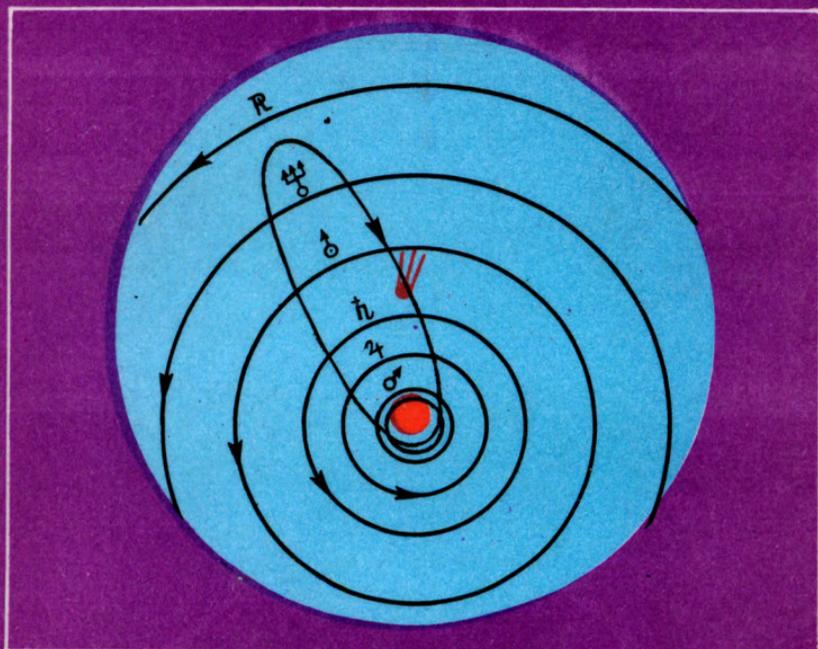


БИБЛИОТЕКА ЛЮБИТЕЛЯ АСТРОНОМИИ



Н.А. БЕЛЯЕВ
К.И. ЧУРЮМОВ

КОМЕТА
ГАЛЛЕЯ
И ЕЕ
НАБЛЮДЕНИЕ

БИБЛИОТЕКА ЛЮБИТЕЛЯ АСТРОНОМИИ



Н. А. БЕЛЯЕВ
К. И. ЧУРЮМОВ

КОМЕТА
ГАЛЛЕЯ
И ЕЕ
НАБЛЮДЕНИЕ



МОСКВА «НАУКА»
ГЛАВНАЯ РЕДАКЦИЯ
ФИЗИКО-МАТЕМАТИЧЕСКОЙ ЛИТЕРАТУРЫ

1985

ББК 22.655

Б 43

УДК 523.6

РЕДАКЦИОННАЯ КОЛЛЕГИЯ
Председатель Г. С. ХРОМОВ

Беляев Н. А., Чурюмов К. И.

Б 43 Комета Галлея и ее наблюдение. — М.: Наука, Главная редакция физико-математической литературы, 1985. — 272 с., ил. — Б-ка любителя астрономии.

55 коп. 100 000 экз.

Книга посвящена самой известной комете Солнечной системы — периодической комете Галлея, появляющейся на земном небосклоне раз в 76 лет. Очередное такое появление предстоит в ближайшие годы. В популярной форме рассказывается об открытии этой кометы Э. Галлеем, о ее свойствах и структуре, о ее орбите. Читатель узнает о выдающейся роли кометы Галлея в истории науки, о планируемых космических экспедициях к ее ядру и т. д.

Вторая часть книги содержит все необходимые сведения о возвращении кометы: эфемериды на 1985—1987 гг., карты звездного неба вдоль пути кометы, условия видимости, указания к наблюдениям.

Для любителей астрономии, участников астрономических кружков, лекторов, учителей, студентов, школьников старших классов.

Б $\frac{1705050000-036}{053(02)-85}$ 182—84

ББК 22.655
526

ОГЛАВЛЕНИЕ

Предисловие	4
-----------------------	---

ГЛАВА I

ИСТОРИЯ ОТКРЫТИЯ И РЕЗУЛЬТАТЫ ИССЛЕДОВАНИЯ КОМЕТЫ ГАЛЛЕЯ

Комета Галлея в семье комет	7
История кометы Галлея. Хроники и летописи рассказывают	19
Жизнь и труды Эдмунда Галлея (1656—1742)	39
Дальнейшая история кометы Галлея. Подвиг Э. Галлея и А. Клеро	62
Первая программа научных исследований кометы Галлея в 1835 г.	72
Между двумя появлениями кометы Галлея. Ф. А. Бредихин — выдающийся астроном, создатель теории кометных форм	85
1910 год. Земля проходит через хвост кометы Галлея	93
Взгляд в прошлое. Астрономы вычисляют	116
Природа и происхождение комет	124
Загадочные структуры и явления в комете Галлея и других ко- метях	142

