

### **ПЛАН.**

Предисловие----2

Гипотезы происхождения комет----4

Анатомия кометы: ядро, кома, хвост----6

Кометные орбиты---15

Спектр и химический состав комет---17

Современные исследования комет---19

Столкновение кометы с Землей---23

Источники информации---31

*По яйцевидному пути*

*Летит могучая комета.*

*О чем хлопочет пляской света?*

*Что нужно в мире ей найти?*

*Она встаёт уж много лет,*

*Свой путь уклончивый проводит,*

*Из неизвестного приходит,*

*И вновь её надолго нет.*

*Как слабый лик туманных звёзд,*

*Она в начале появленья –*

*Всего лишь дымное виденье,*

*В ней нет ядра, чуть тлеет хвост.*

*Но ближе к солнцу – и не та,*

*Уж лик горит, уж свет не дробен,*

*И миллионы вёрст способен*

*Тянуться грозный след хвоста.*

*Густеет яркое ядро,*

*И уменьшается орбита*

*Комета светится сердито,*

### *Сплошной пожар – её нутро.*

К. Бальмонт

ПРЕДИСЛОВИЕ.

Кометы вызывают интерес людей, они являются предметом изучения многих ученых со всего мира, постоянно проводятся достаточно сложные и дорогостоящие космические исследования и эксперименты. Чем же вызван такой живой интерес к этому явлению? Его можно объяснить тем, что кометы – эти удивительные и таинственные небесные тела – являются ёмким и ещё далеко не полностью исследованным источником полезной науке информации. Например, кометы «подсказали» учёным о существовании солнечного ветра; кометное ядро оказалось очень похожим на спутники Марса Фобос и Деймос, а также на малые спутники Сатурна и Урана, а это свидетельствует о том, что на заре формирования Солнечной системы кометные ядра могли образовываться в сравнительной близости от Солнца приблизительно в районе между орбитами планет-гигантов Юпитера и Нептуна; имеется гипотеза о том, что кометы являются причиной возникновения жизни на земле, так как могли занести в атмосферу Земли сложные органические соединения; кометы могут дать ценную информацию о возникновении галактик, о начальных стадиях протопланетного облака, из которого образовались также Солнце и планеты. Наблюдение комет может дать представление о первичной материи, из которой сформировались их тела, причем эта материя дошла до нас в «законсервированном » виде и сохраняется без изменений, возможно, около 10 миллиардов лет!.. Кроме того, многих людей волнует то, что кометы представляют собой реальную угрозу всему человечеству.

Астрономия вообще является интересной для меня наукой, и кометы, вероятность и возможные последствия столкновения их с Землёй интересуют меня давно. Но надо заметить, что в рамках обычной школьной программы ученик получает не очень большой объём знаний в данной области из-за ограниченности времени. Поэтому, хотелось бы пополнить свои знания, а также узнать больше интересных фактов по этой теме.

\*\*\*

Когда же люди впервые задумались о ярких хвостатых «звёздах» на ночном небе? Первое письменное упоминание о появлении кометы датируется 2296 годом до нашей эры. Движение кометы по созвездиям тщательно наблюдалось китайскими астрономами. Древним китайцам небо представлялось огромной страной, где яркие планеты были правителями, а звезды - органами власти. Поэтому постоянно перемещающуюся комету древние астрономы считали гонцом, курьером, доставляющим депеши. Считалось, что любое событие на звёздном небе предварялось указом небесного императора, доставляемым кометой-гонцом.

Комет боялись потому, что не могли найти достаточно понятного и логичного объяснения этому явлению. Отсюда появляются многочисленные мифы о кометах. Древним грекам головой с распущенными волосами представлялась любая достаточно яркая и видимая невооружённым взглядом комета. Древние летописцы передают лишь состояние ужаса, которое охватывало наших далеких пращуров перед непонятным явлением. Более спокойные и детальные описания комет, даже некоторые измерения их дошли до нас в записях древних и средневековых астрономов. Но там нет никаких объяснений природы этого явления. Предполагалось, что кометы появлялись неспроста, они предшествовали различным бедствиям, которые обрушивались на людей: войнам, голоду, наводнениям, засухе и т. п. Поскольку в человеческой истории такие испытания не были редкостью, то зачастую в год, когда появлялась какая-нибудь комета, происходили памятные события. Это еще больше укрепляло в людях убеждение, что кометы проходят достаточно близко от места бедствия.

Современные астрономы и даже любители астрономии, занимающиеся исследованием этих небесных тел, могут рассказать о природе и поведении комет уже довольно много: откуда появляются кометы, чем объясняется их необычный облик и даже предскажут, когда и где можно будет наблюдать какую-нибудь из них.

Кометы - это своеобразные космические айсберги, состоящие из замороженных газов сложного химического состава, водяного льда и тугоплавкого минерального вещества в виде пыли и более крупных фрагментов. Кометы относятся к группе малых тел, куда входят также астероиды, метеориты, метеорные рои и облака межпланетной пыли. Внешне они разительно отличаются от астероидов. Если астероиды светят отражённым солнечным светом и в поле зрения телескопа напоминают медленно движущиеся слабые звёздочки, то кометы интенсивно рассеивают солнечный свет в некоторых наиболее характерных для комет участках спектра, и поэтому многие кометы видны невооружённым глазом, хотя диаметры их ядер редко превышают 1 - 5 км.

### **2.гипотезы Происхождения комет.**

За обозримое прошлое человечества было открыто много комет. На первых порах серьезного изучения комет никому не приходила в голову мысль, что они принадлежат Солнечной системе.

Раньше предполагалось, что таинственные небесные странницы приходят к нам из далеких безвестных глубин межзвездного пространства. Они подходят к Солнцу на расстояние в несколько десятков или сотен миллионов километров и затем пускаются в обратный путь. При этом, чем дальше кометы уходили от Солнца, тем сильнее ослабевал их блеск, пока совсем не пропадал. Большинство астрономов предполагали в прошлые времена, что каждая комета приходит к Солнцу лишь один раз и затем навсегда покидает его окрестности.

Однако эта мысль утвердилась не сразу. Еще **Аристотель** – могучий авторитет среди научного мира, задумываясь о природе комет, выдвинул гипотезу, что кометы имеют земное происхождение. Они, якобы, порождаются в атмосфере Земли, «висят» на сравнительно небольшой высоте, медленно проплывая по небу.

Удивительно, что точка зрения Аристотеля господствовала около двух тысячелетий, и никакие попытки поколебать ее не давали положительного результата – опровергнуть учение Аристотеля попытался римский учёный Сенека, он писал, что «комета имеет собственное место между небесными телами..., она описывает свой путь и не гаснет, а только удаляется». Но его проницательные предположения сочли безрассудными, так как слишком был высок авторитет Аристотеля. И только в конце XVI века идея Аристотеля была опровергнута.

В конце XVI века астрономы в т.ч. **Т. Браге** наблюдали яркую комету с двух наблюдательных пунктов, очень удаленных друг от друга. Если бы комета находилась в атмосфере, т.е. недалеко от наблюдателей, то должен был бы наблюдаться *параллакс*: с одного пункта комета должна быть видна на фоне одних звезд, а с другого - на фоне других. Однако наблюдения показали, что никакого параллакса не было, и, значит, комета находилась гораздо дальше, чем Луна. Земная природа комет была опровергнута, что сделало их еще более таинственными. Одна тайна сменилась другой, еще более заманчивой и недоступной.

У многих астрономов сложилось мнение, что кометы приходят к нам из межзвездных глубин, т.е. не являются членами Солнечной системы. В какой-то момент даже предполагалось, что кометы приходят к Солнцу по прямолинейным траекториям и по таким же прямолинейным траекториям уходят от него.

Трудно сказать, сколько времени продолжалось бы такое положение, если бы не одно важнейшее событие в истории человечества.

Гениальный естествоиспытатель, великий физик и математик **Исаак Ньютон** завершил выдающийся научный труд, связанный с анализом движения планет вокруг Солнца, и сформулировал закон всемирного тяготения: сила взаимного притяжения между двумя телами прямо пропорциональна произведению их масс и обратно пропорциональна квадрату расстояний между ними. Согласно этому закону природы все планеты движутся вокруг Солнца не произвольным образом, а строго по определенным орбитам. Орбиты эти представляют собой замкнутые линии.

Есть предположение, что кометные ядра образовались в одно время со всей Солнечной системой и поэтому могут являть собой образцы того первичного вещества, из которого впоследствии образовались планеты и их спутники. Свои первозданные свойства ядра могли сохранить благодаря своему «постоянному месту» вдали от Солнца и больших планет, оказывающих огромное влияние на ближайшее окружение.

Существуют гипотезы захвата комет из межзвездного пространства и их вулканического происхождения. Однако в 1950 году они были сильно потеснены одной старой идеей в новом оформлении.

Еще в 1932 году один из выдающихся астрономов, **Эрнст Эпик**, высказал идею о возможной концентрации большого количества облаков кометных и метеоритных тел, «подчиняющихся» Солнцу, несмотря на то, что размещались они на расстоянии четырех световых дней от него.

