Министерство образования Российской Федерации

Тульский государственный университет

Кафедра физики

Реферат по курсу КСЕ

Тема: «Метеоры, болиды и методы их наблюдения»

Тула 2007

Содержание

Введение

Глава 1. Метеоры и болиды

1.1 Немного истории

1.2 Подробнее о метеорах

Глава 2. Методы наблюдения метеоров

Список использованной литературы

Введение

В околосолнечном пространстве движется с большими скоростями множество мелких частиц. В том случае, когда орбита частицы пересекается с орбитой Земли и частица оказывается в точке их пересечения, она влетает в земную атмосферу, от удара накаляется, начинает светиться, и мы наблюдаем полет по небу «падающей звезды» - метеора.

Многие люди, далекие от астрономии, полагали (некоторые полагают и сейчас), что метеоры имеют звездную природу. На самом же деле метеорные явления никакого отношения к звездам не имеют. Звезды действительно находятся в движении и постоянно перемещаются в пространстве со скоростями в несколько десятков километров в секунду. Но поскольку расположены они от нас на чудовищных расстояниях, их видимое положение практически не меняется.

Например, звезда Бернарда, имеющая наибольшую из известных угловую скорость движения, смещается за год лишь на угол 0,0023°. Конечно, в течение жизни многих поколений людей она будет казаться абсолютно неподвижной. Что касается остальных звезд, то их видимое смещение еще более ничтожно.

Но если метеоры – не падающие звезды, то что это?

Если просеять Солнечную систему через сито столь мелкое, чтобы оно задерживало планеты, их спутники, сравнительно крупные астероиды и кометы, то, как это ни удивительно, можно насеять довольно большую гору космической пыли, песка, щебня и валунов поперечником до нескольких метров. Всю эту космическую мелочь называют метеорными телами или метеороидами. Наблюдать такие объекты даже в самые мощные телескопы – затея бессмысленная, поскольку каждое из этих тел отражает ничтожное количество света. И мы могли бы совершенно ничего о них не знать, если бы Земля при своем движении вокруг Солнца постоянно не сталкивалась с ними.

Метеороиды влетают в земную атмосферу с космическими скоростями, составляющими десятки километров в секунду. Подавляющая их часть полностью разрушается на высотах 60 – 110 км, не достигая, таким образом, поверхности Земли. Это разрушение сопровождается кратковременным световым явлением, которое называют метеором. Чем крупнее и быстрее метеорное тело, тем ярче метеор. Очень яркие метеоры называют болидами. Это явление вызывается вторжением в плотные слои атмосферы крупных твердых частиц, называемых метеорными телами. Двигаясь в атмосфере, частица нагревается вследствие торможения, и вокруг неё образуется обширная светящаяся оболочка, состоящая из горячих газов. Болиды часто имеют заметный угловой диаметр. Бывают болиды, светящиеся ярче полной Луны, а некоторые видны даже в солнечный день.

Метеороиды и болиды – практически единственный источник регулярной информации, получаемой нами о метеорных телах, заканчивающих свой жизненный путь в земной атмосфере.

Если метеороиды не разрушились полностью, то сохранившиеся остатки падают на Землю и эти остатки называют метеоритами.

Глава 1. Метеоры и болиды

1.1 Немного истории

Люди обратили внимание на метеоры и болиды еще в далекой древности. Древнерусские летописи хранят сведения о метеорах начиная приблизительно с 1000 г. Может быть, огнедышащий Змей Горыныч, прочно прописавшийся в бесчисленном количестве сказок, родился как одно из следствий толкования на Руси метеорных явлений. Яркие медленные болиды в воображении наших далеких предков могли представляться изрыгающими пламя змеями, а дробление болидов на несколько частей могло породить представление о многоголовости небесных чудовищ.

Еще более ранние упоминания о наблюдениях метеоров имеются в китайских хрониках и древнеегипетских папирусах, относящихся к 2000 – 1000 гг. до н.э.

В 1749 г. кузнец и охотник Яков Медведев обнаружил на берегу Енисея необычную железную глыбу. Снаружи она была покрыта твердой оплавленной корой, а внутри состояла из пористого железа с вкрапленными в него желтыми камешками. Среди местных жителей ходила легенда, будто глыба упала прямо с неба. Надеясь использовать ее в кузнечном деле, Медведев перевез глыбу на свой двор. Но «божий дар» возлагаемых на него надежд не оправдал, и глыба пролежала рядом с кузницей более 20 лет.

Случайно ее увидел член Петербургской академии наук П.С. Паллас, путешествовавший по Сибири с научными целями. Ученый проявил к находке исключительный интерес, прежде всего, как к уникальному образцу самородного железа и в 1773 г. перевез таинственную глыбу в Петербург. С тех пор она вошла в историю под именем палласова железа. Любопытно, что сам Паллас (как и все ученые – его современники) и мысли не допускал, что падение камней и железных «самородков» с неба может быть реальностью, а не выдумкой.