ГЛАВА II

НАБЛЮДЕНИЕ КОМЕТЫ ГАЛЛЕЯ

Комета Галлея на земном небосклоне в 1983—1986 гг.	153
Земля ждет, Земля готовится к встрече	162
До встречи на космической орбите, комета Галлея!	172
Визуальные и фотографические наблюдения кометы Галлея	184
Новые страницы истории кометы Галлея	208

ПРИЛОЖЕНИЯ

I. Комета Галлея и другие периодические кометы, возвраще- ние которых к Солнцу наблюдалось	216
II. Эфемериды кометы Галлея во всех известных науке появ- лениях	220
III. Эфемерида кометы Галлея на 1985—1986 гг.	241
IV. Бланк наблюдателя кометы Галлея	250
V. Видимый путь кометы Галлея (эфемериды) в 1985—1986 гг. на подробных картах звездного неба	250
Астрономы готовятся к встрече кометы (дополнение в коррек- туре)	263
Словарь	266
Список литературы	270

ПРЕДИСЛОВИЕ

Кометы — самые эффектные и самые загадочные тела Солнечной системы. Такими они были на протяжении всей истории человечества, такими остаются и до настоящего времени. В течение последних 300 лет астрономы узнали многое о кометах, о физическом строении и химическом составе их атмосфер, об эволюции их орбит и научились с большой точностью предсказывать возвращение периодических комет. Однако целый ряд вопросов кометной астрономии — физическое строение и химический состав ядер, процессы, происходящие в голове и хвосте кометы во время ее стремительного полета вблизи Солнца, — до сих пор остаются без ответа; данные, которыми располагает наука о происхождении комет, также пока не позволяют выходить за рамки гипотез. И такое положение сохранится долго, если ученые не получат сведений непосредственно из космоса.

Ученые полагают, что кометы позволят изучить первичное вещество Солнечной системы в сравнительно неизменном состоянии, поскольку они, в противоположность планетам, не подвергались глубоким структурным изменениям в результате воздействия силы тяжести, тепла и вулканической деятельности. Предполагается, что ядра комет состоят из реликтового вещества и образовались путем аккреции (слипания) еще до того времени, когда сформировались планеты, т. е. около 4,6 миллиарда лет тому назад. Следовательно, кометы хранят «золотой ключик» от дверцы, за которой находится тайна происхождения более крупных тел Солнечной системы.

В 1986 г. мы станем свидетелями первого «тесного знакомства» космических аппаратов (КА) с одной из комет Солнечной системы. Объектом номер «один» для

космических исследований целым рядом стран избрана комета Галлея — самый активный старожил среди большого семейства короткопериодических комет.

Комета Галлея — первая в истории астрономии, для которой был достаточно точно определен период обращения вокруг Солнца (он меняется в пределах от 74 до 79 лет). Это исключительно важное открытие было сделано выдающимся и разносторонним английским ученым Э. Галлеем, имя которого благодарное потомство сохранило за удивительной кометой. С кометой Галлея связано окончательное торжество закона всемирного тяготения; она — единственная из периодических комет, движение которой было прослежено по историческим документам в прошлом, и ее история благодаря этому насчитывает 22 века.

Сейчас комета Галлея вновь «видна». Правда, с помощью самых крупных телескопов мира, оснащенных чувствительной электрографической аппаратурой. И вновь мы торжествуем по поводу ее очередного возвращения, как радовались ей ученые в 1759, 1835 и 1910 гг., — она вернулась точно по небесно-механическому расписанию, чтобы в очередной раз послужить науке, как в предыдущих трех предсказанных ее возвращениях. И уже меньше двух лет отделяет нас от той насыщенной космическими событиями мартовской недели 1986 г. (с 6 по 13 марта), когда мимо ядра кометы пролетят последовательно четыре космических аппарата — две советские «Веги», европейский «Джотто» и японская «Планета-А», — и впервые в истории науки выполнят исследования загадочных кометных явлений, находясь в непосредственной близости от «сердца» кометы Галлея — ее ледяного ядра. И в это же время телескопы крупнейших обсерваторий мира и многочисленной армии любителей астрономии, объединенные Международной программой наблюдений кометы Галлея (INW), будут следить за космической гостьей с Земли.

В этой книге рассказывается об удивительной истории кометы Галлея, о результатах исследования ее движения, о ее природе, о планируемых космических полетах к ней, а также даются некоторые рекомендации, как провести ее наблюдения с помощью любительских средств.

Авторы глубоко признательны рецензенту доктору физико-математических наук Е. И. Казимирчак-Полон-

ской, чьи очень полезные замечания и пожелания были учтены и содействовали улучшению книги.