В 1950 году голландский астроном **Ян Оорт**, исследуя ряд долгопериодических комет, обнаружил, что их афелии (наиболее удаленные от Солнца точки орбит) концентрируются вблизи границы Солнечной системы. Можно было бы посчитать этот результат мало примечательным, тем более, что количество комет было совсем небольшим – 19. Однако Оорт увидел за этим явление большого масштаба. Он возродил к жизни идею Эпика о хранилище кометных ядер на «задворках» Солнечной системы. Из его исследований вытекало, что зона, оккупированная кометами, простирается в поясе от 30 до 100 тыс. а.е. от Солнца. Как полагают многие ученые, ядра комет, имеющих параболическую или гиперболическую орбиту, удаляясь от Солнца с все уменьшающейся скоростью, на расстоянии порядка 150 тысяч астрономических единиц от него почти останавливаются. Постепенно там образовался огромный рой, миллиарды кометных ядер – так называемое *облако Эпика – Оорта*. Поскольку тяготение Солнца на столь больших расстояниях ничтожно, ядра могут оставаться там почти без движения бесконечно долго. Лишь изредка, испытав гравитационное возмущение, к примеру, от проходящей недалеко звезды, часть ядер в облаке начинает перемещаться, некоторые из них, возможно, в сторону Солнца.

Сам Оорт полагал на первых порах, что кометы образовались в процессе взрыва Фаэтона. Взрыв, по его мнению, был настолько силен, что большая часть мелких осколков была заброшена так далеко, что попала под косвенное влияние соседних звезд, да так и осталась на окраинах Солнечной системы.

И хотя красивая гипотеза о Фаэтоне оказалась несостоятельной, идея забрасывания вещества из внутренних областей Солнечной системы во внешние, в дальнейшем получила подтверждение.

Сегодня механизм образования облака Эпика – Оорта выглядит приблизительно так. В эпоху гравитационного «склеивания» планет из газопылевого облака формировалось большое количество сгустков вещества или так называемых зародышей. Все, что эти планеты не в силах были поглотить, они выталкивали своим гравитационным полем далеко от своих «участков». Главной помехой в этой выталкивающей деятельности было Солнце, старавшееся удержать даже любую мелочь на ее орбитах. Но чем дальше от Солнца формировалась планета-гигант, тем легче ей было проявлять самостоятельность и по-своему вершить судьбы более мелких тел. Поэтому основным «поставщиком» кометных ядер в облако Эпика – Оорта был Нептун.

### **3. АНАТОМИЯ КОМЕТЫ: ЯДРО, КОМА И ХВОСТ.**

В отличие от мерцающих звезд и четко очерченных планет комета выглядит как туманное светящееся пятнышко. Это пятнышко называют головой кометы. Есть кометы очень яркие и их без труда можно наблюдать невооруженным глазом, они всегда имеют светящиеся длинные хвосты. Именно поэтому их назвали «кометы», что в переводе с греческого языка означает «хвостатые звезды».

При первом знакомстве с яркой кометой может показаться, что хвост - самая главная часть кометы. Но если в этимологии слова "комета" хвост явился главной причиной для подобного наименования, то с физической точки зрения хвост является вторичным образованием, развившимся из весьма небольшого ядра, самой главной части кометы как физического объекта. Ядро кометы является единственной её твёрдой частью, в нём сосредоточена почти вся её масса. Поэтому ядро - первопричина всего остального комплекса кометных явлений. Ядра комет до сих пор всё ещё недоступны телескопическим наблюдениям, так как они вуалируются окружающей их светящейся материей, непрерывно истекающей из ядер. Применяя большие увеличения, можно заглянуть в более глубокие слои светящейся газопылевой оболочки, но и то, что останется, будет по своим размерам всё ещё значительно превышать истинные размеры ядра. Центральное сгущение, видимое в атмосфере кометы визуально и на фотографиях, называется *фотометрическим ядром*. Считается, что в центре его находится собственно ядро кометы, то есть располагается центр масс. Однако, как показал советский астроном **Д. О. Мохнач**, центр масс может не совпадать с наиболее яркой областью фотометрического ядра. Это явление носит название эффекта Мохнача.

Туманная атмосфера, окружающая фотометрическое ядро, называется комой. Кома вместе с ядром составляют голову кометы - газовую оболочку, которая образуется в результате прогревания ядра при приближении к Солнцу. Вдали от Солнца голова выглядит симметричной, но с приближением к нему она постепенно становится овальной, затем удлиняется ещё сильнее и в противоположной от Солнца стороне из неё развивается хвост, состоящий из газа и пыли, входящих в состав головы. Плотность и комы, и особенно хвоста, чрезвычайно мала. Хвост у кометы бывает прямой или изогнутый и направлен от ядра в сторону, противоположную Солнцу. Поэтому когда комета из межпланетного пространства приближается к нашему светилу, то движется она головой вперед. А вот когда, обогнув Солнце, комета удаляется от него, то хвост движется впереди головы.

Итак, ядро – самая главная часть кометы. Однако до сих пор нет единодушного мнения, что оно представляет собой на самом деле. Ещё во времена Лапласа существовало мнение, что ядро кометы - твёрдое тело, состоящее из легко испаряющихся веществ типа льда или снега, быстро превращающихся в газ под воздействием солнечного тепла. Эта классическая ледяная модель кометного ядра была существенно дополнена в последнее время. Наибольшим признанием пользуется разработанная Уиплом модель ядра - конгломерата из тугоплавких каменистых частиц и замороженных летучих компонентов (метана, углекислого газа, воды и др.). В таком ядре ледяные слои из замороженных газов чередуются с пылевыми слоями. По мере прогревания газы, испаряясь, увлекают за собой облака пыли. Это позволяет объяснить образование газовых и пылевых хвостов у комет, а также способность небольших ядер к газовыделению.

Согласно Уиплу механизм истечения вещества из ядра объясняется следующим образом. У комет, совершивших небольшое число прохождений через перигелий, - так называемых «молодых» комет - поверхностная защитная корка ещё не успела образоваться, и поверхность ядра покрыта льдами, поэтому газовыделение протекает интенсивно путём прямого испарения. В спектре такой кометы преобладает отражённый солнечный свет, что позволяет спектрально отличать «старые» кометы от «молодых». Обычно «молодыми» называются кометы, имеющие большие полуоси орбит, так как предполагается, что они впервые проникают во внутренние области Солнечной системы. «Старые» кометы - это кометы с коротким периодом обращения вокруг Солнца, многократно проходившие свой перигелий. У «старых» комет на поверхности образуется тугоплавкий экран, так как при повторных возвращениях к Солнцу поверхностный лед, подтаивая, «загрязняется». Этот экран хорошо защищает находящийся под ним лёд от воздействия солнечного света.

Модель Уипла объясняет также причину негравитационных сил, отклоняющих комету от расчётного пути. Потоки, истекающие из ядра, создают реактивные силы, которые и приводят к ускорениям или замедлениям в движении короткопериодических комет.

Существуют также другие модели, отрицающие наличие монолитного ядра: одна представляет ядро как рой снежинок, другая - как скопление каменно-ледяных глыб, третья говорит о том, что ядро периодически конденсируется из частиц метеорного роя под действием гравитации планет. Всё же наиболее правдоподобной считается модель Уипла.

Массы ядер комет в настоящее время определяются крайне неуверенно, поэтому можно говорить о вероятном диапазоне масс: от нескольких тонн (микрокометы) до нескольких сотен, а возможно, и тысяч миллиардов тонн.

Кома кометы окружает ядро в виде туманной атмосферы. У большинства комет кома состоит из трёх основных частей, заметно отличающихся своими физическими параметрами:

- наиболее близкая, прилегающая к ядру область - внутренняя, молекулярная, химическая и фотохимическая кома,

- видимая кома, или кома радикалов,

- ультрафиолетовая, или атомная кома.

На расстоянии в 1 а. е. от Солнца средний диаметр внутренней комы D1= 10км, видимой D2= 105 – 106км и ультрафиолетовой D3= 107км.

Во внутренней коме происходят наиболее интенсивные физико-химические процессы: химические реакции, диссоциация и ионизация нейтральных молекул. В видимой коме, состоящей в основном из радикалов (химически активных молекул) (CN, OH, NH2 и др.), процесс диссоциации и возбуждения этих молекул под действием солнечной радиации продолжается, но уже менее интенсивно, чем во внутренней коме.

По мере приближения кометы к Солнцу диаметр видимой головы день ото дня растёт, после прохождения перигелия её орбиты голова снова увеличивается и достигает максимальных размеров между орбитами Земли и Марса. В целом для всей совокупности комет диаметры голов заключены в широких пределах: от 6000 км до 1 млн. км.

Головы комет при движении кометы по орбите принимают разнообразные формы. Вдали от Солнца они круглые, что объясняется слабым воздействием солнечных излучений на частицы головы, и её очертания определяются изотропным расширением кометного газа в межпланетное пространство но по мере приближения к Солнцу, под воздействием солнечного давления, голова принимает вид параболы или цепной линии.

С. В. Орлов предложил следующую классификацию кометных голов, учитывающую их форму и внутреннюю структуру:

- Тип E; - наблюдается у комет с яркими комами, обрамлёнными со стороны Солнца светящимися параболическими оболочками, фокус которых лежит в ядре кометы.

