

МИНИСТЕРСТВО ОБРАЗОВАНИЯ РОССИЙСКОЙ ФЕДЕРАЦИИ

САМАРСКИЙ ГОСУДАРСТВЕННЫЙ УНИВЕРСИТЕТ

КАФЕДРА ОБЩЕЙ И ТЕОРЕТИЧЕСКОЙ ФИЗИКИ

Ю.А. Снеткова ¹

**Федор Александрович Бредихин -
выдающийся астрофизик,
исследователь комет и метеорных потоков**
(реферат)

СамГУ - Самара 2004

¹E-mail: selenia@land.ru

Содержание

1 Введение	3
2 Биография ученого	4
3 Бредихин - пионер отечественной и мировой науки	5
4 Бредихин как исследователь комет	7
4.1 Исследование характера движения ядра и хвоста кометы	8
4.2 Теория синдинам и синхрон	8
4.3 Классификация хвостов комет	9
4.4 Изучение спектров комет	10
4.5 Физическая гипотеза о строении хвостов комет	11
5 Заключение	13
Литература	15

1 Введение

Он был один из тех людей, которые, по-видимому, предназначены показать возможную меру интеллектуальных сил человека.

П. К. Штернберг

Имя Федора Александровича Бредихина, выдающегося астрофизика, исследователя комет и метеорных потоков навсегда вошло в историю мировой науки. Научная деятельность Ф. А. Бредихина широка и разнообразна. Ему принадлежат работы по астрофизике, небесной механике, астрометрии, инструментальной оптике, гравиметрии, истории астрономии и даже филологии.

Наиболее важное значение для науки имеют классические труды Ф. А. Бредихина по теории комет, лежащие в основе разнообразных исследований в этой области. Основные представления по физике комет сложились под влиянием его работ, а современная теория комет базируется на разработанной им механической теории кометных форм. Современная метеорная астрономия также опирается на классические исследования Ф. А. Бредихина по теории происхождения метеорных потоков и периодических комет. Кроме того, его работы и научно-организаторская деятельность заложили основы отечественной астрофизической школы.

Естественно, что научное наследие Бредихина является чрезвычайно богатым и разнообразным. Однако всестороннее ознакомление с ним связано с рядом трудностей. Как известно, многочисленные (более 300) статьи Ф. А. Бредихина печатались в различных русских и иностранных изданиях (на русском, французском, немецком, итальянском и английском языках), но полное собрание его сочинений ни разу не издавалось. Работы Бредихина по теории комет были обобщены под его руководством Р. О. Егерманом в 1903 году. На русском языке краткий обзор трудов Ф. А. Бредихина о кометах делали А. А. Белопольский, С. К. Костинский, К. Д. Покровский, С. В. Орлов, О. А. Мельников и другие.

Исследования Ф. А. Бредихина о происхождении метеорных потоков были собраны им в один том, который был переведен на русский язык и опубликован в 1954 году под названием "Этюды о метеорах". Краткое изложение этих работ давали И. С. Абельман и С. К. Костинский.

Ф. А. Бредихин занимался изучением вопросов физической природы планет, двойных и переменных звезд, а также гравиметрии. При этом Ф. А. Бредихин внес существенный вклад в формирование отечественных школ астрофотометрии и астрофотографии.

Нужно сказать, что Ф. А. Бредихин оказывал заметное влияние на научную деятельность его современников. Это влияние сильно сказалось на работах таких корифеев науки, как Н. Е. Жуковский, Б. К. Млодзеевский, П. Н. Лебедев и многие другие, не говоря уже об астрономах - учениках Ф. А. Бредихина: В. К. Цераском, А. А. Белопольском, А. П. Соколове, П. К. Штернберге, С. К. Костинском и других.

Нельзя не отметить то, что Ф. А. Бредихин был прекрасным организатором. Его научно-организаторская деятельность имела большое значение для развития науки конца XIX - начала XX в.

В заключение хотелось бы привести слова ближайшего ученика Бредихина, А. А. Белопольского, кто наиболее ярко охарактеризовал всю творческую деятельность

Бредихина: "Как истинно русский человек, он с замечательной для своего времени энергией, можно сказать против течения, отстаивал научное национальное самосознание; его он всячески старался внушать своим ближайшим ученикам: насколько он был скромнен и требовал разумной научной скромности от своих учеников, настолько же он был врагом несправедливого унижения перед западом в русских людях. Эта черта с особою силой сказалась при кратковременном управлении им Пулковской обсерваторией. Нужно сознаться, что подъем духа тогда у всех его сотрудников был совершенно необычный, и если взглянуть с точки зрения истории развития науки в России, то следует с глубокой благодарностью зачесть Ф. А. Бредихину сказанное как одну из крупных его заслуг перед отечеством".