В 1794 г. палласово железо исследовал профессор Берлинского университета, член Петербургской академии наук Э. Хладни. Годом раньше он заинтересовался некоторыми фактами, «намекающими» на существование связи между наблюдениями болидов и последующими находками удивительных камней. Проведя тщательные сравнения сибирской глыбы с образцами других необычных камней и самородного железа, Э. Хладни твердо уверился в их небесном происхождении и опубликовал книгу, в которой обосновал свои выводы. Он доказывал, что такие болиды порождаются вторжением космических тел в атмосферу Земли.

Вскоре, в 1798 г., наблюдения одних и тех же метеоров с двух удаленных друг от друга пунктов, проведенные в Германии Г. Брандесом и И. Бенценбергом, не оставили сомнения в том, что метеоры возникают в атмосфере на высотах порядка 100 км.

Еще одно событие сыграло значительную роль в судьбе метеорной науки. Знаменитому естествоиспытателю А. Гумбольдту, путешествовавшему по Южной Америке, посчастливилось наблюдать метеорный дождь. В одну из ноябрьских ночей 1799 г. тысячи метеоров, точно зажженные стрелы, проносились по ночному небу. Гумбольдт, потрясенный необычным огненным ливнем, проявил некоторую настойчивость и установил, что подобное явление местные жители наблюдали и в ноябре 1766 г.

В 1833 г. явление повторилось. Небо буквально пылало от изобилия метеоров. Суеверные люди вправе были полагать, что пришел день страшного суда. К счастью, очевидцами метеорного дождя были и астрономы, обратившие внимание, что метеоры казались выходящими из одной точки неба, названной радиантом и расположенной в созвездии Льва. Вывод напрашивался сам собой: траектории метеоров были параллельными друг другу. Метеороиды двигались в межпланетном пространстве параллельными путями. Наблюдавшийся поток метеоров получил название Леониды («leo» - по-латыни лев). Без преувеличения можно сказать, что в 1833 г. родилась метеорная астрономия.

Энтузиазм в проведении наблюдений метеоров буквально захлестнул астрономов. Европа переживала метеорный бум. Русский астроном Ф.А. Бредихин, итальянец Дж. Скиапарелли, англичанин Х. Ньютон и другие крупные ученые обратили самое серьезное внимание на развитие науки о самых телах Солнечной системы. Результаты не замедлили сказаться. Вскоре выяснилось, что Леониды – не единственный метеорный поток, стали известны Персеиды, Лириды, Геминиды. Были обнаружены признаки связи некоторых потоков с кометами. Казалось, что развитие метеорной астрономии пойдет теперь по широкому и перспективному пути. Однако всесильная природа уже подстраивала коварную ловушку.

Уже после дождя 1866 г. более тщательные исследования орбиты потока Леонид указывали на возможность отклонения ее в пространстве. Но память об удивительных метеорных дождях 1833 и 1866 гг. была так свежа, что к наблюдениям 1899 г. готовились все обсерватории мира. Были привлечены все оптические и интеллектуальные силы. На случай облачной погоды предусматривались всевозможные дополнительные меры. Венской академией наук была отправлена в Индию специальная хорошо оснащенная экспедиция опытных астрономов-наблюдателей. В Петербурге, Париже и Страсбурге планировались наблюдения с аэростатов. Многие города Европы и Америки жили напряженным ожиданием грандиозного небесного фейерверка.

Однако итог был плачевным и принес полнейшее разочарование. Небо было спокойно, как в обычные ноябрьские ночи, с привычным сверканием звезд. Проведенные тут же по «горячему следу» вычисления показали, что ориентация орбиты Леонид в пространстве действительно изменилась и в дату предполагаемого метеорного дождя Земля находилась на расстоянии более 2 миллионов километров от средней орбиты роя. Таким образом, все подготовительные хлопоты оказались напрасными, а это всегда раздражает, вызывает чувство досады и даже гнева. Престижу астрономии был нанесен сильнейший удар.

Интерес к метеорам стал резко падать. Лишь астрономы-любители, вдохновляемые не столько научной перспективой, сколько доступностью наблюдений, поддерживали слабый огонек в очагах метеорных исследований. И даже в начале ХХ века уровень этих исследований продолжал оставаться любительским. Известный специалист по Солнечной системе Б.Ю. Левин связывал это с бурным развитием астрофизики, когда появление новой наблюдательной техники и широкое привлечение физики к объяснению процессов в звездах создали новое поле деятельности для профессиональных астрономов.