- Тип C; - наблюдается у комет, головы которых в четыре раза слабее голов типа E и по внешнему виду напоминают луковицу.

- Тип N; - наблюдается у комет, у которых отсутствует и кома и оболочки.

- Тип Q; - наблюдается у комет, имеющих слабый выступ в сторону Солнца, то есть аномальный хвост.

- Тип h; - наблюдается у комет, в голове которых генерируются равномерно расширяющиеся кольца - галосы с центром в ядре.

Головы комет при движении комет по орбите принимают разнообразные формы. Вдали от Солнца головы комет круглые. Это бесхвостые кометы, по внешнему виду напоминающие шаровые звездные скопления. Приближаясь к Солнцу, голова кометы принимает форму параболы или цепной линии. Параболическая форма головы объясняется "фонтанным" механизмом. Образование голов в форме цепной линии связано с плазменной природой кометной атмосферы и воздействием на неё солнечного ветра и с переносимым им магнитным полем.

Иногда голова кометы столь мала, что хвост кометы кажется выходящим непосредственно из ядра. Кроме изменения очертаний в головах комет то появляются, то исчезают различные структурные образования: галосы, оболочки, лучи, излияния из ядра и т.п.

***Галосы:***Галосообразование в кометах заключается в появлении на фоне диффузного свечения комы системы расширяющихся концентрических светящихся колец. Расширяясь со скоростью 1-2 км/сек., галосы постепенно сливаются с фоном неба и становятся невидимыми. Наиболее рельефно галосы наблюдались в головах ярких комет.

Впервые галосы были обнаружены **Шмидтом** в голове яркой кометы Донаты (1858). После этого галосы были обнаружены в кометах Поиса-Брукса (1884), Галлея (1910), Олкола (1963) и Хонда (1955).

Галосообразование, как показывают наблюдения, обычно происходят в период сильных изменений яркости кометы - вспышек блеска. Особенно наглядно эта связь проявилась в комете 1892, открытой **Холмсом** в Лондоне 6 ноября 1892 г. во время сильной вспышки блеска, так как комета уже прошла перигелий (на 4,5 месяца раньше, чем она была открыта). При этом наблюдалось постепенное расширение головы и падение поверхностной яркости. Спектральные наблюдения галосов комет Галлея (1910) и Олкока (1963) указывали на присутствие в галосах излучений СN и С2 Однако, в отличие от молекул СN и С2, наблюдавшихся в других структурных образованиях комет, например, оболочках, которые заметным образом подвергаются отталкивательным силам, на те же молекулы в галосах лучевое давление не действует. **С.В.Орло**в предложил считать галосы аномальным образованием в кометах.

Так как галосы всегда обладают сферической симметрией, их формирование должно происходить без участия магнитных сил. Л.М.Лульман предложил механизм образования галоса при условии сверхзвукового истечения вещества из ядра. В таком потоке по законам гидродинамически образуется скачок плотности (аналогичный наблюдавшимся скачкам плотности при сверхзвуковом истечении газа из сопла Лаваля). Этот скачок плотности и будет наблюдаться как галос. Такой механизм позволяет объяснить, почему галосы не подвергаются действию лучевого давления (эффект Орлова). Если галос представляет собой скачок плотности в сверхзвуковом потоке кометного газа, то он будет являться волновым образованием, на которое лучевое давление не действует.

***Лучи:***Довольно часто в хвостах I типа наблюдаются тонкие прямолинейные лучи, выходящие под углами из ядра и составляющие в совокупности хвост.

В спектре лучистых хвостов в основном наблюдаются линии ионов СО, N и др., непрерывный спектр отсутствует. Таким образом, лучи - это плазменные образования. Поэтому наиболее вероятно, что лучи представляют собой кометную плазму, сжатую в волокна под действием внешних магнитных и электрических полей. Волокнистая структура космической плазмы - чрезвычайно распространенное явление в природе: волокнистая структура межзвездной среды и туманностей, лучи и тонкие волокна солнечной короны, лучевые формы полярных сияний и, наконец, лучевые системы кометных хвостов.

Большой интерес вызывает образование лучевой системы с чрезвычайно интенсивными волнистыми струями, наблюдавшиеся у кометы Беннета (1970) 2 апреля 1970 года. В ночь с 3 на 4 апреля структура хвоста стала ещё сложнее и запутаннее; в конце концов весьма активный процесс, происходивший в указанное время в атмосфере кометы Беннета, увенчался образованием красивого пламенного облачка, обладавшего сложной волокнистой структурой.

Иногда наблюдаются лучевые системы, связанные с облачными образованиями, движущимися с большими ускорениями в хвосте кометы. Вместе с облачными образованиями двигались и их лучевые системы. Например, у кометы Морхауза (1908) 15-17 октября 1908 года наблюдались одновременно лучевые системы, выходящие из головы кометы и из нескольких облачных образований, напоминающих собой как бы отдельные кометные головы. **Альвен** предложил следующий механизм образования лучевых систем в хвостах комет. Солнечный ветер с "вмороженными" в него магнитными силовыми линиями, сталкиваясь с нейтральной головой кометы, ионизует часть газа. На ионизованной коме происходит торможение солнечного ветра, и силовые линии начинают изгибаться, повторяя контуры головы. При этом некоторые силовые линии загибаются почти на 90° к начальному направлению поля. Так как кометные ионы могут распространяться только вдоль силовых линий, последние постепенно материализуются и становятся видимыми как лучи. Движение кометных ионов вдоль силовых линий объясняет также появление спиралеобразных, винтовых лучей.

Лучевые структуры в хвосте I типа могут представлять собой токовую систему, генерируемую вихревыми магнитными полями, переносимыми солнечным ветром. Вследствие гигантских размеров ионизованных хвостов электрические токи в них будут определяться самоиндукцией. Возникновение лучей (токов) может быть связано с "падающей" характеристикой, т.е. электрическое поле, необходимое для поддержания тока, будет убывающей функцией. При постоянстве полной плотности тока локализация токов в лучах требует более слабого поля, чем тогда, когда ток равномерно заполняет весь объём хвоста кометы. Таким образом, развитие лучей, по которым распространяются токи, делает электрическое поле в хвосте минимальным.

***Оболочки:*** Явление сжимающихся оболочек было обнаружено в комете Морхауза (1908). Как показали наблюдения **А.Эддингтона**, оболочки возникали приблизительно на одном и том же расстоянии от ядра, причём сначала появлялись вершины оболочек с интервалами порядка нескольких десятков минут, так что можно было одновременно наблюдать в голове кометы сразу несколько оболочек. Как только появлялся сгусток свечения (вершина), он сразу же начинал двигаться к ядру, становясь по мере приближения все резче и протяжённее. При этом у оболочек начинали развиваться боковые ветви (одна или две). Вблизи ядра оболочка становилась размытой. Полное формирование дуги из оболочки происходило в интервале десятков минут или часа. Форма оболочки в течение всего времени развития оставалась сферической. Боковые ветви оболочки (лучи) уходили в хвост к оси хвоста, сливаясь затем с главным хвостом 1 типа, расположенным вдоль радиуса-вектора. Оболочки целиком состояли из ионов СО.

В других кометах столь явно, как в комете Морхауза, явление сжимающихся оболочек не наблюдалось, однако, об их образовании в таких кометах, как комета Даниэля (1907), Финслера (1937), Маркоса (1957) Тато-Сато-Косака (1969), Беннета (1970) и др., можно судить по наличию остатков таких оболочек в виде лучей, формирующих характерную "луковичную" структуру. Сжимающиеся плазменные оболочки формируются под воздействием солнечного ветра, однако, физический механизм их образования до конца не ясен.

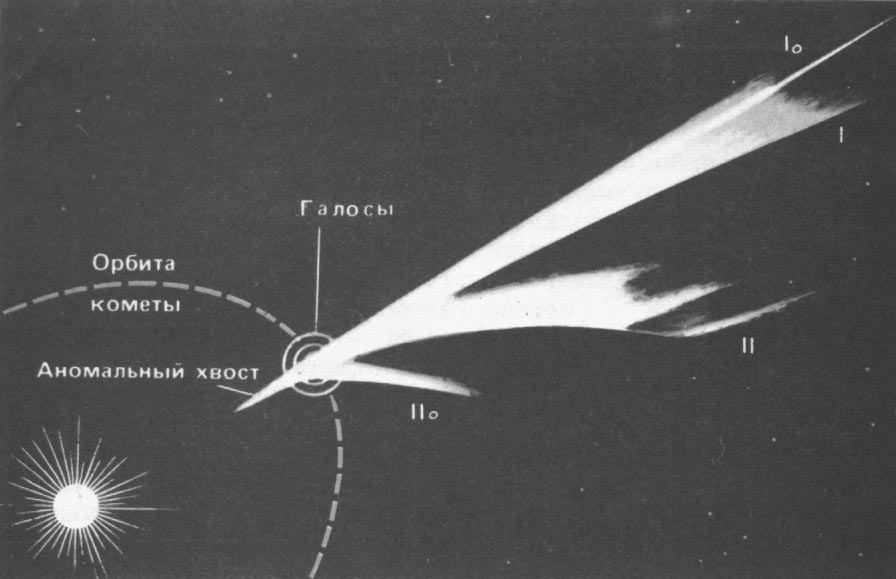
Происхождением и формой кометных хвостов учёные заинтересовались давно. Например, **И. Ньютон**, наблюдая за яркой кометой 1680 г. пришёл к выводу, что хвост должен развиваться следующим образом: "Приближаясь к Солнцу, вещество головы кометы постепенно нагревается и начинает испаряться в эфирную среду, заполняющую межпланетное пространство, которая таким образом и сама нагревается. От нагревания межпланетный эфир становится разрежённым и движется по направлению от Солнца, увлекая за собой кометные испарения, подобно тому, как горячий воздух, поднимаясь из печных труб, увлекает за собой частицы топлива и пара. С механической точки зрения кометные испарения отталкиваются от Солнца и движутся, сохраняя орбитальную скорость кометы". Исходя из такой мысли, И. Ньютон рассчитал, что хвост кометы 1680 г., который он наблюдал 25 января, мог сформироваться за 45 суток.