2 Биография ученого



Рис. 1: Федор Александрович Бредихин (1831-1904)

Федор Александрович Бредихин родился 8 декабря 1831 г. в городе Николаеве, в старинной дворянской семье. Все его родственники со стороны отца и матери были потомственными моряками. Детство Бредихина проходило в имении отца - Солонихе, под Херсоном. Первоначальное воспитание он получил дома, под руководством бывшего директора Херсонской гимназии З. И. Соколовского, который привил ему любовь к естественным наукам и математике. В 1845 г. Бредихин поступил в пансион при Ришельевском лицее в Одессе, а с 1849 г. стал его студентом. Однако преподавание физико-математических наук в лицее не удовлетворяло Бредихина и в 1851 г., оставив лицей, он поступил в Московский университет.

На первых курсах он увлекался физикой и собирался после окончания университета стать моряком. Однако на четвертом (последнем) курсе заинтересовался астрономией и был оставлен при университете (в 1855 г.) для подготовки к профессорскому званию. Первые наблюдения на Московской обсерватории он провел вместе с Б. Я. Швейцером (1816-1873 гг.), прославившимся своими гравиметрическими работами и открытиями комет. У Бредихина рано (с 1856 г.) проявился интерес к астрофизике, которым была проникнута вся его дальнейшая научная деятельность. Важно отметить, что тот же интерес к астрофизике привел его и к исследованию комет. В 1857 г. он сдал магистерские экзамены и начал с 1858 г. читать лекции в университете. В 1861 г. появились первые печатные работы Бредихина по исследованию комет, которые впоследствии были главным делом его жизни. В 1862 г. он защитил магистерскую диссертацию "О хвостах комет" и с 1863 г. был назначен экстраординарным профессором. В 1864 г. он опубликовал докторскую диссертацию "Возмущения комет, не зависящие от планетных притяжений", за которую в 1865 г. получил степень доктора астрономии и звание ординарного профессора.

Просьба Бредихина (в 1862 г.) разрешить ему заграничную командировку, которая обычно давалась тем, кто готовил магистерскую диссертацию, была отклонена "из-за отсутствия средств в университете". Однако в 1867 г. это разрешение было, наконец, дано на срок с 1 июня 1867 г. по 1 сентября 1868 г., который затем был перенесен с 2 сентября 1867 г. по 2 марта 1868 г. Почти все это время Бредихин провел в Италии, где познакомился с А. Секки, П. Таккини и другими ведущими астрофизиками и обучился методике спектроскопических наблюдений. Этот период имел важное значение для всей дальнейшей научной деятельности Бредихина.

По возвращении на родину Бредихин вел преподавание в университете, работал на обсерватории и начал (с 1872 г.) впервые в России систематические спектроскопические наблюдения Солнца. К этому же времени относится и расцвет его научно-популяраторской деятельности. С 1873 г. Бредихин стал директором Московской обсерватории и вскоре превратил ее в центр астрофизических работ в России. На этой обсерватории он проработал до 1890 г. Здесь были выполнены все его наиболее важные исследования, в том числе по теории кометных форм и происхождению метеорных потоков.

В конце 1890 г. Бредихин переехал в Пулково в связи с избранием его на пост директора Главной астрономической обсерватории, где он пробыл до 1895 г. Его деятельность по реорганизации этой ведущей обсерватории и расширению здесь астрофизических исследований имела важное значение для науки. Умер Бредихин 14 мая 1904 г. в Петербурге на 73 году жизни.

3 Бредихин - пионер отечественной и мировой науки

Ф. А. Бредихину принадлежат большие заслуги в организации и проведении первых в России удачных астроспектроскопических наблюдений, в создании школы отечественных астроспектроскопистов и воспитании выдающегося ученого с мировой известностью - А. А. Белопольского (1854-1934).

Бредихин прилагал много усилий к развитию различных отраслей новой тогда науки астрофизики. Так, с 1872 по 1883 г. он систематически вел спектральные наблюдения Солнца. С 1874 г. он начал наблюдение кометных спектров. С 1875 г. наблюдал спектры планетарных туманностей. Вместе с работами В. Хеггинса, А. Секки, Г. Фогеля, Ч. Юнга и других спектральные исследования Бредихина заложили основы современной астрофизики и астроспектроскопии.

Также Бредихину принадлежит видная роль в создании отечественной астрофотографической школы, хотя сам Бредихин никогда не занимался исследованиями по астрономической фотографии.