Авторы горячо благодарят профессора С. К. Всехсвятского за добрые и полезные советы, учтенные нами при работе над рукописью книги. Мы глубоко благодарны члену-корреспонденту АН УССР Я. С. Яцкиву, доктору М. Уоллису, доктору К. Йокерсу, доктору Б. Марсдену, доктору Д. Йомансу и доктору М. А'Хирну за предоставление нам оригинальных материалов по динамике и физике комет, которые в значительной мере способствовали успешной работе над книгой. Авторы считают своим приятным долгом выразить сердечную благодарность профессору М. Е. Сергеенко за перевод трактата Сенеки «Кометы» и работы Литрова о комете Галлея, заведующей библиотекой Института теоретической астрономии АН СССР М. В. Лаптевой за постоянную помощь в подборе литературы по комете Галлея и переводах, сотрудникам кинофотолаборатории Ленинградского университета им. А. А. Жданова, и особенно Е. В. Аземше, Л. Г. Коляде и А. В. Пантелееву, которые в значительной мере помогли в изготовлении иллюстраций. Мы также благодарим Т. К. Чурюмову за графическое исполнение некоторых рисунков для книги.

Авторы глубоко признательны всем, кто добрым и полезным советом и непосредственным участием помог нам сделать книгу лучше, живее и интереснее.

Мы заранее благодарим всех читателей, которые пришлют свои отзывы и замечания.

Н. А. Беляев, К. И. Чурюмов

ИСТОРИЯ ОТКРЫТИЯ И РЕЗУЛЬТАТЫ ИССЛЕДОВАНИЯ КОМЕТЫ ГАЛЛЕЯ

КОМЕТА ГАЛЛЕЯ В СЕМЬЕ КОМЕТ

Когда средь сонма звезд, размеренно
и стройно,
Как звуков перелив, одна вослед другой,
Определенный путь свершающих спокойно,
Комета полетит неправильной чертой,
Недосозданная, вся полная раздора,
Невзнузданных стихий неистового спора,
Горя еще сама и на пути своем
Грозя иным звездам сожженьем и огнем.

А. А. Григорьев (1843 г.)

Многочисленная семья комет Солнечной системы относится к группе малых тел, к которой также принадлежат малые планеты (астероиды) и огромное количество метеорных тел. Но в отличие от других малых тел кометы обладают удивительной способностью при приближении к Солнцу развивать из сравнительно небольших по размерам ядер (1 — 5 км) громадные газово-пылевые оболочки (атмосферы), превосходящие по своей протяженности все известные объекты Солнечной системы, включая Солнце. По выражению И. Кеплера «...комет в Солнечной системе так же много, как рыб в океане...».

В настоящее время в последнем издании кометного каталога Б. Марседена зарегистрировано 710 комет, в том числе 120 периодических, т. е. регулярно возвращающихся к Солнцу. Их периоды обращений составляют от 3,3 года до 200 лет. Среди них, самая знаменитая, о которой, вероятно, слышали все,— комета Галлея. В чем же причина ее широкой известности и необычайной популярности? И почему именно сейчас о ней снова заговорили во всем мире?

Чтобы ответить на эти вопросы, прежде всего необходимо заглянуть в «паспорт», который «выдается» каждой комете, как только она появляется: комете Галлея он был выдан около трехсот лет назад. Но

сначала — небольшое отступление для самого общего знакомства с кометами.

В зависимости от типа орбиты кометы делятся прежде всего на периодические и непериодические (почти параболические и долгопериодические). Условно к первой группе относятся кометы с периодом обращения $P < 200$ лет, ко второй — все остальные. Большинство периодических комет имеют короткие периоды обращения ($P \leq 12$ лет) и составляют так называемое семейство Юпитера из-за близости афелиев их орбит к орбите этой планеты.

«Паспорт» каждой кометы содержит имя — как правило, это имя ее первооткрывателя (имя кометы может быть двойным, редко тройным). Кроме имени комета получает обозначение, состоящее из года, в котором она прошла самую близкую к Солнцу точку своей орбиты — перигелий (P), и порядкового номера (римская цифра), который означает очередность (по времени) прохождения кометой перигелия в данном году. Таким образом, у непериодических комет — имя и один номер, у периодических — имя и столько номеров, сколько раз удалось зарегистрировать их возвращение к Солнцу. Момент прохождения перигелия (T) определяется очень точно и составляет один из шести основных параметров (элементов орбиты), наборы которых отличают одну комету от другой и одно появление периодической кометы от другого. Элемент T определяет момент прохождения кометы через перигелий. Группа из двух параметров: « e » — эксцентриситет и « a » — большая полуось — характеризуют форму (вытянутость) и размеры кометной орбиты ($e = 1$ для параболы, $e = 0$ для окружности, $e > 1$ для гиперболы). Удвоенное значение большой полуоси — это расстояние от самой близкой точки (перигелий) до самой далекой точки (афелий) эллиптической орбиты. Линия, соединяющая эти две точки, называется линией апсид. Большая полуось a измеряется в астрономических единицах (1 а. е. = 149,6 миллионов километров). Три остальных параметра — аргумент перигелия (ω), долгота восходящего узла (Ω), угол наклона плоскости орбиты кометы к плоскости эклиптики (i) определяют ориентацию линии апсид и положение орбиты в пространстве; они обычно даются в градусах дуги. Шесть величин (T , ω , Ω , i , e , a) наряду с именем и обозначением — это и есть «паспорт» кометы. Чаще вместо величины a дается величина