Не оставил без внимания кометы и **М.В. Ломоносов**. Наблюдая большую комету 1744 г., он писал: "На теневой стороне ядра холод, на солнечной - жар. Около тени сильное движение атмосферы и трение...", а это является той причиной, по которой "возбуждается и рождается великая электрическая сила. Хвосты комет здесь почитаются за одно с северным сиянием".

**Ф. Бессель**, исследуя форму хвоста кометы Галлея в её появлении в 1835 г., впервые объяснил её действие отталкивательных сил, исходящих из Солнца и изменяющихся обратно пропорционально квадрату гелиоцентрического расстояния. Им же была введена величина отталкивательного ускорения, численное значение которой показывало, во сколько раз сила отталкивания превышает силу тяготения.

Но наиболее разработанную механическую теорию кометных хвостов построил **Ф.А. Бредихин**. Он проанализировал несколько десятков хвостов комет различной величины и обнаружил, что их можно разбить на три обособленные группы.

**I тип.** По внешнему виду - это прямолинейные хвосты, стелющиеся по продолженному радиусу-вектору; очертания их неправильные, часто винтовой формы; кроме того, хвосты I типа могут состоять из набора отдельных струек или лучей; вдоль таких хвостов с огромным ускорением проносятся сгустки ионизованной кометной материи - облачные образования.



**II тип.** Сюда относятся хвосты, по внешнему виду напоминающие сильно изогнутый конус и воловий рог. В конце таких хвостов часто наблюдаются полоски дуплетного строения, направленные к ядру кометы. Эти полоски получили название синхрон, так как предполагалось, что они образуются при одновременном (синхронном) выбросе облака вещества из ядра кометы, частицы которого движутся под действием различных отталкивательных сил. Если набор ускорений, с которыми движутся частицы этого облака, начинается от нуля, то и синхрона начинается непосредственно от ядра. Серия последовательных выбросов приводит к образованию нескольких синхрон в хвосте кометы. Синхроны, не выходящие из ядра называются концевыми синхронами. Свечение хвостов II типа характеризуется непрерывным спектром.

**III тип.** По внешнему виду - это короткие прямые хвосты, представляющие собой одну полную синхрону, начинающуюся непосредственно от ядра; при этом угол отклонения оси хвоста от продолженного радиуса-вектора, т.е. линии, соединяющей Солнце с ядром кометы непрерывно увеличивается.

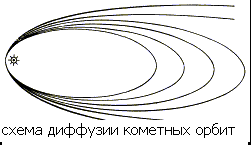
Принцип механической теории, положенной в основу деления хвостов на типы и основанной на различии в силе лучевого давления, действующего на хвосты, оказался совершенно не применимым к ионизованным хвостам, или хвостам 1 типа по Бредихину. В дальнейшем над усовершенствованием Бредихинской классификации хвостов работали **С.В. Орлов, К. Вурм** и др. Но обойти все трудности механической теории, в основе которой лежала результирующая сила двух взаимно противоположных сил, лучевого давления и тяготения, им так и не удалось.

К особому типу относились аномальные хвосты, направленные прямо к Солнцу. Они состоят из крупных пылевых частиц размером 0,1-1 мм, на которые действие светового давления намного меньше силы притяжения к Солнцу. Среди аномальных хвостов комет встречаются псевдоаномальные хвосты, направленные к Солнцу и имеющие значительную протяжённость. Такие хвосты наблюдались, например, у комет 1882г. и Аренда-Ролана (1957) Однако, их направленность к Солнцу объяснялась условиями проектирования, а не реальным движением крупных частиц к Солнцу. Особенно этот эффект становится заметным, когда Земля проходит через плоскость орбиты кометы, и земной наблюдатель видит кометное вещество, рассредоточенное вдоль её орбиты. Орбита как бы материализуется и часть орбиты, направленная к Солнцу, представляется ему в виде прямого хвоста. Если бы это был настоящий аномальный хвост, состоящий из крупных частиц, то по законам Кеплера эти частицы двигались бы с различными скоростями, вследствие чего хвост казался бы искривленным, как у кометы Аренда-Ролана.

Так как механическая теория Бредихина имеет ограниченное применение и не в состоянии объяснить многие особенности голов и хвостов комет (например, форму головы - цепная линия, большие ускорения в хвостах, ориентацию хвостов I типа и т.д.), классификацию кометных форм следует производить на другой основе. Например, хвосты можно классифицировать в зависимости от агрегатного состояния вещества, как это было предложено **М. Белтоном**: I) чистый I тип - плазменные хвосты и 2) чистый II тип - пылевые хвосты. Конечно, термин "чистый" здесь употреблён в относительном смысле, так как хвосты I типа могут накладываться на хвосты II типа, вклад которых в оптику и динамику общего хвоста несуществен. Однако, встречается промежуточный тип хвостов, когда развиваются оба типа хвостов к равноправным вкладам в оптику и динамику. Такие хвосты М.Белтон предлагает называть хвостами смешанного типа. Так как хвосты комет эволюционируют вследствие меняющихся физических условий в межпланетном пространстве, некоторые кометы могут последовательно обладать всеми указанными типами хвостов. Огромное разнообразие кометных хвостов ещё требует более детального обобщения всех их особенностей: динамических, кинематических, химических, агрегатных, структурных и др., и создания на этой основе более строгой научной классификации, чем рассмотренные выше.

### **4. Кометные орбиты**

Большие кометы с хвостами, далеко простиравшимися по небу, наблюдались с древнейших времен. Движение комет по небу объяснил впервые **Эдмунд Галлей** (1705г.), который нашёл, что их орбиты близки к параболам. Он определил орбиты 24 ярких комет, причём оказалось, что кометы 1531 и 1682 г.г. имеют очень сходные орбиты. Отсюда Галлей сделал вывод, что эта одна и та же комета, которая движется вокруг Солнца по очень вытянутому эллипсу с периодом около 76 лет. Галлей предсказал, что в 1758 году она должна появиться вновь и в декабре 1758 года она действительно была обнаружена. Сам Галлей не дожил до этого времени и не мог увидеть, как блестяще подтвердилось его предсказание. Эта комета (одна из самых ярких) была названа кометой Галлея.



Кометы обозначаются по фамилиям лиц, их открывших. Кроме того, вновь открытой комете присваивается предварительное обозначение по году открытия с добавлением буквы, указывающей последовательность прохождения кометы через перигелий в данном году.

Согласно результатам исследований Ньютона, кометы движутся либо по эллиптическим, либо по параболическим, либо по гиперболическим орбитам, причем в фокусе каждой орбиты находится Солнце. Лишь небольшая часть комет, наблюдаемых ежегодно, принадлежит к числу периодических, т.е. известных по своим прежним появлениям. Большая часть комет движется по очень вытянутым эллипсам, почти параболам. Периоды обращения их точно не известны, но есть основания полагать, что они достигают многих миллионов лет. Такие кометы удаляются от Солнца на расстояния, сравнимые с межзвездными. Плоскости их почти параболических орбит не концентрируются к плоскости эклиптики и распределены в пространстве случайным образом. Прямое направление движения встречается так же часто, как и обратное.

Периодические кометы движутся по менее вытянутым эллиптическим орбитам и имеют совсем иные характеристики. Из 40 комет, наблюдавшихся более, чем 1 раз, 35 имеют орбиты, наклоненные меньше, чем на 45° к плоскости эклиптики. Только комета Галлея имеет орбиту с наклонением, большим 90° и, следовательно, движется в обратном направлении. Среди короткопериодических (т.е. имеющих периоды 3 - 10 лет) комет выделяется "семейство Юпитера" большая группа комет, афелии которых удалены от Солнца на такое же расстояние, как орбита Юпитера. Предполагается, что "семейство Юпитера" образовалось в результате захвата планетой комет, которые двигались ранее по более вытянутым орбитам. В зависимости от взаимного расположения Юпитера и кометы эксцентриситет кометной орбиты может, как возрастать, так и уменьшаться. В первом случае происходит увеличение периода или даже переход на гиперболическую орбиту и потеря кометы Солнечной системой, во втором - уменьшение периода.