В 1866 г. в России на Виленской обсерватории был установлен первый фотогелиограф Дальмейера. Однако систематическое фотографирование Солнца (для изучения солнечных пятен) было начато в Вильно только в 1868 г., а в 1876 г. обсерватория сгорела и работы были прекращены.

Только в 1875 г. на руководимой Бредихиным Московской обсерватории фотогелиографические наблюдения возобновились и непрерывно продолжались в течение многих лет. Вступив на пост директора Московской обсерватории, Бредихин приложил все усилия к тому, чтобы внедрить здесь астрофизику и новые астрофизические методы исследования, в том числе и фотографический.

Все ученики и сотрудники Бредихина получили определенные навыки в подобных исследованиях и убеждались в важности астрофотографии. Следует отметить, что все основные работы в области астрофотографии в России конца XIX-начала XX в. были выполнены в подавляющем большинстве воспитанниками Московской обсерватории.

На первый взгляд может показаться, что Ф. А. Бредихин не имеет никакого отношения к созданию отечественной астрофотометрической школы, так как среди его многочисленных и разнообразных научных работ нет ни одной фотометрической. Однако, если внимательно проследить историю возникновения астрофотометрии в России, станет ясно, что и эта область науки многим обязана Бредихину.

Не случайно, что именно на Московской обсерватории, ставшей при Бредихине центром астрофизических работ в России, фотометрия получила широкие возможности для развития. Только при Бредихине начались систематические наблюдения на астрофотометре Целльнера.

Высказывания Бредихина о роли и значении фотометрии, характеризующие его отношение к этой отрасли астрофизики, находятся в его популярной лекции "Современные средства исследования свойств небесных тел".

Эта лекция содержала обзор последних достижений науки того времени и описание новых методов исследования: фотографического, спектрального и фотометрического. Бредихин отметил видную роль фотометрических исследований в общем комплексе астрофизических работ. В то время как многие его современники отрицали всякую ценность фотометрических данных, Бредихин считал, что фотометрия может дать положительные результаты при исследовании альbedo планет; он также интересовался переменными и двойными звездами и пытался решить вопрос о природе переменности Алголя. Бредихин основное внимание уделял изучению физической природы явлений, а не методам их исследования. Говоря о важности фотометрического исследования переменных звезд, он прежде всего подчеркивал необходимость изучения кривой блеска, считая, что в большинстве случаев причина переменности лежит в строении звезды, т. е. что она скорее физического, чем механического происхождения. Естественно, что фотометрические исследования, особенно многообещающие в изучении переменных звезд, встречали с его стороны всемерную поддержку.

Он стремился убедить всех сотрудников руководимой им обсерватории в важности астрофизических работ, прилагая большие усилия к всестороннему развитию нового направления. Это ему удалось: на обсерватории оказались представленными все три отрасли астрофизики того времени - спектроскопия, фотографическая астрономия и фотометрия.

Отмечая особенности астрофизических исследований в начальном периоде развития этой науки, Бредихин указывал, что для достижения определенных результатов есть два пути: накопление обширного материала для последующей обработки и изучение приборов и методики работ. Бредихин больше занимался накоплением материала и тщательной его обработкой, которая привела к значительным результатам, особенно в изучении комет. На основании обработки и обобщения богатого материала возникла советская школа исследователей переменных звезд, занимающая ведущее место в мировой науке. Не случайно, что международный центр по изучению переменных звезд теперь находится в Москве.

4 Бредихин как исследователь комет

Ф. А. Бредихин вошел в историю науки в основном как создатель механической теории кометных форм. Это была первая астрофизическая теория, которой удалось объяснить на строго научной основе все установленное из наблюдений многообразие кометных форм. В XIX веке астрофизические и астрометрические наблюдения комет вместе с прежними наблюдениями и зарисовками (кометы наблюдались уже с глубокой древности) составили богатый наблюдательный материал, которого не было в то время для других небесных объектов. Таким образом, назрела необходимость теоретического обобщения накопленных наблюдений. Это вызвало появление массы разнообразных кометных "теорий". Однако все они давно опровергнуты наблюдениями и забыты, и только теория Бредихина, основанная на обширном наблюдательном материале, до сих пор сохраняет важное значение для науки.

Его труды по кометам можно разделить на два этапа: 1) с 1860 по 1867 г. и 2) с 1874 по 1904 г. В первый период были проверены и уточнены формулы и выводы, сделанные предшественниками Бредихина. Кроме того, на основании исправления формул Ф. Бесселя было дано правильное объяснение некоторых основных ("нормальных") форм комет. Второй период характеризуется проведением оригинальных исследований, посвященных изучению "аномальных", т. е. редко встречающихся форм. В тот же период он проводил спектральные наблюдения комет и развил основы физической теории кометных явлений.