Столь резкая миграция умов, полное опустошение высших эшелонов исследователей, обеспечивающих идейный и технический прогресс метеорной науки, превратили ее практически в слабосвязанную сеть кустарей-одиночек, занимающихся в основном повторением пройденного.

Ситуация изменилась лишь в 20-х гг., когда с развитием авиации и метеорологии возникла необходимость детального исследования земной атмосферы, в том числе ее верхних слоев. Как известно, физическое состояние газа зависит от некоторых важнейших характеристик, таких как температура, плотность, давление. В те, в общем-то, уже далекие времена сведения об этих характеристиках на высотах 60 – 120 км можно было получить, лишь систематически наблюдая метеоры. Никаких других возможностей просто не существовало. Все существующие тогда летательные аппараты и приспособления в принципе не могли достичь таких высот, ракет тогда еще не было. Попытки вывести простейшие математические соотношения, связывающие параметры атмосферы с данными наблюдений, способствовали разработке основ физической теории метеоров.

В те годы основным методом наблюдений все еще оставался визуальный метод (иногда с применением телескопа для наблюдений очень слабых метеоров), дающий наглядное представление об изучаемом объекте, но страдающий низкой точностью. В самом деле, человек не электронно-вычислительная и не электронно-копировальная машина. Заметив метеор, он не может в то же мгновение нанести «синхронно» его траекторию на звездную карту. Все это он сделает уже после того, как метеор погаснет. Обычно все явление метеора длится доли секунды. И, конечно, отыскав на карте необходимые созвездия, наблюдатель наносит на нее весьма приблизительную траекторию. Еще сложнее задача оценить блеск метеора. Обычно это делается путем сравнения с блеском других звезд. Здесь субъективизм оценок достигает еще большей степени, чем при нанесении траектории на карту. Метеор-то уже исчез, и вы фактически производите сопоставление по памяти. Но это скорее эмоциональный способ, нежели действительно научный.

Конечно же, это прекрасно понимали профессиональные астрономы, приток которых освежил совсем было захиревшее направление. Нужен был инструментальный способ регистрации метеоров. И такой способ в других, более прогрессивных областях астрономии уже давно царствовал. Речь идет о фотографии. В 30-х годах в разных странах начали создаваться необходимые наблюдательные средства, организовывались фотографические наблюдения с двух пунктов, удаленных друг от друга, что позволяло методом триангуляции определять высоты фотографируемых метеоров. В начале 40-х годов были проведены наблюдения метеоров с помощью радиолокаторов.

После окончания второй мировой войны фотографический и радиолокационный методы получили самое широкое распространение и на сегодняшний день все еще являются самыми основными методами наблюдения метеоров.

В настоящее время успешно развиваются электроннооптические и телевизионные методы наблюдения слабых метеоров, предпринимаются активные попытки изучать метеорное вещество на основе взаимодействия метеороидов со специальными датчиками, установленными на космических аппаратах.

1.2 Подробнее о метеорах

Метеоры и метеориты чрезвычайно занимательны с нескольких точек зрения и вполне стоят того, чтобы уделить им побольше внимания.

Во-первых, метеориты – это единственные небесные тела, которые попадают в наши руки. Лишь их состав и строение мы можем изучать непосредственно, можем трогать, измерять, дробить, анализировать, изучать так же, как мы изучаем все земные предметы. Остальные небесные тела мы изучаем косвенными путями, наблюдая их видимые положения и движения, анализируя их свет. Результаты такого изучения для неспециалиста часто кажутся недостоверными и потому не вполне его удовлетворяют, хотя в действительности многие из этих данных гораздо достовернее, чем наши представления о некоторых частях поверхности нашей собственной планеты, например, об арктических областях или дебрях Центральной Африки.

Другое обстоятельство, благодаря которому метеоры и метеориты привлекают наше внимание, - это то, что они тесно связаны с рядом других небесных образований: с кометами, астероидами, с зодиакальным светом и с солнечной короной, с так называемыми темными туманностями в межзвездном пространстве, а также с образованием рельефа поверхности некоторых небесных тел, включая отчасти и нашу Землю.

Наконец, изучение метеоров и метеоритов мы можем рассматривать как средство для изучения высоких слоев земной атмосферы, которые так интересуют и ученых, и самолетостроителей, и радистов, и даже артиллеристов, но которые до недавнего времени были недоступны для непосредственного изучения.

Что же нас интересует при изучении метеоров, что подлежит определению из наблюдений?

Высота точек появления и исчезновения метеоров над земной поверхностью, скорость их движения и ее изменения, зависимость этих величин от яркости метеоров и их связь друг с другом, число метеоров в разные часы суток и в течение года, распределение их по яркости и по величине, их путь в пространстве до встречи с Землей…

Один из крупнейших советских «ловцов» падающих звезд И.С. Астапович зарегистрировал за 15 лет своей работы около 40000 метеоров.

