землю, как, например, в случае Андромедид, связанных с кометой Биэлы.

Далее, те несколько десятков спектров, которые удалось получить для метеоров, показывают, что эти тела имеют каменистое строение, как это можно ожидать при поверхностном дроблении астероидов при небольших силах ударов. Напротив того, метеориты примерно на 30% состоят из сидеритов — сплава железа и никеля.

Вообще метеориты по своему составу отражают все глубинные слои планеты значительной массы. Только в исключительных случаях к нам попадают метеориты, представляющие самые поверхностные слои планеты. Единственным примером подобных тел служит метеорит Старое Борискино, как об этом говорилось выше. Все остальные метеориты характерны для

основной массы планеты — ее глубинных и промежуточных слоев, где они только и могли образоваться.

В настоящее время, повидимому, общепризнано считать, что метеориты образовались в результате распада на части довольно массивной планеты, ранее обращавшейся в промежутке между орбитами Марса и Юпитера. Приблизительно намечаются и размеры этой планеты. По своему строению она напоминала нашу Землю, но была значительно меньше. Радиус принимается круглым числом в три тысячи километров. Она обладала, подобно Земле, железным ядром радиусом в 1000 километров. Принимая во внимание средний состав метеоритов, плотность этой планеты нужно считать в среднем равной 3,77 плотности воды, плотность центрального ядра — 8,1, плотность каменного пояса — 3,6. Масса ее, таким образом, в 14 раз меньше массы Земли. Это должен быть верхний предел массы всех астероидов и метеоритов в солнечной системе, что не противоречит наблюдениям.

Каким же образом мог произойти распад этой планеты? Это, очевидно, могло случиться только в результате близкой встречи с гигантским Юпитером. Неравномерность притяжения Юпитера на разные части планетной массы ослабило или даже уничтожило внутреннее давление, причем это могло произойти почти внезапным образом. Вследствие этого, теплоемкость соответствующих слоев планеты должна резко уменьшиться, а температура так же внезапно возрасти. Поэтому, хотя эта планета могла быть сравнительно холодной или нагретой в своих внутренних частях лишь на 1000 — 2000 градусов, близкое приближение к Юпитеру могло повысить сразу ее температуру в несколько раз, и это должно было повести к сильному взрыву, разметавшему части планеты во все стороны. Непрерывные возмущения со стороны всех остальных планет завершили рассеяние образовавшихся таким образом астероидов и метеоритов.

Такова предположительная картина образования метеоритов. Астрономам и физикам надлежит уточнить и обосновать ее с точки зрения небесной механики и теоретической физики.



## СО Д Е Р Ж А Н И Е

Метеоры и метеориты . . . . .	3
Наблюдения метеоров . . . . .	16
Метеорные потоки . . . . .	27
Структура метеоритов . . . . .	33
Происхождение метеорной материи . . . . .	44

Ответственный за выпуск С. А. Бернштейн  
Техн. редактор Э. Д. Рогоза  
Корректор Н. А. Горбунов

---

Сдано в набор 1/VI 1949, подписано к печати 17/VIII 1949, объем 3 $\frac{1}{8}$  п. л.  
2,3 авт. лист. УГ 05044 тираж 1000 экз.

---

Тип. АН КазССР, г. Алма-Ата, ул. Виноградова, 26. Зак. 70

0-10

Меня в руб.