на q перигелийного расстояния — расстояния от Солнца до перигелия (по аналогии афелийное расстояние — от Солнца до афелия — обозначается Q), а для периодических комет еще и величина периода обращения кометы P — в годах. Для параболических орбит — и в этом их преимущество — при вычислении орбит число параметров орбиты на один меньше, так как $e = 1$.

При $i < 90^\circ$ движение кометы называется прямым, а при $i \geq 90^\circ$ — обратным. При прямом движении комета, переходя из южного полушария в северное, проходит через восходящий узел орбиты 1, а обратно — через нисходящий 2 (рис. 1); при обратном движении — наоборот. Поскольку реальное движение кометы

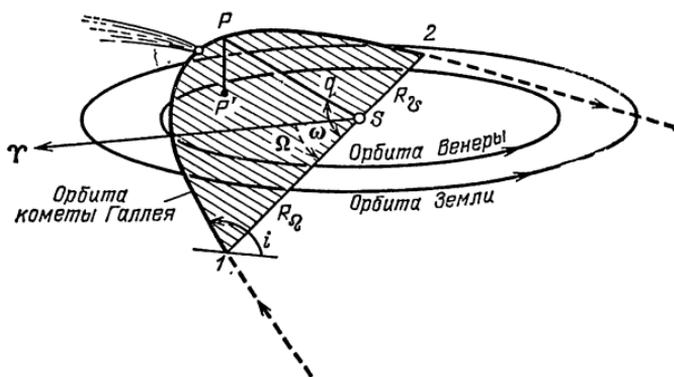


Рис. 1. Часть орбиты кометы Галлея над эклиптической.

под действием центральной силы — притяжения Солнца и возмущающих ее движение сил — притяжения планет происходит по очень сложной кривой (на идеальную кривую — эллипс, параболу, гиперболу — накладываются возмущения в виде нерегулярных колебаний), то в астрономии принято вместе с элементами орбиты приводить и момент времени (t), для которого они вычислены. Такая орбита называется оскулирующей, а t — эпохой оскуляции. Для комет эпоху оскуляции элементов, как правило, выбирают вблизи момента прохождения через перигелий. Наряду с мгновенными, оскулирующими элементами орбиты можно говорить о средних элементах. Для этого необходимо знать элементы орбиты на целый ряд прохождений кометы через перигелий. Для периодических комет астрономы в наше время могут с большой точностью предсказывать возвращение

комет к перигелию (ошибка в T бывает 0,01 — 0,3 дня). Однако такое точное предсказание возможно только при соблюдении двух условий. Первое — исходная система элементов не должна содержать ошибок, и второе — моделирование движения на ЭВМ должно учитывать все силы, действующие реально на комету, для чего необходимо знать природу этих сил и иметь в распоряжении точные методы их учета. Только в этом случае мы можем рассчитывать на хорошее предсказание (точнее — предвычисление) местоположения кометы в эпоху оскуляции или момента прохождения через перигелий (T).

После приведенных разъяснений вернемся к поставленным выше вопросам. Ответ на второй вопрос — о растущем интересе к комете — прост: комета Галлея вновь возвращается к Солнцу (к перигелию), а это — крупное событие в астрономии. Момент T достаточно точно был предвычислен астрономами: $T = 1986$ февраль $9,66 \pm 0,25$ дня. В 1759 г., 1835 г. и 1910 г. возвращения кометы были триумфальными для астрономии. На этот раз встреча, которая готовится комете, должна быть небывалой — помимо телескопов десятков крупных обсерваторий и тысяч телескопов любителей астрономии, комету должны встречать четыре космических аппарата, запущенных в разное время и разными странами с целью реализации трех научных программ ее исследования с близкого расстояния. Если учесть, что до настоящего времени ни к одной комете еще не посылались космические зонды, то такую встречу без преувеличения можно назвать исключительной. Поэтому становится понятным и тот интерес, который проявляется и в научных кругах, и среди широких масс любителей астрономии к возвращению кометы. Готовятся все и готовятся уже давно и серьезно.

В чем же кроется секрет такой популярности кометы Галлея и почему она представляет такой интерес для науки? Если ответить кратко, то — в сочетании параметров орбиты с удивительной «молодостью», черты которой комета проявляла во всех известных науке появлениях, на протяжении по крайней мере более двух тысячелетий. Кроме того, орбита кометы почти касательна к орбите Земли.