Наблюдать метеоры с пользой для науки может каждый, потому что большинство наблюдений метеоров производится невооруженным глазом и не требует особых знаний. Даже и инструменты для наблюдения метеоров в большинстве случаев могут быть так просты и скромны, что располагать ими может каждый любитель науки о небе.

Выдающуюся роль в науке о метеорах сыграли любители астрономии, такие, как Деннинг в Англии. В СССР целая организация любителей астрономии в составе Всесоюзного астрономо-геодезического общества занималась наблюдением метеоров. Эта организация играла большую роль в развитии знаний о метеорах и располагала обширным архивом наблюдений. Такие организации существуют и за рубежом. Метеоры интенсивно изучаются в обсерваториях Чехии, США.

Вторгаясь в земную атмосферу, метеороиды взаимодействуют с молекулами воздуха. Степень этого взаимодействия и его последствия во многом зависят от скорости метеороида.

Скорости входа метеороидов в земную атмосферу заключены в интервале 11,2 – 72 км/с. Причем предельные Скорость убегания скоростей метеороидов определяются так называемой скоростью убегания с Земли и из Солнечной системы (иначе говоря, с соответствующей второй космической скоростью). Скорость убегания с Земли равна 11,2 км/с, и ни один метеороид не может войти в земную атмосферу, имея скорость относительно движения Земли меньше, чем эта. Скорость убегания из Солнечной системы на расстоянии Земли от Солнца равна 42 км/с. Но поскольку скорость орбитального движения Земли вокруг Солнца составляет примерно 30 км/с, то, естественно, максимально возможная скорость относительно Земли у встречного метеороида равна приблизительно 72 км/с. Это очень большая скорость: если переведем ее в более привычные для нас единицы – км/ч, то получим фантастическую скорость – почти 260000 км/ч.

Благодаря высокой скорости даже ничтожный по массе метеороид обладает огромной кинетической энергией. Кинетическая энергия ружейной пули массой 6,8 г составляет 2 кДж, в то время как энергия метеороида такой же массы, обладающего скоростью 72 км/с, равняется около 20000 кДж. Влетая в земную атмосферу, такое тело обрушивает на встречные молекулы воздуха удар страшной силы. При этом достается и самому телу: каждое соударение притормаживает его стремительный бег и чуть-чуть разогревает ничтожно малый участок его лобовой поверхности. Чем глубже тело проникает в атмосферу, тем чаще оно ощущает взаимодействие молекул, число которых резко возрастает с приближением к поверхности Земли.

Вспомните, как дождевые капли «взаимодействуют» с зонтиком. Вначале на зонтик падают лишь редкие первые капли, но по мере усиления дождя капли барабанят все чаще и чаще и, наконец, переходят в сплошной ливень. У метеороида уже на высоте порядка 100 км сила сопротивления молекул воздуха создает давление на каждый 1 см2 поверхности тела в несколько кг, а на высоте 60 км – в тысячи раз больше. Поэтому многие метеороиды подвергаются механическому дроблению на отдельные осколки. Хрупкие тела дробятся на больших высотах, прочные – на меньших.

Чрезвычайно быстро происходит разогрев метеороида. За считанные секунды, иногда и доли секунды, температура его лобовой поверхности поднимается до 2000 – 3000 К, расплавленное метеорное вещество начинает испаряться, образуя вокруг тела плотное светящееся газовое облако. Начало свечения облака и воспринимается нами как появление метеора. В момент наивысшей скорости испарения яркость метеора достигает наибольшего значения.

Обычно вдоль пути метеора его яркость возрастает постепенно до максимального значения, а затем уменьшается до нуля. Но иногда наблюдаются внезапные вспышки яркости. Причина вспышек долгое время была предметом оживленных дискуссий. Наиболее правдоподобно выглядела идея, основанная на дроблении метеороида на осколки. Суммарная поверхность множества осколков во много раз превышает поверхность родительского тела, что приводит к резкому увеличению скорости испарения метеорного вещества и, следовательно, к возрастанию яркости метеора.

В ходе столкновений испарившихся атомов метеорного вещества с молекулами воздуха происходит не только возбуждение, но и ионизация взаимодействующих частиц. В результате отрыва электронов от атомов и молекул вдоль пути метеороида образуется плазменный след, представляющий смесь положительных ионов и свободных электронов, рассеивающих радиоволны. Степень рассеяния определяется количеством электронов на единичном участке пути. Если концентрация электронов меньше некоторой определенной величины, то радиоволна свободно пронизывает след. Такие следы называются ненасыщенными и существуют доли секунды.