Основные положения механической теории кометных форм состоят в следующем:

I. Хвост кометы реально существует, а не есть кажущееся, оптическое явление, некий обман зрения.

II. Хвост кометы материален, т.е. состоит из весомой материи, вещества, вытекающего из ядра кометы.

III. Форма хвоста может быть объяснена, если предположить, что на частицы, вылетающие из ядра, а затем переходящие в хвост, кроме обычного ньютоновского притяжения действует отталкивательная сила Солнца, обратно пропорциональная квадрату расстояния. Физическая природа силы неизвестна.

Ф. А. Бредихин писал о своей теории: "Существующая механическая теория кометных явлений признает кометные истечения и хвосты состоящими из частиц весомой материи, разрежение которой доведено до атомов и молекул; все движения этих частиц в пространстве... подчиняются закону Ньютона, при той или другой, смотря по химическому свойству частиц, постоянной величине силы солнечного отталкивания. Это отталкивание, в сочетании с солнечным ньютоновским притяжением, и производит эффективную силу. Вводя в формулы движения толчок, получаемый частицами от кометы в сторону к Солнцу, в форме начальной скорости, теория свободно строит все собранное наблюдениями разнообразие кометных форм".

Так как хвост образован истечением вещества из ядра, то его вид целиком определяется характером этого начального истечения. Поэтому Ф. А. Бредихин всегда подчеркивал особую важность наблюдений голов комет, вида и направления первоначальных истечений, на которые наблюдатели XIX в., как правило, не обращали внимания.

Следует заметить, что достаточное количество наблюдений голов и начальных извержений было накоплено только к последнему времени. Именно этот материал и позволил современным исследователям более подробно изучить структуру головы кометы. Таким образом, теория Ф. А. Бредихина действительно смогла дать простое

и естественное объяснение всех разнообразных явлений, наблюдавшихся в кометах к тому времени.

Ф. А. Бредихиным при участии его сотрудников и других ученых были разработаны три основных метода для исследования комет: точные формулы гиперболического движения частиц хвоста, классификация хвостов и теория синдинам и синхрон.

4.1 Исследование характера движения ядра и хвоста кометы

Когда Ф. А. Бредихин начинал свои исследования (1860 г.), в литературе о кометах были известны только приближенные формулы Бесселя, описывающие движение частиц хвоста по параболическим орбитам. В 1862 г. Бредихин указал неточности формул Бесселя. Непосредственное исследование степени точности бесселевских формул было проведено после 1874 г. К концу 1877 г. он вплотную подошел к выводу новых более точных формул движения частицы хвоста, уже не по параболической, а по гиперболической орбите. На основании бесселевских формул было сделано открытие трех типов хвостов. При этом Ф. А. Бредихин воспользовался и присланными ему формулами В. Нортон.

При выводе основных формул задача формулируется так: найти уравнение движения частицы, которая покидает сферу действия кометы в плоскости орбиты ядра с определенной начальной скоростью и в определенном направлении с радиусом-вектором ядра кометы. Предполагается, что частица движется в плоскости кометной орбиты, следовательно, описывает плоскую кривую под действием центральной силы.

В общем случае орбитой как ядра кометы, так и частицы хвоста может быть любое коническое сечение. Однако Бредихин рассматривал движение частиц хвоста только по гиперболам, тогда как для кометных орбит им были изучены все возможные комбинации - парабола, гипербола, эллипс. Исследования хвостов комет он проводил графически.

Таким образом, метод Ф. А. Бредихина - графический или интерполяционный - не является совершенно точным, однако, такая точность была вполне достаточна при существовавшей точности наблюдений хвостов комет. Ф. А. Бредихин даже предпочитал этот метод аналитическому.

4.2 Теория синдинам и синхрон

Весьма точным и удобным методом изучения хвостов комет явился метод построения синдинам (кривых, по которым располагаются частицы, вылетевшие из ядра кометы под действием одинаковой силы) и синхрон (кривых, по которым располагаются частицы, вылетевшие из ядра в один и тот же момент, но под воздействием различных сил). Уравнения синдинамы и синхроны можно получить из формул Ф. Бесселя. Только Ф. А. Бредихин предложил пользоваться построением синдинам для подробного исследования строения хвостов комет. Исследование же синхрон было проведено Ф. А. Бредихиным на основании большого наблюдательного материала. Он вывел уравнение синхроны, а также разработал метод исследования деталей хвостов при помощи синхрон.

Ф. А. Бредихину принадлежат и сами названия "синдинама" и "синхрона". Ему удалось, наконец, объяснить образование и структуру хвоста кометы 1744 г., кото-

рая представляла наибольшие трудности для теории. Следует заметить, что решение такой сложной проблемы стало возможным только на основании бредихинских представлений о синдинамах и синхронах.