Орбиты периодических комет подвержены очень заметным изменениям. Элементы орбиты можно определить, если есть не менее трех наблюдений кометы. И без учета возмущающего действия на комету притяжения со стороны других тел Солнечной системы, задача нахождения этих элементов, в общем, кажется не столь сложной. Если же на практике по нескольким наблюдениям определить орбиту кометы и предвычислить ее эфемериду (т. е. положение ее на небе на период видимости), в следующее возвращение кометы к Солнцу ее можно либо вообще не найти, либо, случайно «переоткрыв» ее, увидеть, что элементы орбиты значительно изменились под влиянием гравитационных возмущений со стороны больших планет Солнечной системы. Дело в том, что вычисленная по нескольким наблюдениям комета без учета возмущений со стороны планет эллиптическая, параболическая или гиперболическая орбита – это так называемая оскулирующая орбита кометы, подчас значительно отличающаяся от реальной, по которой комета движется среди планет Солнечной системы. На практике оскулирующая орбита кометы пересчитывается на все более отдаленные в прошлое моменты времени с постоянным учетом гравитационных возмущений. Процедура пересчета элементов кометной орбиты производится до того момента, когда орбита окажется не подверженной влиянию со стороны больших планет. Такая орбита называется первичной. Первичная орбита кометы, будучи одной из кривых конического сечения (окружность, эллипс, парабола или гипербола), позволяет судить о принадлежности кометы к Солнечной системе. Большинство первичных кометных орбит – эллиптические, т. е. большинство комет - члены нашей Солнечной системы. Но стали ли они членами Солнечной системы, придя из межзвездных пространств, или всегда принадлежали к семейству планет Солнца? В каждом конкретном случае нужно специальное исследование.

Иногда комета проходит вблизи Земли несколько раз, а потом притяжением планет-гигантов отбрасывается на более удаленную орбиту и становится ненаблюдаемой. В других случаях, наоборот, комета, ранее никогда не наблюдавшаяся, становится видимой из-за того, что она прошла вблизи Юпитера или Сатурна и резко изменила орбиту. Кроме подобных резких изменений, известных лишь для ограниченного числа объектов, орбиты всех комет испытывают постепенные изменения.

Изменения орбит не являются единственной возможной причиной исчезновения комет. Достоверно установлено, что кометы быстро разрушаются. Яркость короткопериодических комет ослабевает со временем, а в некоторых случаях процесс разрушения наблюдался почти непосредственно. Классическим примером является комета Биэли. Она была открыта в 1772 году и наблюдалась в 1813, 1826 и 1832. г.г. В 1845 году размеры кометы оказались увеличенными, а в январе 1846г. наблюдатели с удивлением обнаружили две очень близкие кометы вместо одной. Были вычислены относительные движения обеих комет, и оказалось, что комета Биэли разделилась на две ещё около года назад, но вначале компоненты проектировались один на другой, и разделение было замечено не сразу. Комета Биэли наблюдалась ещё один раз, причём один компонент много слабее другого, и больше её найти не удалось. Зато неоднократно наблюдался метеорный поток, орбита которого совпадала с орбитой кометы Биэли.

### **5. СПЕКТР И ХИМИческий состав КОМЕТ.**

При решении вопроса о происхождении комет нельзя обойтись без знания химического состава вещества, из которого сложено кометное ядро. Казалось бы, что может быть проще? Нужно сфотографировать побольше спектров комет, расшифровать их - и химический состав кометных ядер нам сразу же станет известным. Однако, дело обстоит не так просто, как кажется на первый взгляд. Спектр фотометрического ядра может быть просто отражённым солнечным или эмиссионным молекулярным спектром. Отражённый солнечный спектр является непрерывным и ничего не сообщает о химическом составе той области, от которой он отразился - ядра или пылевой атмосферы, окружающей ядро. Эмиссионный газовый спектр несёт информацию о химическом составе газовой атмосферы, окружающей ядро, и тоже ничего не говорит нам о химическом составе поверхностного слоя ядра, так как излучающие в видимой области молекулы, такие как С2, СN, СH, ОН и др., являются вторичными, дочерними молекулами - "обломками" более сложных молекул или молекулярных комплексов, из которых складывается кометное ядро. Эти сложные *родительские молекулы*, испаряясь в околоядерное пространство, быстро подвергаются разрушительному действию солнечного ветра и фотонов или распадаются или диссоциируются на более простые молекулы, эмиссионные спектры которых и удаётся наблюдать от комет. Сами родительские молекулы дают непрерывный спектр. Вопрос о родительских молекулах в кометных ядрах был впервые поставлен **Вурмом** ещё в 30-х годах нашего века и дискутируется в настоящее время. Ведь все кометные радикалы, эмиссии которых обнаруживаются в кометных спектрах, являются химически активными молекулами и поэтому могут сохранять свою стабильность в газовом агрегатном состоянии при достаточно низких плотностях или в твердой фазе при низких температурах и в присутствии инертного наполнителя, тормозящего химические реакции между радикалами и другими молекулами. Радикалы, а также тугоплавкое вещество, тапа углерода, не могут непосредственно испаряться с поверхности ядра. На расстоянии около 1 а.е. от Солнца температура близка к комнатной, а мы знаем из повседневной жизни, что углерод при такой температуре не испаряется. Следовательно, и радикалы, и углерод, и другие молекулы, наблюдающиеся в атмосферах комет, входят в состав более сложных родительских молекул, распад которых после испарения из ядра в поле солнечной радиации приводит к образованию наблюдаемой в кометных атмосферах совокупности радикалов и других молекул, а также ионов.

Окончательно проблема родительских молекул, из которых состоят кометные ядра, возможно, будет разрешена только путем посылки космического аппарата к ядру кометы, сближения и возможной посадки аппарата на ядро, на котором будет произведён химический анализ кометного грунта или же кометное вещество, набранное в стерильную капсулу, будет впоследствии доставлено на Землю, где и будет произведен его окончательный анализ. Возможно на этот вопрос будет решен в рамках проекта Deep Impact Spacecraft (см. ниже). Этот вопрос очень важен, так как именно химизм ядер предопределяет необычно высокую активность комет, способных из весьма малых по размерам ядер развивать гигантские атмосферы и хвосты, превосходящие по своим размерам все известные тела в Солнечной системе (оболочка и хвост некоторых комет достигают чудовищных размеров. Текущий рекорд длины хвоста кометы – это хвост Великой кометы 1843. Её хвост имел длину не менее 300 млн. км (диаметр головы ее несколько превышал диаметр Солнца). Это значит, что если мысленно поместить саму комету в центр Солнца, то хвост пересек бы орбиту Марса).

Первым наблюдал и описал спектр головы кометы итальянец **Донати**. На фоне слабого непрерывного спектра кометы 1864 он увидел три широкие светящиеся полосы: голубого, зелёного и жёлтого цвета. Как оказалось это свечение принадлежало молекулам углерода С2, в изобилии оказавшегося в кометной атмосфере. Эти эмиссионные полосы молекул С2 получили название полос **Свана**, по имени ученого, занимавшегося исследованием спектра углерода. Первая щелевая спектрограмма головы Большой Кометы 1881 была получена англичанином **Хеггинсом**, который обнаружил в спектре излучение химически активного радикала циана СN.

Анализ спектра головы и хвоста показал наличие следующих атомов, молекул и пылевых частиц:

1. Органические C, C2, C3,CH, CN, CO, CS, HCN, CH3.
2. Неорганические H, NH, NH2, O, OH, H2O.
3. Металлы - Na, Ca, Cr, Co, Mn, Fe, Ni, Cu, V, Si.
4. Ионы – CO+, CO2+, CH, CN, N2+, OH, H2O.
5. Пыль - силикаты (в инфракрасной области).

Вдали от Солнца, на расстоянии 11 а.е., приближающаяся комета выглядит небольшим туманным пятнышком, порой с признаками начинающегося образования хвоста. Спектр, полученный от кометы, находящейся на таком расстоянии, и вплоть до расстояния 3-4 а.е., является непрерывным, т.к. на таких больших расстояниях эмиссионный спектр не возбуждается из-за слабого фотонного и корпускулярного солнечного излучения.

Этот спектр образуется в результате отражения солнечного света от пылевых частиц или в результате его рассеивания на многоатомных молекулах или молекулярных комплексах. На расстоянии около 3 а.е. от Солнца, т.е. когда кометное ядро пересекает пояс астероидов, в спектре появляется первая эмиссионная полоса молекулы циана, которая наблюдается почти во всей голове кометы. На расстоянии 2 а.е. возбуждаются уже излучения трёхатомных молекул С3 и NН3, которые наблюдаются в более ограниченной области головы кометы вблизи ядра, чем все усиливающиеся излучения СN. На расстоянии 1,8 а.е. появляются излучения углерода - полосы Свана, которые сразу становятся заметными во всей голове кометы: и вблизи ядра и у границ видимой головы.