В насыщенных следах концентрация электронов настолько велика, что радиоволна, не проникая внутрь следа, отражается от него. Такие следы существуют десятки секунд, в отдельных случаях даже десятки минут. Иногда насыщенные следы хорошо наблюдаются визуально.

Физические процессы, протекающие в метеорных следах, сложны и разнообразны. Свободные электроны, обладающие большой подвижностью, довольно быстро теряют свою свободу, сталкиваясь с положительно заряженными ионами или «прилипая» к нейтральным молекулам воздуха. Тем не менее, метеороиды различных размеров настолько часто посещают верхние слои атмосферы, что на некоторых высотах электроны метеорного происхождения практически неисчерпаемы.

Известно, что в слое Е ионосферы, на высотах 100 – 120 км, днем свободных электронов примерно в 10 раз больше, чем ночью. Ничего необычного в этом нет, ведь солнечное излучение действует как мощный ионизирующий агент. Однако было замечено, что в течение ночи иногда наблюдаются внезапные возрастания электронной концентрации. Мало того, имеются неоднократные примеры совпадения времени появления метеоров, наблюдаемых визуально, с пиками ионизации в ионосферном слое Е. Во время действия метеорного дождя Драконид в 1946 г. было отмечено появление очень стойкого ионизационного слоя, державшегося несколько часов.

Таким образом, мелкие и крупные метеороиды, непрерывно «засоряя» земную атмосферу всякого рода примесями, влияют на ее пылевой и ионный состав. Любопытно, что это обстоятельство удалось использовать в практических целях. Еще в 40-х годах было замечено, что иногда в момент появления яркого метеора устанавливалась кратковременная радиосвязь между передатчиком и приемником, отстоящими друг от друга на тысячи километров. Возникла идея использовать случайные метеорные вспышки в качестве каналов радиосвязи на сверхвысоких частотах. Правда, практическое воплощение иногда очень простой и оригинальной идеи оказывается связанным с большим количеством технических сложностей.

Тем не менее, сейчас существует достаточно много станций радиосвязи, «эксплуатирующих» метеоры. Учитывая специфику работы метеорного канала (в среднем несколько десятков долей секунды каждую минуту), передача и прием информации идет в ускоренном темпе. Передаваемая информация, зашифрованная в двоичном коде, содержится в специальном накопителе. Как только «открывается» метеорный канал связи, в эфир поступает порция сообщений, передающихся со скоростью до 10000 двоичных знаков в секунду. Принятая информация также поступает в накопитель, а затем дешифруется. Такая система в большинстве случаев надежна и устойчива. Так, например, метеорная линия связи, работающая на волен 8 м, способна обеспечить непрерывную четкую работу нескольких телетайпов.

Глава 2. Методы наблюдения метеоров

Визуальные наблюдения метеоров невооруженным глазом, являющиеся самым древним и самым дешевым методом наблюдений, оставили глубокий след в истории метеорной астрономии. Их доступность и простота сыграли значительную роль в накоплении обширных наблюдательных данных. На основе этих данных были открыты метеорные потоки, определены орбиты многих метеороидов, обнаружена связь метеорных роев с кометами. В настоящее время визуальный метод сохраняет некоторое научное значение, но в силу повсеместного развития более точных инструментальных методов в основном применяется лишь астрономами-любителями.

Наблюдения слабых метеоров, недоступных невооруженному глазу, астрономы проводили с помощью бинокуляров и небольших телескопов еще в конце XIX века. Правда, из-за малого поля зрения этих инструментов вероятность обнаружения даже очень слабого метеора (а их всегда во много раз больше, чем ярких) невелика, что делает телескопические наблюдения очень утомительными. Но благодаря многолетним усилиям наблюдателей – энтузиастов все-таки удалось получить определенные сведения о численности слабых метеоров и их радиантах.

На смену визуальным методам пришли фотографические. Опыты применения фотографии в астрономии были начаты еще в середине XIX века. Из-за недостаточной чувствительности фотоэмульсий первыми сфотографированными объектами были Солнце, Луна, планеты и несколько наиболее ярких звезд. Но уже в 1882 г. английскому астроному Д. Гиллу удалось получить несколько фотопластинок, буквально усеянных изображениями звезд. Вдохновленные удачей Д. Гилла, братья Поль и Проспер Анри в Париже в том же году с успехом использовали фотографический метод для составления звездных карт, положив начало звездной фотографии.

Через три года Л. Вейник в Праге сфотографировал первый метеор. Надо сказать, что способ фотографирования метеоров отличается от фотографирования других астрономических объектов. Когда вы исследуете галактику, звезду, комету или астероид, вы наводите на этот объект телескоп и фотографируете его столько времени, сколько вам это необходимо. При желании вы можете многократно повторять эту процедуру. Фотографировать таким образом метеоры не удается, поскольку неизвестно, в какой момент и в какой области небесной сферы может на мгновение появиться относительно яркий метеор (правда, случайные фотографии метеоров получались в различных обсерваториях мира, но научного значения они не имели). Необходимо направить в небо камеру с достаточно широким полем зрения, открыв затвор на все время наблюдений.