Подробное исследование синдинам и синхрон, а также методов их построения были проведены совместно Ф. А. Бредихиным и Н. Е. Жуковским (1884 г.). Стало ясно, что синдинамы и синхроны не всегда резко отличны друг от друга, а могут совпадать, когда хвост образуется при движении ядра по прямой линии к Солнцу или от него.

Ф. А. Бредихин показал также, что контур хвоста кометы не всегда состоит из синдинам. Иногда он может представлять собой комбинацию синдинам и синхрон, как, например, в комете Понса-Брукса (1886 г.). У этой кометы предшествующий край хвоста был синдинамой, а последующий - синхронной. Таким образом, не всегда можно легко различить синдинамы и синхроны. В сложных случаях этот вопрос решается только после детального исследования при помощи точных формул.

В современной кометной астрономии метод синдинам и синхрон получил еще более важное значение, так как в классификации С. В. Орлова типы хвостов были непосредственно связаны с синдинамами и синхронами.

4.3 Классификация хвостов комет



Рис. 2: Комета Хэйла-Боппа в марте 1997 г. Комета имеет два хвоста: I-го типа (более слабый, голубого цвета, состоящий из ионизованного вещества) и II-го типа (яркий газопылевой).

Мысль о возможности разделить все хвосты на обособленные группы возникла у Ф. А. Бредихина в июле 1876 г. при обработке наблюдений кометы Коджа (1874 г.). В 1876-1877 гг. сообщение об этом появилось в печати. После тщательного изучения комета 1862 г. присоединилась к группе кометы Коджа, комета Галлея - к группе кометы Ольберса (1811 г.). Таким образом, замеченная ранее закономерность проявлялась все более отчетливо.

16 сентября 1878 г. на основании данных для 13 комет Ф. А. Бредихин высказался уже совершенно определенно о трех типах хвостов. Хвосты трех типов отличаются друг от друга по внешнему виду. Так, хвосты I типа обычно мало отклонены от продолжения радиуса-вектора, довольно тонкие и длинные.

Хвосты II типа образуют большой угол с продолжением радиуса-вектора, они довольно широкие, изогнутые. Хвосты III типа - очень короткие, сильно отклонены от продолжения радиуса-вектора.

Еще в первом сообщении об открытии трех типов хвостов Ф. А. Бредихин дал рисунок, воспроизводящий вид и взаимное расположение наиболее характерных хвостов I, II, III типов. Визуальные наблюдения показали, что хвосты I типа обычно имеют простое строение. Хвосты II типа чаще сложные. Хвосты III типа также в большинстве составные.



Рис. 3: Комета Икея-Секи (C/1965 S1). Яркий пример образования хвоста II рода (Фото с 4-минутной выдержкой получил Roger Lynds 29 октября 1965 года в Kitt Peak).

тем систематически пересматривал ранее полученные результаты или с учетом новых, более точных наблюдений, или на основании более точных формул.

4.4 Изучение спектров комет

Ф. А. Бредихин начал наблюдения спектров комет с 1874 г., когда в его распоряжении оказались большой рефрактор Московской обсерватории и универсальный спектроскоп Мерца с микрометром. Первой кометой, спектр которой он наблюдал, была яркая комета Коджа.

При помощи спектроскопа Браунинга, монтированного на рефракторе, Бредихин обнаружил в спектре головы кометы на фоне непрерывного спектра три обычные полосы: красную, зеленую и синюю. При помощи окулярного микрометра он измерил положение этих линий. В дальнейшем подобные измерения проводились систематически при каждом удобном случае.

Наблюдая спектр кометы Понса-Брукса, Бредихин отождествил фиолетовую полосу в ее спектре с полосой углерода. Это вызывает особый интерес в настоящее время, так как недавно в спектре голов комет действительно были обнаружены линии радикала углерода. Они оказались расположенными именно в той части спектра,

Ясно, что вещество в хвосте I типа растягивается на большие расстояния, чем в хвосте II типа. Поэтому при одинаковом количестве вещества хвост I типа должен казаться более слабым, а следовательно, более коротким. Бредихин неоднократно подчеркивал, что "... не только направление хвоста, но иногда также и его длина могут служить для распознавания типов..."