Механизм свечения кометных молекул был расшифрован ещё в 1911г. **К. Шварцшильдом** и **Е. Кроном**, которые, изучая эмиссионные спектры кометы Галлея (1910), пришли к заключению, что некоторые молекулы кометного газа поглощают солнечный свет, и затем снова его же излучают в той же длине волны. Это свечение аналогично резонансному свечению паров натрия в известных опытах **Ауда**, который первый заметил, что при освещении светом, имеющим частоту желтого дублета натрия, пары натрия сами начинают светиться на той же частоте характерным жёлтым светом. Такое излучение физики называют *резонансным.* Другие молекулы поглощают энергию Солнца в виде ультрафиолетовых лучей, но излучают их в виде лучей с другой длиной волны, видимых глазу. Такое свечение физики называют *флуоресцен­цией.*

Для объяснения свечения зеленой и красной кислородных линий (аналогичные линии наблюдаются и в спектрах полярных сияний) привлекались различные механизмы: электронный удар, диссоциативная рекомбинация и фотодиссоциация. Электронный удар, однако, не в состоянии объяснить более высокую интенсивность зелёной линии в некоторых кометах по сравнению с красной. Поэтому больше предпочтения отдаётся механизму фотодиссоциации, в пользу которого говорит распределение яркости в голове кометы. Тем не менее, этот вопрос ещё окончательно не решён и поиски истинного механизма свечения атомов в кометах продолжаются

### **7.СОВРЕМЕННЫЕ ИССЛЕДОВАНИЯ КОМЕТ.**

Многие кометные загадки, такие, как истинная химическая природа родительских молекул, из которых состоит ядро, физическое строение ядра и, естественно, проблема происхождения комет, смогут проясниться только при посылке космического зонда к ядру кометы.

Много новой научной информации дают орбитальные астрономические обсерватории (например, открытие водородной атмосферы у кометы Беннета в 1970г., а затем и у других комет), крупным шагом вперёд явится создание астрономических обсерваторий на Луне, но ничто не заменит осуществления посадки зонда на кометное ядро. Аппаратура, установленная на борту такого космического зонда, позволит в первую очередь установить наличие твердого ядра у кометы, его плотность, форму, массу, альбедо, особенности рельефа кометного ядра, степень загрязненности поверхности ядра, химический состав слагающих ядро льдов и других пород, скорость вращения ядра. В 1980 г. советский космический корабль «Венера-12», возвращаясь из космического путешествия к планете Венера, куда им был доставлен спускаемый космический аппарат, сблизился с кометой Бредфилда (1979) и сфотографировал её спектр с помощью ультрафиолетового спектрометра, разработанного советскими и французскими учёными. В полученном спектре кометы обнаружен ряд новых линий, принадлежащих элементам, ранее в кометах не наблюдавшимся.

Проект «Вега» (Венера – комета Галлея) был одним из самых сложных в истории космических исследований. Он состоял из трёх частей: изучение атмосферы и поверхности Венеры при помощи посадочных аппаратов, изучение динамики атмосферы Венеры при помощи аэростатных зондов, пролёт через кому и плазменную оболочку кометы Галлея.

Советская астрофизическая станция «Астрон» вела космические наблюдения кометы Галлея почти восемь месяцев с декабря 1985года по июль 1986 года. Был исследован газовый состав головы кометы, сфотографировано несколько спектров, был получен ответ на вопрос, как быстро теряет свою массу кометное ядро в зависимости от расстояния до Солнца. Оказалось, что каждый раз, когда комета сближается с Солнцем (через каждые 75 лет), ядро кометы теряет 370 миллионов тонн своей массы. Это не так уж много, если учесть, что по современным оценкам масса ядра кометы Галлея составляет примерно 10 миллиардов тонн. Однако через несколько десятков сближений кометы с Солнцем ее ядро полностью потеряет запас льда и превратится в «высохшую комету», похожую на астероид. Тогда ядро уже не будет иметь светящейся головы и хвоста, а будет выглядеть как очень слабенькая звездочка, найти которую на небе можно будет в очень мощный телескоп.

За окрестностями Солнца постоянно ведет наблюдение космический телескоп SOHO (Solar and Heliospheric Observatory). Недавно с его помощью удалось зафиксировать явление, ранее казавшееся невозможным. 24 мая 2003 г. камера телескопа сфотографировала две кометы, которые выжили, пролетев сквозь раскаленную солнечную корону, температура которой составляет несколько миллионов градусов. Они прошли над поверхностью Солнца на расстоянии всего одной десятой его радиуса. Правда, при этом они лишились своих голов (в состав головы кометы входит ядро и кома - пыль и газ, выделившиеся из ядра). От этих двух комет остались одни хвосты, которые сейчас удаляются от Солнца. Конечно, эти хвосты выглядят очень тусклыми по сравнению с былым ярким ядром, но в телескоп SOHO они были видны.

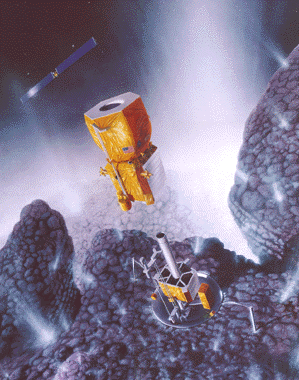
Причем после вылета из ядра эта пыль была отброшена далеко в космос (на миллионы километров) под действием светового давления солнечного излучения. Две живучие кометы принадлежат к семейству комет Kreutz, орбита которых почти касается Солнца. Кометы этого семейства очень часто видны на снимках с телескопа SOHO. Как правило, их первая встреча с Солнцем становится последней - комета попросту испаряется под действием мощного солнечного излучения еще на подлете к Солнцу. Но, как оказывается, бывают и исключения. Правда, очень редкие. Телескоп SOHO работает больше шести лет, и за это время он сфотографировал более 600 комет, движущихся к Солнцу по скользящей траектории. За это время было зафиксировано лишь три случая выживания безголовых комет (например, пара аналогичных комет была замечена в июне 1998 г.).

Американский научно-исследовательский космический зонд Stardust 2.01.04 в 23:44 по московскому времени взял образцы твердых частиц из хвоста кометы Wild-2, Автоматический зонд NASA подошел к комете на расстояние всего в 230 километров. Комета Wild-2, размер которой - более 5,4 километров в поперечнике, прошла мимо зонда со скоростью в 22,9 километра в час. Встреча с небесным телом состоялась на расстоянии более 389 миллионов километров от Земли. Изучение взятых зондом образцов, как предполагают ученые, поможет не только лучше изучить строение комет, но и позволит узнать много нового о ранней истории Солнечной системы. Stardust уже начал первичную обработку полученных данных и передачу информации на Землю. Зонд Stardust стартовал седьмого февраля 1999 года. За свое многолетнее путешествие зонд взял пробы межзвездных частиц, сделал фотоснимки Земли и Луны, облетел астероид Annefrank и теперь после встречи с кометой направляется обратно к Земле. Его посадка запланирована на 15 января 2006 года.

В литературе уже рассматривались варианты полета космический аппаратов к кометам Энке, Галлея, Джакобини-Циннера, Борелли и Темпеля-2.етеоры украшают небо в начале января почти каждый год - по крайней мере с первой четверти XIX века. Теперь астроном **Питер Дженнискенс** из Института поиска внеземной жизни (SETI, США) нашел источник этих падающих звезд. Квадрантиды могут быть осколками небесного тела 2003 EH1, утверждает астроном. Этот объект, обнаруженный в марте, до сих пор считался астероидом, проходящим по орбите, очень близкой к Земле.   
Дженнискенс утверждает, что 2003 EH1 может быть старой кометой. По его словам, она распалась около 500 лет назад на огромное количество пылевых гранул, попадающих в земную атмосферу и сгорающих в ней. Большинство других метеорных дождей, таких, как ноябрьские Леониды, тоже возникают, когда Земля периодически проходит сквозь облако кометных осколков. Пылевой хвост пополняется каждый раз, когда комета возвращается во внутреннюю часть солнечной системы, поэтому ежегодные метеорные дожди не оскудевают. Квадрантиды бывают наиболее заметны 2-4 января.Астрономы подозревают, что 2003 EH1 сама может быть осколком более крупной кометы C1490 Y1. В 1979 году японский астроном Иширо Хасегава обнаружил, что траектория Квадрантидов похожа на траекторию C1490 Y1, упоминавшейся в восточноазиатских исторических хрониках с 1490 года и распавшейся веком позже. Дженнискен полагает, что 2003 EH1 может быть древним ядром C1490 Y1, но его доказательства не очень убедительны. Требуются более тщательные наблюдения за траекторией движения 2003 EH1.



НАСА начала реализацию проекта стоимостью в 300 миллионов долларов, в рамках которого будет запущен космический корабль, в чью миссию входит столкновение с кометой Tempel 1. Запуск Deep Impact spacecraft (DIS) намечен на январь 2004 года. В июле 2005 года DIS запустит в комету 350-килограммовый снаряд, состоящий в основном из меди и оснащенный видеокамерами и другими специальными приспособлениями для сбора информации. Астрономы предполагают, что, если комета состоит из луноподобного реголита, то снаряд должен оставить кратер диаметром около 125 метров и глубиной 25 метров. Ученых интересует главным образом возможность заглянуть внутрь объекта. Известно, что кометы состоят изо льда и космической пыли, но их внутренности всегда оставались загадкой для астрономов. Тепло, которое должно выделиться при столкновении, испарит часть льда, дав возможность ученым более детально проанализировать его состав. Во время "бомбардировки" комету можно будет наблюдать невооруженным взглядом, так как ее яркость резко увеличится. Комета Tempel 1 имеет диаметр в 5 километров и была выбрана учеными по причине ее удобного расположения. Орбита Tempel 1 проходит в 80 миллионов километрах от Земли, что по космическим меркам - "ближе не бывает". Искусственно устроенное столкновение приблизит комету к Солнцу на несколько десятков метров. Сейчас Tempel 1 находится от Солнца на расстоянии 230 миллионов километров



### **8. СТОЛКНОВЕНИЕ ЗЕМЛИ С КОМЕТОЙ.**

Столкновения Земли с кометой — вот чего стали бояться люди, перестав видеть в кометах предвестниц войн. Этой проблемой активно занимаются многие ученые.