Даже приблизительное понимание природы небесных объектов невозможно без умения определять расстояния до них. Лишь знание расстояний до тел, порождающих метеоры, позволяет посчитать, сколько они излучают энергии и каковы их массы. Поэтому еще в 1893 г. сотрудник Йельской обсерватории в США У. Элкин установил несколько камер в двух пунктах, разделенных расстоянием 3 – 5 км, с целью определить методом триангуляции расстояния до тел, порождающих метеоры, и их высоты над поверхностью Земли. На одном из пунктов фотографирование проводилось через вращающийся «пропеллер»-обтюратор, сделанный из велосипедного колеса. При вращении обтюратор перекрывал объективы камер с угловой скоростью от 6 до 10 об/с, и на фотоснимке изображение получалось в виде прерывистой линии, что позволяло определить скорость метеороида.

Эта работа продолжалась до 1909 г., однако результаты ее были частично опубликованы лишь в 1937 г. В 1912 г. аналогичные работы были начаты в Великобритании Ф. Линдеманом и М. Добсоном, но продолжались недолго, не дав существенных результатов. У нас в стране первые фотографические наблюдения с двух пунктов начались в 1932 г. в Москве под руководством В.В. Федынского. Они проводились на двух камерах, расположенных на расстоянии 2 км друг от друга. Перед объективом одной из них был установлен обтюратор.

Все эти пионерские работы продемонстрировали жизнеспособность фотографических методов наблюдения. В 1936 г. в Гарвардской обсерватории Ф. Уипл начал систематические наблюдения метеоров на двух камерах с полем зрения 60×60°, удаленных друг от друга на 38 км. Несмотря на то, что количество сфотографированных метеоров было еще невелико, точность метода благодаря увеличению базиса достигла высокой степени. Уиплу и его сотрудникам удалось определить высоты, скорости и орбиты метеороидов, сделать первые оценки их масс и получить значения плотности атмосферы на высотах 80 – 100 км.

Следующим шагом в развитии фотографического метода явилось создание ряда комплексов из нескольких камер, названных метеорными патрулями. В 1938 г. первый метеорный патруль, состоящий из четырех агрегатов по семь камер каждый, был создан в Советском Союзе. В его разработке активно участвовали С.В. Орлов, В.В. Федынский и И.С. Астапович. Патруль, изготовленный в Москве в Государственном астрономическом институте им. П.К. Штернберга, был установлен на астрономической обсерватории в Душанбе, которая славится рекордным количеством ясных ночей.

Во время второй мировой войны астрономические наблюдения, в том числе и метеорные, во многих странах были прерваны и возобновились лишь в конце 40-х годов. К этому времени американец Д. Бейкер сконструировал метеорную камеру супер-Шмидт, обладающую многими ценными качествами. При поле зрения 55° камера была чрезвычайно светосильна, что позволяло в изобилии фотографировать слабые метеоры до звездной величины 3m. Поскольку камеры имели целевое назначение и были очень дороги, их изготовили всего 6 экземпляров, 4 из которых установили в США, 2 – в Канаде. Несколько позже в Великобритании была создана похожая камера и установлена на известной обсерватории Джодрелл-Бэнк. В СССР, Чехословакии и некоторых других странах с помощью метеорных патрулей активно велись наблюдения более ярких метеоров (ярче 1m).

Любую камеру метеорного патруля можно превратить в спектрограф, если поместить перед ее объективом стеклянную призму или дифракционную решетку. Но метеорная спектрография при значительном сходстве со звездной имеет ряд особенностей, затрудняющих получение хороших спектрограмм. При фотографировании спектров звезд телескоп, оснащенный призмой или решеткой, наводится на звезду и в дальнейшем «следит» за ней с помощью часового механизма. Таким образом, звезда может экспонироваться довольно долгое время.

Метеор существует в течение долей секунды, и никакими ухищрениями вы не заставите его появиться вновь. Кроме того, хороший спектр получится только в том случае, если направление движения метеора составит значительный угол (прямой в идеальном случае) с направлением дисперсии решетки. В противном случае спектр не получится, поскольку все линии сольются в одну прямую полосу.

К настоящему времени получено несколько тысяч спектрограмм; в подавляющем большинстве качество их недостаточно высокое, поскольку они имеют небольшое разрешение (многие линии сливаются друг с другом). Разумеется, бывают и замечательные исключения. Так, один из спектров, полученный чешским астрономом З. Цеплехой, содержит более 1000 линий.