Эти работы имеют большое значение для кометной теории, так как, помимо самостоятельной ценности, они позволили определять тип хвоста непосредственно по его внешнему виду и характеру истечения из ядра кометы. Сопоставление трех типов хвостов с элементами орбит комет показало, что между ними нет связи. Стало ясно, что различие типов обусловлено физико-химическими свойствами хвостов. Такой вывод значительно повысил интерес астрономов к спектральным, поляриметрическим и другим астрофизическим исследованиям комет. Дальнейшее изучение этих явлений без какой-либо физической теории комет становилось невозможным, поэтому Ф. А. Бредихин выдвинул в качестве первого приближения свою физическую гипотезу строения комет. Непрерывно пополняя список исследованных им комет, Бредихин вместе с

на которую указывал Бредихин.

Измерения Бредихина отличались высокой по тому времени точностью. А длина волны наиболее яркой полосы в спектре кометы Коджа даже соответствует современному значению. Это тем более удивительно, что в то время поправка за доплеровское смещение линий не учитывалась, а просто вычислялось среднее значение длин волн по всем наведениям. Условия наблюдений также резко отличались от современных. В то время фотографирование спектров было еще невозможно. Наблюдения велись визуально, причем измерения проводились в момент наблюдений. Ночью измерялось положение полос в спектре кометы относительно так называемых коллиматорных линий ², а с восходом Солнца измерялось положение коллиматорных линий относительно линий солнечного спектра. Таким образом, наблюдения растягивались в общей сложности на весьма большой промежуток времени, в течение которого наблюдатель должен был постоянно находиться в напряжении. Как отметил О. А. Мельников, в то время техникой визуальных спектроскопических наблюдений владели только несколько человек в мире, и Ф. А. Бредихин был одним из этих немногих. В настоящее время получение спектрограммы и ее измерение производятся раздельно. Поэтому измерение спектрограмм, которое выполняется в лабораторных условиях и при помощи значительно более точных приборов, не требует от наблюдателя особого напряжения и дает значительно более высокую точность.

4.5 Физическая гипотеза о строении хвостов комет

Ф. А. Бредихин всегда придавал большое значение изучению физической природы комет. Уже на первом этапе своих исследований он обращал особое внимание на физическое объяснение кометных явлений. Еще до того, как он начал заниматься кометами, его волновал вопрос об исследовании физических свойств небесных тел.

Механическая теория кометных форм давала точное математическое описание наблюдаемых явлений и их истолкование с точки зрения механики. Наблюдения спектров комет положили начало изучению их физических свойств. Открытие трех типов хвостов наметило путь к объединению этих методов исследования комет и созданию полной теории кометных явлений.

Ф. А. Бредихин считал, что базой для нее должна служить его механическая теория кометных форм. Но ей необходимо было дать физическое обоснование или "физическое дополнение", которого он ждал от физиков. Ни одна работа по физике, имеющая какое-либо отношение к исследованию комет, не оставалась им незамеченной. В отличие от многих астрономов своего времени он никогда не пренебрегал этими работами.

Бредихин в качестве первого приближения выдвинул свою физическую гипотезу. Основные положения ее таковы:

1. Вещество кометных хвостов весьма разрежено, степень разрежения доходит до молекул.
2. Отталкивательные силы (ускорения), действующие на вещество хвостов, обратно пропорциональны атомным или молекулярным весам вещества кометных хвостов.
3. Отталкивание, проявляющееся в хвостах комет, имеет электрическое происхождение.

²Коллиматорными линиями служили линии углеводов.

О весьма значительной разреженности кометных хвостов убедительно свидетельствовали все наблюдения. Предположение же о молекулярном строении хвостов вытекало, по мнению Бредихина, из постоянства отталкивательных сил.



Рис. 4: Комета West (C/1975 V1). Комета также имеет два типа хвостов: хвост I типа определяется синим ионным газовым свечением; хвост II типа есть яркий белый пылевой "шлейф".

Предположение об электрическом отталкивании в хвостах комет было принято в соответствии с научными данными того времени. Однако Бредихин никогда категорически не настаивал на электрическом отталкивании, принимая его только потому, что не было разработано другое объяснение. Время, протекшее с 1879 г., и накопленные с тех пор наблюдения показали, что соотношение между отталкивательными силами и молекулярными (атомными) весами в кометных хвостах было угадано правильно. Оно принято и современной наукой.

Были выведены некоторые соображения о физико-химическом составе хвостов. Так, стало совершенно ясно, что хвосты I типа, в которых обнаруживались наибольшие отталкивательные силы, должны состоять из вещества с очень малым удельным весом, тогда как в хвостах III типа должны присутствовать весьма тяжелые вещества (например, металлы).

Но точно определить физико-химический состав хвостов в то время было невозможно. Даже и в настоящее

время этот вопрос не решен окончательно. Все данные, которыми располагает современная наука, были получены в результате больших успехов в области ядерной и молекулярной спектроскопии, а также в области инструментальной оптики и фотометрии комет. Это стало возможным только много лет спустя после смерти Ф. А. Бредихина. Однако и он на основании своей физической гипотезы смог получить ряд важных результатов, которые приняты современной наукой.