Так в чем же заключается проблема космической угрозы? В солнечной системе находится громадное количество небольших тел - астероидов и комет, свидетелей той эпохи, когда происходило образование планет. Время от времени они переходят на орбиты, пересекающиеся с орбитами Земли и других планет. При этом возникает вероятность их столкновения с планетами. Доказательством существования такой вероятности являются гигантские кратеры-астроблемы, которыми испещрены поверхности Марса, Меркурия, Луны, а также необычная ситуация с массой и наклоном оси к плоскости орбиты Урана. Последовательное образование планет из Солнца друг за другом шло с последующим увеличением их масс - Нептун, Уран, Сатурн, Юпитер, но почему сейчас масса Урана оказалась меньше, чем у Нептуна? Естественно, при образовании планетами своих спутников их массы по-разному уменьшаются. В данном случае, причина заключается не только в этом. Обратим внимание на то, что Уран вращается вокруг своей оси “лежа” на плоскости орбиты. Сейчас угол между осью вращения и плоскостью орбиты равняется 8°. Почему Уран, по сравнению с другими планетами, так сильно наклонился? Видимо, причиной этого было столкновение с другим телом. Для того, чтобы сбить такую массивную и не образовавшую твердую оболочку планету, этому телу необходимо было иметь большую массу и высокую скорость. Возможно, это была большая комета, которая в перигелии получила от Солнца большую инерцию. На данный момент Уран имеет массу в 14,6 раз большую, чем Земля, радиус планеты 25400 км, один оборот вокруг оси совершает за 10 час. 50 мин. и скорость движения точек экватора равна 4,1 км/сек. Ускорение свободного падения на поверхности 9,0м/сек2, (меньше, чем на Земле), вторая космическая скорость 21,4 км/сек. В таких условиях Уран имеет кольцо определенной ширины. Подобное кольцо было и во время столкновения с другим телом. После столкновения Урана ось внезапно падает и исчезает сила, удерживающая кольцо, и бесчисленное количество кусков различных размеров разбрасывается в межпланетное пространство. Частично они падают на Уран. Таким образом, Уран теряет часть своей массы. Изменение направления оси Урана, возможно, способствовало изменению наклона плоскости орбит его спутников. В будущем, когда Уран начнет вращаться вокруг своей оси с меньшей скоростью, масса, которая сосредоточена в кольце, вернется вновь к нему, т.е. Уран притянет ее к себе и его масса увеличится.

У всех планет, кроме Меркурия, Венеры и Юпитера, даже у Сатурна, масса которого в 95 раз больше Земли, оси наклонены к плоскости орбиты. Это говорит о том, что они, как и Уран, сталкивались или с астероидами, или с кометами. Если происходит столкновение планет со своими спутниками, т.е. планеты притягивают их к себе, то в этом случае они падают в области экваторов и поэтому оси планет не отклоняются. Меркурий и Венеру от многих столкновений с астероидами или кометами спасало соседство Солнца, которое притягивало эти астероиды и кометы к себе. А Юпитер, имея огромную массу, проглатывала все ударяющиеся об нее тела и его ось не отклонялась.

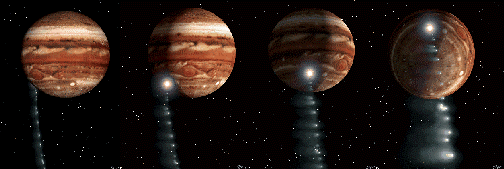
Труды историков, современные астрономические наблюдения, геологические данные, информация об эволюции биосферы Земли, результаты космических исследований планет свидетельствуют о фактах существования катастрофических столкновений нашей планеты с крупными космическими телами (астероидами, кометами) в прошлом. Наша планета не раз за свою историю сталкивалась с крупными космическими телами. Эти столкновения приводили к образованию кратеров, некоторые из которых существуют и поныне, а при самых сильных даже к изменению климата. Одна из основных версий о гибели динозавров сводится к тому, что произошло столкновение Земли и крупного космического тела, вызвавшее сильное изменение климата, напоминающее “ядерную” зиму (падение вызвало сильное запыление атмосферы мелкими частицами, которые препятствовали прохождению света до земной поверхности, тем самым, приведя её к заметному охлаждению).

Можно представить, как бы выглядела бы подобная катастрофа. При приближении к Земле, тело начало бы увеличиваться в размерах. Сначала почти незаметная звезда за короткий срок сменила бы свой блеск на несколько звёздных величин, превратившись в одну из самых ярких звёзд на небе. При кульминации, она своими размерами на небе практически равнялась бы с Луной. При входе в атмосферу, тело обладающее 1- 2ой космической скоростью вызвало бы резкое сжатие и разогрев близлежащих масс воздуха. Если тело имело пористую структуру, то был бы возможен его раскол на более мелкие части, и сгорание основной массы в атмосфере Земли, если нет то произошёл бы только разогрев внешних слоёв тела, небольшое замедление скорости и после столкновения образование единственного кратера больших размеров. При втором варианте событий последствия для жизни на планете были бы апокалипсичны. Разумеется многое зависит от размеров тела. На существование разумной жизни может поставить крест столкновение даже с малым телом, обладающим около нескольких сот метров в диаметре, столкновение с телами большего размера может практически уничтожить жизнь вообще. Полёт тела в атмосфере сопровождался бы звуком похожим на звук от реактивного двигателя, увеличенного в несколько раз. За телом остался бы яркий хвост, образованный сверхразогретыми газами, что представляло бы неописуемое зрелище. При первом варианте на небе были бы видны тысячи болидов, а само зрелище было бы похоже на метеоритный дождь, только заметно превосходило его по силе. Последствия были бы не так катастрофичны как при первом варианте, но крупные болиды, достигнув земной коры, могли бы вызвать некоторые разрушения небольшого масштаба. При попадании крупного тела в земную кору, образовалась бы мощная ударная волна, которая, слившись с волной образовавшийся ещё при полёте, сравняла бы с землёй огромную площадь поверхности. При попадании в океан, поднялась бы мощная волна цунами, которая смыла бы всё с территорий, находящихся в нескольких сотнях километров от береговой линии. На стыке тектонических плит произошли бы сильные землетрясения и извержения вулканов, что повлекло бы новые цунами и выбросы пыли. На много лет на планете установился бы ледниковый период, а жизнь была бы откинута к начальным её формам. Если динозавры вымерли всё-таки по причине столкновения космического тела с Землёй, то оно, скорее всего, имело небольшие размеры и цельную структуру. Это подтверждает неполное уничтожение жизни, несущественное похолодание климата, а также наличие единственного кратера, предположительно в районе Мексиканского залива. Не исключено, что подобные события происходили не раз. В подтверждение этого некоторые учёные приводят в пример некоторые образования на поверхности Земли.



Самые древние кратеры навряд ли сохранились из- за движения земных пород, но научно доказано космическое происхождение некоторых образований. Это: Вольф- Крик (местоположение- Австралия, диаметр- 840 метров, высота вала- 30 метров), Чабб (местоположение- Канада, диаметр примерно равен 3.5 километра, глубина- 500 метров), “каньон Дьявола”- Аризонский метеоритный кратер (местоположение- США, диаметр- 1200 метров, высота над уровнем земной поверхности- 45 метров, глубина- 180 метров), что же касается комет, то столкновение Земли с ядром кометы зарегистрировано не было (в настоящее время идут дебаты о том, что небольшой кометой мог быть Тунгусский метеорит 1908г., но падение этого тела породило столько гипотез, что это нельзя считать основной версией и утверждать, что столкновение с кометой всё- таки произошло). Двумя годами позже падения Тунгусского метеорита, в мае 1910 года, Земля прошла сквозь хвост кометы Галлея. При этом на Земле не произошло никаких серьезных изменений, хотя высказывались самые невероятные предположения, в пророчествах и предсказаниях не было недостатка. Газеты пестрели заголовками типа: "Погибнет ли Земля в текущем году?" В сияющем газовом шлейфе, мрачно предрекали знатоки, имеются ядовитые цианистые газы, ожидаются метеоритные бомбардировки и другие экзотические явления в атмосфере. Кое-кто из предприимчивых людей стал под шумок приторговывать таблетками, якобы обладающими "антикометным" действием. Страхи оказались пустыми. Ни вредоносных сияний, ни бурных метеоритных потоков, ни каких-либо других необычных явлений отмечено не было. Даже в пробах воздуха, взятых из верхних слоев атмосферы, не было обнаружено ни малейших изменений.