Среди короткопериодических комет можно найти кометы достаточно близкие по одному или двум параметрам к комете Галлея — по периоду обращения и по

эксцентриситету; есть одна комета с обратным движением (из тех, которые возвращались более одного раза к перигелию). И тем не менее об этих кометах никто (кроме специалистов) не слышал и тем более ни для одной из них не обнаружено ни одного появления в исторических хрониках; комета Галлея в этом отношении явление исключительное! И все-таки орбита кометы в некоторой мере выделяет ее из всего семейства периодических комет. Обратим внимание на период обращения: $P \approx 76$ лет. На память приходят слова древнего восточного изречения: «Дней лет наших семьдесят лет, а при большей крепости — восемьдесят лет».

Следовательно, почти каждый человек имеет возможность увидеть эту комету хотя бы один раз в своей жизни. Однако были «счастливчики», которые дважды собственными глазами наблюдали появление кометы Галлея. Среди них — астроном Иоганн Галле (1812—1910), прославившийся открытием Нептуна по предсказанному Урбаном Леверье (1811—1877) положению. Галле наблюдал комету Галлея в 1835 г. в возрасте 23 лет, а вторично — в 1910 г. в возрасте 98 лет. До такой же глубокой старости дожила и Каролина Гершель (1750—1848) из знаменитой семьи астрономов Гершелей. Годы ее жизни также приходятся на два появления кометы Галлея в 1759 и 1835 гг. Каролина Гершель — открывательница шести новых комет, названных ее именем и вошедших в историю астрономии, и вполне возможно, что она также дважды видела комету Галлея, хотя определенных свидетельств этого пока нет. Дважды видел комету Галлея и великий русский писатель Л. Н. Толстой (1828—1910). Первый раз в семилетнем возрасте, тогда же, когда ее наблюдал Галле, и во второй раз, как и Галле, — в год своей смерти в 1910 г. Об этом факте рассказал одному из авторов внук Л. Н. Толстого, сын его старшего сына Сергея Львовича — Сергей Сергеевич Толстой, профессор филологии. Именно сильное впечатление детства от увиденной им в 1835 г. кометы Галлея (а тогда поговаривали о конце света) нашло свое яркое отражение при описании гигантской кометы 1811 года в романе «Война и мир». Интересный факт связан с известным американским писателем Марком Твенном, родившимся 30 ноября 1835 г., через две недели после прохождения кометы Галлея через перигелий (16 ноября 1835 г.). Рассказывают, что знаменитый писатель,

узнав об этом факте, в шутку заявил: «Я появился на свет вместе с кометой, вместе с ней и уйду». Комета Галлея, завершив свой очередной оборот вокруг Солнца, вновь прошла перигелий 20 апреля 1910 г., а на следующий день скончался Марк Твен. Годы жизни известного итальянского астронома Скиапарелли (1835—1910) также совпадают с годами двух последних появлений кометы Галлея.

Если прибегнуть к сравнению Д. Йоманса кометы Галлея с часами, оборот «часовой стрелки» которых составляет в среднем 76 лет, то такие часы можно назвать в прямом смысле историческими. Когда была установлена периодичность кометы, то астрономы сразу же попытались передвинуть стрелки этих исторических часов не только вперед, но и назад. Это оказалось далеко не просто и попытки продолжаются вот уже около 300 лет. При взгляде в прошлое обнаружилось, что комета имеет богатую историческими событиями историю, оказавшись, например, «виновницей» поражения турок после взятия ими Константинополя (появление 1456 г.), «предводительницей» норманнов, завоевавших Англию (появление 1066 г.), «предвестницей» смерти французского короля Людовика Кроткого (появление 837 г.) и т. д. А в книге польского писателя Л. Зайдлера «Атлантида» (изд-во «Мир», 1966 г.) приводятся весьма приближенные расчеты, в соответствии с которыми 12 тысяч лет назад комета Галлея (точнее, отколовшаяся часть ее ядра) даже могла вызвать гибель легендарной Атлантиды!

Астрономы так далеко не заходят в своих вычислениях. На сегодняшний день можно считать, что с достаточно высокой точностью (с ошибкой в моменте прохождения через перигелий, равной 1—3 дня) движение кометы Галлея прослежено назад до 240 г. до н. э. С этой исторической эпохи стрелка исторических часов сделала 29 полных оборотов и во второй половине дня (по Гринвичу) 9 февраля 1986 г., пробив «полночь», она начнет новый, 31-й оборот, который завершится в конце июля 2061 г.