Уже отмечалось, что быстрое движение метеоров затрудняет применение классических наблюдений, хорошо разработанных в астрофизике. Долго, например, не удавалось получить истинный фотопортрет метеора; мешало его быстрое движение.

Наконец, в 1964 г. академик АН ТаджССР П.Б. Бабаджанов и одесский астроном профессор Е.Н. Крамер разработали метод, названный впоследствии методом мгновенной экспозиции. В его основе лежит идея уменьшения времени фотографирования метеоров с помощью специально сконструированного вращающегося затвора. Затвор, непрерывно вращаемый электродвигателем, обеспечивает периодическое фотографирование объекта с частотой 50 экспозиций в секунду. Длительность каждой экспозиции составляет 0,00056 секунды. В среднем за одну ночь число таких экспозиций достигает миллиона. Когда в поле зрения камеры оказывается метеор, то получается от нескольких единиц до нескольких десятков его мгновенных портретов.

Воплотил идею в жизнь талантливый душанбинский механик И.Ф. Малышев, разработавший уникальную конструкцию и своими руками изготовивший весь механизм до последнего винтика. За обманчивой простотой его конструкторских и технических решений стоял не только точный расчет и профессиональная сноровка, но и неуловимое потустороннему глазу вдохновение мастера, чувствующего тонкую гармонию деталей и узлов, слившихся в единую безупречную систему.

После пуска 16 камер в Душанбе Малышев по просьбе профессора Крамера осуществил аналогичную конструкцию и в Одесской астрономической обсерватории.

Первые систематические наблюдения метеоров этим методом были начаты в Институте астрофизики Академии наук Таджикской ССР. Для этой цели использовались 16 неподвижных камер, оснащенных новыми затворами. Начало было удручающим; сотни широкоформатных негативов буквально «обшаривались» вдоль и поперек, и всякий раз финиш поисков разочаровывал: на снимках ничего, кроме густого «леса» из суточных следов звезд, не было. На память не раз приходили дискуссии по поводу эффективности нового метода. Тогда некоторые специалисты полагали, что применение очень коротких экспозиций неприменимо при фотографировании метеоров. Тем не менее, наблюдения проводились регулярно во все ясные безлунные ночи, и материал тщательно просматривался.

И вот, наконец, на шестой сотне снимков муки ожидания кончились. Метеоры стали появляться. Сначала это были лишь слабые невыразительные штрихи, но потом, по мере того, как удавалось сфотографировать более яркие метеоры, картина изменилась. Впервые в мире были получены истинные фотопортреты метеоров, которые отличались большим разнообразием.

В дальнейшем перед объективами восьми камер были помещены дифракционные решетки и получен первый мгновенный спектр метеора…

Еще в конце 20-х – начале 30-х годов в СССР, США и Японии было обнаружено, что на распространение радиоволн влияют эпизодически возникающие очаги ионизации, порождаемые пролетами метеороидов. Действительно, при полете метеороида в атмосфере Земли испарившиеся атомы метеорного вещества, сталкиваясь с молекулами воздуха, теряют электроны. На всем протяжении атмосферной траектории метеора создается ионизационный след, содержащий большое количество свободных электронов. При достаточной концентрации электронов радиоволна, посланная с Земли радиолокатором, отразится от следа, как от миниатюрной ионосферы или твердого тела.

Во время второй мировой войны мощные радиолокаторы в Великобритании использовались для дальнего обнаружения фашистских самолетов и ракет «Фау-2». На первых порах персонал, обслуживавший систему, неоднократно попадал впросак. Локаторы регистрировали отражения от движущейся цели, поднималась тревога, приводились в боевую готовность орудия, с аэродромов взлетали истребители, но ни ракет, ни вражеских самолетов в небе не оказывалось. Причина таких отражений продолжала оставаться загадочной, пока однажды момент отражения сигнала не совпал с появлением болида. Ситуация прояснилась, и работники радиолокационной службы разработали методику распознавания ложных сигналов.

После окончания войны определенный период времени средства противовоздушной обороны продолжали работать и «между делом» регистрировать отражения от метеорных следов. Было установлено, что подавляющее количество радиоотражений возникает при абсолютно чистом небе, когда отсутствуют метеоры, которые можно сфотографировать или увидеть визуально. Это могло означать, что радиолокаторы способны регистрировать значительно более слабые метеоры, порождаемые мелкими метеорными частицами. При этом число радиометеоров намного превышало число оптически наблюдаемых метеоров.