Вывод о том, что кометы содержат соединения углерода и водорода, а не чистые элементы, поддерживали многие ученые XIX в., основываясь на выводах электрической гипотезы свечения кометных хвостов. Однако Бредихин, согласившись с тем, что в кометах присутствуют углеводороды, считал, что там могут быть и чистые элементы (углерод, водород). В дальнейшем, по спектрам ядер были обнаружены и углеводород, и углерод. Таким образом, в основном Бредихин оказался прав.

На основании своих исследований он утверждал, что в кометах должен быть свободный водород. Однако все попытки обнаружить его в кометных спектрах оканчивались неудачей. Бредихин все же продолжал настаивать на том, что водород в кометах есть и не обнаруживается только вследствие каких-то особых условий наблюдения. Его предвидение блестяще подтвердилось в 1956 г. после исследования, проведенного советским астрофизиком С. М. Полосковым. Он показал, что водород

действительно не может быть замечен в спектрах комет, так как его резонансные полосы располагаются в недоступной для наблюдений части спектра.

Особенно удачливой оказалась гипотеза Бредихина в отношении предсказания металлов в кометах. Уже два года спустя после впервые высказанной им догадки о наличии в кометах металлических паров (1879 г.) он сам, и независимо от него другие ученые обнаружили в голове кометы 1882 I линии натрия. Затем были обнаружены линии железа в голове большой сентябрьской кометы 1882 II. В 1927 г. С. В. Орлов по измерениям Р. Копелянда и О. Лозе идентифицировал в спектре головы той же кометы линии железа, никеля и хрома.

Открытие металлов в спектрах комет произвело сильное впечатление на современников Ф. А. Бредихина. Его физическая гипотеза получила широкое признание. Однако впоследствии было установлено, что хотя в кометах и есть металлы, но наблюдаются они очень редко. Таким образом, гипотеза подтвердилась только отчасти. Однако она сыграла значительную роль в изучении физической природы кометных явлений, привлекла к исследованиям многих астрономов и физиков.

В результате этих работ удалось объяснить многие особенности трех типов хвостов, которые раньше были непонятны. Оказалось, что и внешний вид хвостов трех типов тесно связан с их физико-химическим составом.

Так, хвосты I типа обычно наблюдаются отдельно от других типов хвостов, не сливаясь с ними. Они состоят из водорода. Хвосты II типа значительно более широкие. По Бредихину, хвосты II типа должны состоять из углеводородов, углерода и мелких металлов. Хвосты III типа - короткие, очень широкие. По мнению Бредихина, такой вид объяснялся наличием в хвостах III типа тяжелых элементов разных атомных весов, в частности металлов - от железа до свинца. Хвосты II и III типа часто сливаются, переходя один в другой.

Следует напомнить, что физико-химическая гипотеза Ф. А. Бредихина основывалась на представлении о едином составе голов и хвостов комет. Поэтому все данные, полученные для голов комет, считалось возможным отнести и к их хвостам, а заключения о хвостах - к голове. Однако в 1907 г. при наблюдении кометы Даниеля был впервые изучен спектр хвоста (Бредихин и его современники могли видеть только спектр голов) и установлено резкое различие его от спектра головы. Это обстоятельство, не известное Бредихину, показало, что кометные явления сложнее, чем он предполагал, и не могут быть целиком объяснены его гипотезой. Но некоторые выводы, сделанные на основании физической гипотезы Бредихина, получили новое подтверждение. Такими выводами о наличии в головах комет водорода, углерода, металлов.

5 Заключение

В настоящее время труды Ф. А. Бредихина получили высокую оценку. Его имя можно найти в любой энциклопедии мира. Изложение теории комет или метеорных потоков ни в одном учебнике или популярной книге не обходится без упоминания о его работах. Наглядным доказательством признания заслуг Бредихина является тот факт, что Х. Шепли и Е. Ховарт включили его труды по кометам и метеорам в число классических, которые, наряду с трудами таких корифеев науки как Н. Коперник, К. Гаусс и Ф. Бессель, заложили основы современной науки.

Отмечая научные заслуги Ф. А. Бредихина, Президиум Академии наук СССР

учредил в 1946 г. премию его имени, которая присуждается за лучшие работы по астрономии раз в три года.

За время, протекшее от эпохи Бредихина до наших дней, наука ушла далеко вперед. Если тогда астрофизическое исследование Солнца, планет, звезд, туманностей, комет и метеорных потоков только начиналось, то теперь уже собран богатый наблюдательный материал, на основании которого были сделаны важные заключения как о природе этих небесных тел, так и о характере происходящих на них физических процессов.