Вторая особенность орбиты кометы Галлея состоит в большой эксцентриситете (вытянутости) ее орбиты. Среди периодических комет она обладает одним из самых больших эксцентриситетов ($e = 0,97$). Что это означает? Прежде всего — у кометы очень небольшое для периодических комет перигелийное расстояние ($q =$

$= 0,58$ а. е.) и велико расстояние до афелия ($Q = 35,32$ а. е.). Незначительность перигелийного расстояния позволяет комете при благоприятных обстоятельствах (вблизи нисходящего узла кометной орбиты) подходить очень близко к Земле. Возвращения кометы к перигелию, которым сопутствовали такие тесные сближения с Землей ($\Delta \leq 0,15$ а. е.), оставляли, как правило, память в исторических документах разных народов.

В соответствии со вторым законом Кеплера, скорость кометы в перигелии составляет $54,5$ км/с, а в афелии — всего $0,9$ км/с. Таким образом, она стремится как можно скорее избавиться от слишком теплого и губительного для нее гостеприимства своего повелителя — Солнца (ведь ядро кометы состоит из льдов!). Очередной раз смутив покой землян, комета уходит далеко от Солнца, растеряв пышную оболочку и хвост, в царство космического мрака и холода. Там, вдали от нас, она и проводит большую часть своей жизни, готовясь, подобно Золушке, к очередному балу — появлению на земном небоклоне.

Еще одна особенность кометы Галлея — ее движение происходит в обратном направлении, что у периодических комет ($c P < 76$ лет) встречается еще только два раза: у кометы Темпеля — Туттля ($P = 33$ года), наблюдавшейся в четырех появлениях, начиная с 1366 г., и у кометы Понса — Гамбара ($P = 57,5$ года), наблюдавшейся всего один раз в 1827 г. Наклон плоскости орбиты кометы Галлея к плоскости эклиптики составляет $\sim 162^\circ$. Это обстоятельство представляет большую трудность для встречи кометы с космическим аппаратом, особенно если принять во внимание большую скорость кометы вблизи Солнца.

На рис. 2 показана плоскость эклиптики, т. е. плоскость, в которой движется Земля и вблизи которой могут происходить наиболее тесные сближения кометы с планетами. К этой плоскости под углом 162° расположена плоскость орбиты кометы. Комета Галлея пересекает плоскость эклиптики в восходящем узле на расстоянии $R_\Omega = 1,81$ а. е. от Солнца, а в нисходящем — на расстоянии $R_\gamma = 0,85$ а. е. (рис. 1). Благодаря большому углу наклона, перигелий орбиты находится на расстоянии $0,17$ а. е. над плоскостью эклиптики, а афелий — на $9,99$ а. е. под плоскостью эклиптики.

Принимая во внимание гелиоцентрические расстояния до узлов, это обстоятельство исключает возможность достаточно тесных сближений кометы Галлея с планетами-гигантами (рис. 3), хотя в проекции на плоскость эклиптики (рис. 2) мы видим, что афелий расположен между орбитами Нептуна и Плутона, и орбита кометы

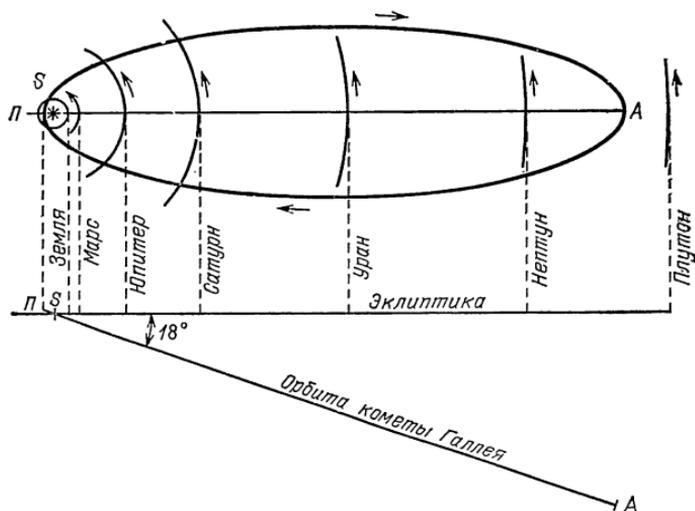


Рис. 2. Проекция орбит кометы Галлея и больших планет на плоскость эклиптики.

пересекает орбиты всех планет, кроме первой и последней. Но это только в проекции.

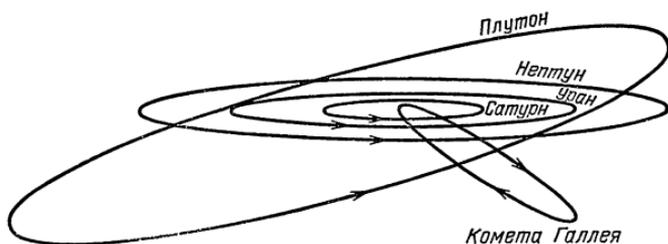


Рис. 3. Орбиты некоторых планет и кометы Галлея в пространстве.