Характерно, что ионизационный след, образованный метеором, разрушается не мгновенно, и электроны в свободном состоянии в достаточно большой концентрации могут существовать от нескольких секунд до десятков и сотен секунд, т.е. радиоотражения от метеорного следа продолжаются и после того, как метеорное тело полностью испарилось. Этим немедленно воспользовались исследователи верхней атмосферы. Дело в том, что метеорные следы не остаются неподвижными, а дрейфуют под воздействием верхнеатмосферных ветров и поэтому являются прекрасными источниками информации о скорости и направлениях воздушных течений на высотах 60 – 120 км. Этот геофизический аспект радиолокационных наблюдений метеорных следов чрезвычайно сильно стимулировал развитие целой сети метеорных радиолокационных станций на Земле. Как правило, с помощью одной и той же станции параллельно решаются и задачи метеорной астрономии, и геофизические задачи.

Наблюдения метеоров с помощью радиолокаторов проводятся теперь все шире и шире. Передатчик мощностью до нескольких тысяч киловатт посылает направленные волны, вращая свой луч. Радиоволна, попадая на след метеора, отражается обратно и отмечается время прохождения сигнала, дающее расстояние до метеора. Расстояние от летящего метеора до наблюдателя меняется; меняется также время прохождения сигнала от разных точек пути метеора.

На рис.3 схематически показаны пути метеоров (I,III) и соответствующая картина на экране радиолокатора (IV). Форма кривой позволяет определить быстроту полета. Легко понять, что чем быстрее полет, тем быстрее меняется расстояние до метеора и тем круче кривая на экране II, направленная вершиной книзу. На рисунке приведены кривые, соответствующие двум различным скоростям движения. Нижняя точка кривой отмечает время Т0, когда метеор проходит на кратчайшем расстоянии от наблюдателя. В виде кривой получается запись с экрана полета головной части метеора, а запись остающегося и расплывающегося следа его – в широкой полосы (IV). Примеры таких записей даны на схеме IV внизу, правее записи от трех метеоров, из которых только метеор б миновал наблюдателя и удалился. Метеоры а и в оставили за собой следы, постепенно таявшие. Фактический вид экрана радиолокатора показан на нижних фотографиях.

Хотя радиолокационный метод наблюдений метеоров позволил получить много сведений о мелких метеорных телах, в особенности об их количестве, его нельзя считать идеальным средством исследования. Во-первых, он уступает фотографическому методу по точности определения различных характеристик метеороидов, во-вторых, не позволяет получать данные о химическом составе мелких метеорных частиц (а это очень важно), в-третьих, все-таки не дает наглядной картины самого метеорного явления, что ограничивает возможности детального исследования индивидуальных метеороидов.

Исследование метеорных тел стало теперь доступно также при помощи искусственных спутников Земли и межпланетных автоматических станций.

Мы можем на ракетах регистрировать удары метеоритов. С разными, но большими скоростями эти, чаще всего мелкие, частицы вещества бороздят Солнечную систему. Мы можем теперь определять частоту встреч с ними ракеты, их размеры, массы и их пробивную способность.

В межпланетном безвоздушном пространстве даже довольно мелкие частицы могут пробить космический корабль. Тогда они лишат его герметичности, повредят аппаратуру, могут погубить экипаж. В результате исследований на советских искусственных спутниках и космических аппаратах впервые было установлено, что эта метеорная опасность не так велика, как опасались. Спутники и станции подавали свои радиосигналы на Землю без помех в течение очень долгого времени, т.е. не были повреждены ударами метеоритов.

Для изучения межпланетных метеорных частиц применяли разные методы. Одни аппараты накапливали энергию ударов метеорных тел. Посредством запоминающих устройств и телеметрии они сообщали на Землю суммарную мощность этих ударов. Другие приборы регистрировали отдельно каждый удар или их частоту и т.д.

Иногда автоматические станции встречали потоки метеорных тел, циркулирующих вокруг Солнца по определенной орбите. Число их в единице объема менялось со временем. За тысячу секунд на 1 м2 отмечалось два удара частиц со средней массой 5⋅10-9 г, а частиц более крупных было раз в пять меньше. Однажды частота ударов возросла в 10000 раз.

Эти мелкие и многочисленные удары регистрировались чувствительными приборами, но они не вредили межпланетной лаборатории. С более же крупными метеорными телами межпланетные станции, видимо, не сталкивались и опасность с их стороны не так уж велика. Впрочем, возможно, что сигналы межпланетной станции, запущенной в СССР в 1962 г. к Венере, прекратились досрочно вследствие столкновения ее с метеоритом.

Список использованной литературы

1. Воронцов-Вельяминов В.П. Очерки о вселенной. – М.: Наука, 1980. – 672с.

2. Гетман В.С. Внуки Солнца. – М.: Наука, 1989. – 176 с.

3. Кузнецова Л.И. Вестники вселенной. – М.: Знание, 1980. – 160 с.

4. Цесевич В.П. Что и как наблюдать на небе. – М.: Наука, 1984. – 304 с.