Яркой демонстрацией реальности и грандиозности масштабов космических ударов по планетам стала серия взрывов в атмосфере Юпитера, обусловленная падением на него фрагментов кометы Шумейкер-Леви 9 в июле 1994 года. Ядро кометы в июле 1992 года в результате сближения с Юпитером разделилось на фрагменты, которые впоследствии столкнулись с планетой-гигантом. В связи с тем, что столкновения происходили на ночной стороне Юпитера, земные исследователи могли наблюдать лишь вспышки, отражённые спутниками планеты. Анализ показал, что диаметр фрагментов от одного до нескольких километров. На Юпитер упали 20 кометных осколков.



Ученые полагают, что динозавров породило и убило столкновение Земли с крупным космическим телом. Столкновение Земли с кометой или астероидом, произошедшее около 200 млн. лет назад, сопровождалось быстрым ростом популяции динозавров Юрского периода. Следствием удара небесного тела о Землю стало исчезновение многих видов, отсутствие конкуренции с которыми открыло динозаврам путь к приспособлению и преумножению численности. Таковы данные последних изысканий ученых, проведенных в 70 районах Северной Америки. Специалисты исследовали отпечатки следов динозавров и других ископаемых животных, а также анализировали следы химических элементов в скальных породах.



При этом был обнаружен иридий - элемент, редко встречающийся на Земле, однако вполне обычный для астероидов и комет. Его присутствие является убедительным доказательством того, что в Землю врезалось некое небесное тело, указывают специалисты. «Обнаружение иридия дает возможность установить время удара о Землю кометы или астероида, - говорит профессор **Деннис Кент** из американского университета Рутгерса. - Если мы соотнесем результаты этого открытия и имеющиеся у нас данные о растительной и животной жизни того времени, мы сможем узнать, что тогда произошло».

Однако тот же самый процесс ударил затем, через 135 млн. лет, и по самим ящерам. Многие ученые полагают, что мощный удар о Землю некоего космического объекта в районе полуострова Юкатан в Мексике 65 млн. лет назад привел к такой трансформации климата планеты, при которой дальнейшее существование динозавров оказалось невозможным. Одновременно возникли благоприятные условия для развития млекопитающих. Астероиды и кометы, орбиты которых пересекают орбиту Земли и представляют для нее угрозу, получили название опасных космических объектов (ОКО).Вероятность столкновения, прежде всего, зависит от количества ОКО того или иного размера и типа. Со времени открытия первого астероида, орбита которого пересекает орбиту Земли, прошло 60 лет. В настоящее время количество открытых астероидов размером от 10 м до 20 км, которые можно отнести к ОКО, составляет около трехсот и увеличивается на несколько десятков в год. По оценкам астрономов, общее количество ОКО диаметром более 1 км, которые могут привести к глобальной катастрофе, составляет от 1200 до 2200. Количество ОКО диаметром свыше 100 м составляет 100000. Если говорить о столкновении Земли с твердым ядром кометы, то одно такое ядро, приблизившись к Солнцу на расстояние Земли от Солнца, имеет один шанс из 400 000 000 столкнуться с Землей. Поскольку в год на этом расстоянии от Солнца проходит около пяти комет в среднем, то ядро какой-либо кометы может столкнуться с Землей **в среднем** один раз за 80 000 000 лет. Столкновения в Солнечной системе. Из наблюдаемого количества и орбитальных параметров комет **Э.Эпик** вычислил вероятность столкновения с ядрами комет различного размера (см. табл.). В среднем 1 раз за 1,5 млрд. лет Земля имеет шанс столкнуться с ядром диаметром 17 км, а это может полностью уничтожить жизнь на территории, равной площади Северной Америки. За 4,5 млрд. лет истории Земли такое могло случаться неоднократно.

|  |  |
| --- | --- |
| Диаметр ядра, км | Средний интервал между столкновениями, млн. лет |
| 0,5–1 | 1,3 |
| 1–2 | 5,6 |
| 2–4 | 24 |
| 4–8 | 110 |
| 8–17 | 450 |
| >17 | 1500 |

Хотя вероятность столкновения с ОКО, приводящая к глобальным последствиям, невелика, но, во-первых, такое столкновение может произойти в следующем году **точно так же**, как и через миллион лет, а во-вторых, последствия будут сравнимы только с глобальным ядерным конфликтом. В частности, поэтому, несмотря на низкую вероятность столкновения, число жертв от катастрофы столь велико, что в расчете на год сравнимо с числом жертв авиакатастроф, убийств и т.п. Что же человечество может противопоставить внеземной опасности? На ОКО можно воздействовать двумя основными способами:

-изменить его траекторию и обеспечить гарантированный пролет мимо Земли;

-разрушить (раздробить) ОКО, что обеспечит пролет части его фрагментов мимо Земли и сгорание остальных в атмосфере, без нанесения ущерба Земле.

Поскольку при разрушении ОКО угроза его падения на Землю не устраняется, а уменьшается лишь уровень воздействия, более предпочтительным представляется способ изменения траектории ОКО. Для этого требуется перехватить астероид или комету на очень большом расстоянии от Земли. Чем можно воздействовать на ОКО? Это может быть:

-кинетический удар массивного тела по поверхности ОКО, изменение отражающей световой способности (для комет), что приведет к изменению траектории под воздействием излучения Солнца;

-облучение лазерными источниками энергии;

-размещение двигателей на ОКО;

-воздействие мощными ядерными взрывами и другие способы. Немаловажным обстоятельством являются возможности ракетно-космической техники. Достигнутый уровень ракетных и ядерных технологий позволяет сформулировать облик ракетно-космического комплекса, состоящего из космического перехватчика с ядерным зарядом для доставки в заданную точку ОКО, разгонного блока космического перехватчика , обеспечивающего выведение перехватчика на заданную траекторию полета к ОКО ракеты-носителя.

В настоящее время ядерные взрывные устройства обладают наибольшей концентрацией энергии по сравнению с другими источниками, что позволяет рассматривать их в качестве наиболее -

перспективного средства воздействия на опасные космические объекты. К сожалению, в космических масштабах ядерное оружие является слабым даже для таких малых тел, как астероиды и кометы. Общепринятое мнение о его возможностях является сильно преувеличенным. С помощью ядерного оружия нельзя расколоть Землю, испарить океаны (энергией взрыва всего земного ядерного арсенала можно нагреть океаны на одну миллиардную долю градуса). Всем ядерным боезапасом планеты можно раздробить астероид диаметром всего девять километров при взрыве в его центре, если бы это было технически осуществимо.

Тем не менее, мы все-таки не бессильны. Задача предотвращения наиболее реальной угрозы столкновения с малым небесным телом диаметром сто метров является разрешимой на современном уровне земных технологий. Постоянно совершенствуются существующие и появляются новые проекты защиты Земли от космической угрозы.

Например, согласно исследованиям ученого из Соединенных Штатов, гигантская воздушная подушка может однажды спасти мир от космического столкновения с кометой: Герман Бурчард (Hermann Burchard) из Государственного Университета Оклахомы предлагает послать космическое судно, оборудованное массивным воздушным мешком, который может быть раздут до размеров в несколько миль шириной и использоваться в качестве мягкого сопротивления вторгающийся солнечную систему далеко от курса столкновения с землей.

«Это безопасная, простая и реально выполнимая идея»,-говорит Бурчард. Однако, он признает, что остаются еще многочисленные детали, которые должны быть разработаны. Например материал для воздушной подушки, который должен быть достаточно легок для перемещения в космическом пространстве и в то же время достаточно прочным, чтобы отразить комету от ее курса на Землю.

\*\*\*

После внимательного изучения материала о кометах я выяснил, что, несмотря на тщательное их изучение, кометы таят в себе ещё много загадок – чего стоят множество теорий об их происхождении и нескончаемая вереница новых открытий!.. Какие-то из этих красивых «хвостатых звёзд», время от времени сияющих на вечернем небе, могут представлять реальную опасность для нашей планеты. Но прогресс в этой области не стоит на месте. Постоянно совершенствуются существующие и появляются новые проекты исследования комет и защиты Земли от космической угрозы. Так что, скорее всего, в ближайшие десятилетия человечество найдет способ «постоять за себя» в космическом масштабе.

## ИСТОЧНИКИ ИНФОРМАЦИИ

1. " Кометы и их наблюдение" К.И. Чурюмов

2. "Космическая угроза: миф и реальность"А.Адеев

3. " Курс общей астрономии " И.И. Бакулин,

Э.В. Кононович, В.И. Мороз

4. Интернет – ресурсы: ***www.snezhinsk.ru***

***www.physfak.secna.ru***

***www.astrolab.ru***  и др.

*РЕЦЕНЗИЯ.*

*Прохоренко Павел,*

*тема реферата «Кометы и космическая опасность»*

*Тема реферата раскрыта на уровне данной возрастной категории. Основным недостатком реферата является сумбурность изложения материала. Учащийся не уделил достаточно внимания логичности изложения, не сумел выделить главное. Рекомендовано доработать. Особое внимание уделить выводу и использованию последних публикаций по данному вопросу.*