Взятые все вместе указанные особенности орбиты кометы Галлея выделяют ее из всех периодических комет. А сравнительно кратковременное пребывание в окрестности Солнца при возвращении к перигелию — раз в 76 лет! — позволяют ей сохранять в значительной сте-

пени нерастраченным тот, по-видимому, громадный запас «горючего материала», который комета получила при своем «рождении» и который так щедро тратит при встречах с Солнцем. Это обстоятельство в значительной мере и привлекает к ней внимание исследователей, планирующих встречу с кометой в космосе.

В таблице 1 приведены элементы кометы в пяти последних появлениях и для 1986 г.

Т а б л и ц а 1. Элементы орбиты кометы Галлея

<i>T</i>	ω (°)	Ω (°)	<i>i</i> (°)	<i>e</i>	<i>q</i> (а е.)	<i>P</i> (годы)
1682 сент. 15	109,2	54,8	162,3	0,9679	0,5826	77,41
1759 март 13	110,7	56,5	162,4	0,9677	0,5844	76,89
1835 нояб. 16	110,7	56,8	162,3	0,9674	0,5865	76,27
1910 апр. 20	111,7	57,8	162,2	0,9673	0,5872	76,08
1986 февр. 9	111,8	58,2	162,2	0,9673	0,5871	75,96

Средний период обращения кометы вокруг Солнца, как уже говорилось, составляет $P = 76$ лет. Однако он может колебаться из-за планетных возмущений в пределах нескольких лет: от 74,4 г. (оборот 1835—1910) до 79,2 г. (оборот 451 — 530).

Источником грандиозных голов и хвостов кометы Галлея, наблюдавшихся различными поколениями жителей Земли в ее многочисленных появлениях, является почти трехкилометровое ледяное ядро, загрязненная снежная глыба или ком, состоящий в основном из водяного льда с примесью льдов других жидкостей и газов и твердой компоненты из пыли и более крупных минеральных фрагментов. Первые спектральные наблюдения кометы Галлея в 1910 г. показали, что в состав ее головы и хвоста входили типичные кометные частицы (молекулы, атомы и ионы): циан CN, углерод C_2 , ($^{12}C^{12}C$ и его изотоп $^{12}C^{13}C$), гидроксил OH, натрий Na, ионы угарного газа CO^+ и др. Следовательно, и по химическому составу ледяное ядро кометы Галлея, по-видимому, мало чем отличается от ледяных ядер других комет. Радиусы ядер комет, по всей вероятности, лежат в пределах от сотен метров до нескольких километров, массы ядер 10^{13} — 10^{19} г и периоды их вращения в среднем порядка 15 часов. Радиус ядра, мас-

са и период вращения ядра кометы Галлея приведены в сравнении с подобными параметрами других комет в таблицах 2 и 3.

Таблица 2. Радиусы R и массы M ядер кометы Галлея и других комет

Комета	R (км)	M (10^{16} г)
Галлея (1910 II)	1,4	1,15
Таго — Сато — Косака (1969 IX)	2,3	5,1
Беннета (1970 II)	3,2	14,0
Когоутека (1973 XII)	2,2	4,5
Мейера (1978 XXI)	3,4	16,0

Таблица 3. Периоды вращения τ ядер кометы Галлея и других комет.

Комета	τ (часы)	Комета	τ (часы)
Галлея (1910 II)	10,3	Энке	6,5
Даниеля (1907 IV)	16	Морхауза (1908 III)	15,5
Донати (1858 VI)	4,6	Швассмана — Вахмана-1	119

Во всех наблюдавшихся появлениях кометы Галлея из ее ледяного ядра всегда развивались голова и хвосты. Сравнительные размеры голов комет Галлея, Энке, Брорзена, Большой кометы 1811 года, а также размеры орбиты Луны приведены на рис. 4. Так же как и у многих ярких параболических комет, у кометы Галлея в ее многочисленных появлениях активно развивались хвосты различных типов (трех типов по Ф. А. Бредихину) с присущими им удивительными тонкими структурами: лучевыми системами, спиральями, сгущениями, проносящимися с большой скоростью в хвосте (отрывы хвостов), синдинамиами, синхронами, стрие. На рис. 5 приведены фотографии комет Галлея (1910 II), Мркоса (1957 V), Беннета (1970 II) и Веста (1976 VI) в период активного развития их форм (голов и хвостов). В такие периоды голова кометы Галлея принимала форму цепной линии и в ней наблюдались галосы, оболочки и другие структурные образования. Подобно другим ярким кометам, период активной фазы в комете Галлея характеризовался такими загадочными до сих

пор явлениями, как отрывы хвостов, деление ядра и другими, о которых мы расскажем в одном из последующих параграфов.