Безусловно, что систематически проводившиеся Бредихиным наблюдения Солнца, планет, туманностей, комет и метеорных потоков сыграли определенную роль в дальнейшем их изучении, однако, в настоящее время они представляют главным образом исторический интерес. Тем не менее теоретические исследования, содержащие массу интересных замечаний, идей и высказываний и теперь привлекают внимание специалистов.

В настоящее время наибольший интерес представляют исследования Бредихина по теории кометных форм.

За время, протекшее с 1904 г., а особенно в самые последние годы изучение кометных явлений значительно продвинулось вперед. Был обнаружен ряд новых фактов, неизвестных Бредихину, как например различие спектров голов и хвостов комет. Тем не менее многие мнения и выводы Бредихина получили подтверждение уже на основании совершенно иных представлений. Его механическая теория кометных форм и теперь лежит в основе современных исследований.

Предложенная Бредихиным классификация хвостов, несколько дополненная работами советских ученых - С. В. Орлова и его школы - сохраняет важное значение в современной науке. Обнаружена и подробно изучена в 1948-1951 гг. реакция истекающего из ядер комет вещества на движение комет, которую предсказывал Бредихин.

Исследованиями О. В. Добровольского было подтверждено и замеченное Ф. А. Бредихиным изменение отталкивательных ускорений вдоль хвоста. Долго не удавалось объяснить параболическую форму головы кометы, вытекавшую из механической теории кометных форм. Однако работа В. Г. Рийвеса устранила и это возражение. Оказалось, что требуемая теорией форма головы объясняется при введении максвелловского закона распределения скоростей частиц. Пока еще не удается удовлетворительно объяснить движение облачных образований. Однако, несмотря на имеющиеся трудности, механическая теория кометных форм Бредихина, дополненная работами советских астрономов, может считаться построенной.

Значительно большие изменения претерпела со времен Бредихина физическая теория кометных явлений.

Накопленный в настоящее время материал позволил установить химический состав хвостов (в основном ионизированный азот и угарный газ) и голов (молекулы углеводорода, циана, углерода, а в редких случаях - металлов: натрия, железа, никеля).

Таким образом, хотя большинство отождествленных Бредихиным линий в спектрах комет оказалось неправильным, линии металлов все-таки были обнаружены и наблюдались время от времени в спектрах ярких комет, близко проходивших около Солнца. Вопрос о присутствии в кометах водорода пока остается открытым, но следует отметить, что и здесь догадка Бредихина о том, что водород не был найден в спектрах комет из-за особых условий наблюдения, блестяще оправдалась. Так как резонансные линии водорода лежат за пределами наблюдаемого спектра комет, то

отсутствие водорода в спектрах комет получило естественное объяснение.

В 1958 г. удалось даже по спектру ядра измерить скорость его вращения. Тем самым было подтверждено мнение Бредихина о вращении кометных ядер.

Наблюдая характерные эмиссионные полосы в спектре комет на фоне непрерывного спектра, Бредихин приписывал этот спектр ядру и объяснял его простым отражением солнечного света от твердых частиц ядра, а в 1958 г. было показано, что "непрерывный" спектр в действительности возникает в результате рассеяния на свободных электронах.

Также Бредихин, говоря о действии в хвостах комет "электрических" сил, помимо светового давления, видел проявление этих сил именно в корреляции между блеском головы кометы и солнечной активностью, т. е. он предугадал действие корпускулярного излучения, намного опередив свое время.

Это является еще одним доказательством того, насколько важно изучение его трудов и в настоящее время. Конечно, Бредихин не рассматривал и не мог рассматривать всех деталей и подробностей явлений в их современном виде, однако его труды, содержащие тщательное описание и изучение массы кометных явлений, до сих пор служат и долго еще будут служить источником дальнейших исследований.

Список литературы

- [1] Н.И. Невская Федор Александрович Бредихин //Москва-Ленинград, "Наука", 1964.-254с.
- [2] О. В. Добровольский Кометы// М.:Наука, Главная редакция физико-математической литературы, 1966.-288с.
- [3] С. К. Всехсвятский Кометы в солнечной системе//М.: "Знание" (Новое в жизни, науке, технике. Серия "Космонавтика, астрономия", 2), 1974.- 64с.
- [4] Н. Колдер Комета надвигается!// М.: Мир, 1984.- 176с.
- [5] В. Д. Давыдов Загадки кометных ядер// М.: "Знание" (Новое в жизни, науке, технике. Серия "Космонавтика, астрономия", 5), 1988.- 64с.