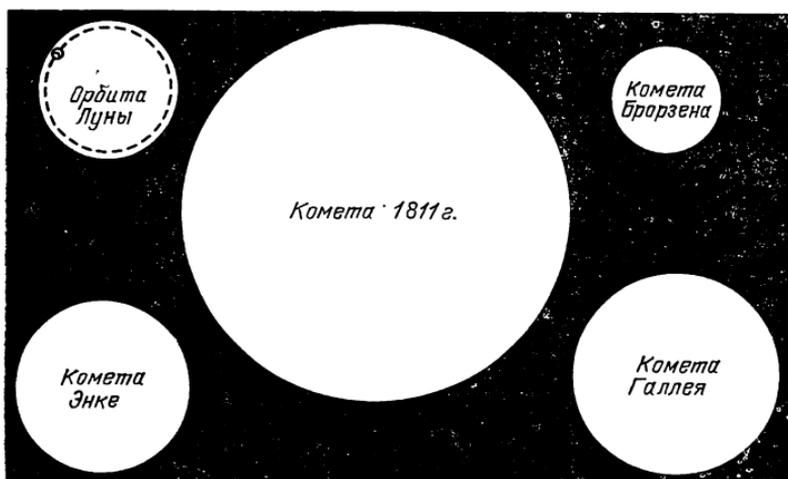


Рис. 4. Сравнительные размеры Земли, орбиты Луны и голов некоторых комет.

Отметим, что наибольший за свою историю блеск комета Галлея имела (по американским данным)



Рис. 5. Хвост кометы Галлея в сравнении с хвостами комет Мркоса, Беннета и Веста.

11 апреля 837 г.: $m_{\max} = -3^m,5$, когда она подошла к Земле на рекордно близкое расстояние $\Delta = 0,04$ а. е. (6 млн. км). В это время ее хвост простирался на 97° .

С кометой Галлея связано два метеорных потока: η -Акварид (или γ -Акварид) и Орионид. Первый поток Акварид наблюдается ежегодно с 21 апреля по 12 мая, достигая максимума активности 5 мая, когда Земля находится в непосредственной близости от орбиты кометы Галлея, на расстоянии всего в 0,064 а. е. от нее. Однако указанный поток труднодоступен для наблюдений в северном полушарии, так как его радиант восходит перед утром и кульминирует в светлое время. Зато в южном полушарии он является вторым по активности после Персеид. Перед самым рассветом, когда восходит созвездие Водолея, в начале мая можно увидеть, как по темному небу быстро скользят красивые яркие метеоры, порожденные кометой Галлея. В среднем один такой метеор наблюдается каждые 2 — 3 минуты.

Второй поток — Ориониды — тоже ежегодный, наблюдается со 2 октября по 7 ноября, достигая максимума 21 октября, когда Земля приближается к орбите кометы Галлея до расстояния 0,16 а. е., попадая в разреженные части метеорного роя, сопутствующего комете Галлея. Пространственная плотность Орионид в 7 раз меньше Акварид, но этот поток даже кажется более обильным, чем майские Аквариды, из-за того, что радиант Орионид поднимается высоко над горизонтом. В это время красивое зрелище пролета белого яркого метеора по ночному небу можно наблюдать примерно через каждые 2 минуты.

Оба потока считаются одними из самых древних и длительных. Есть данные, свидетельствующие о том, что первые наблюдения η -Акварид *) зафиксированы китайцами в I в. н. э.

В заключение этого параграфа приведем некоторые сведения из «личного дела» кометы Галлея. В таблице 4 содержатся данные о числе и продолжительности наблюдений кометы Галлея во время четырех последних появлений, о количестве обсерваторий, которые

*) Имена потоки получают обычно по латинскому названию созвездия, в котором находится радиант потока, т. е. кажущаяся точка, из которой «вылетают» частицы (для названных потоков это созвездия Водолея (Aquarius) и Ориона (Orion). Более подробно об этих потоках можно прочитать в статье А. Н. Симоненко (Природа, 1983, № 2) и в брошюре «Комета Галлея» Б. Ю. Левина и А. Н. Симоненко (издательство «Знание», 1984, серия «Астрономия и космонавтика», № 1).

Т а б л и ц а 4. Наблюдение кометы Галлея при последних появлениях

Обозначение	Количество наблюдений, <i>N</i>	Продолжительность наблюдений	Блеск при открытии, <i>m</i>	Наибольший блеск, <i>m</i> _{max}	Длина хвоста, <i>S</i>	Количество наблюд. обсерваторий
1682	13	24 дня	6 ^m	2 ^m	30°	1
1759 I	243	5 мес.	8	0	25	8
1835 III	1517	10 мес.	8—9	2	20	27
1910 II	3085	20 мес.	16	2	27	60
1986 ?	?	?	24,2	?	?	?

вели за ней наблюдения, блеска кометы при открытии в каждом из этих появлений, максимального блеска в появлении и длине хвоста. В первой колонке — обозначения, которые получала комета при каждом появлении.

В Приложении I приведена таблица периодических комет, наблюдавшихся более чем при одном появлении (по четвертому изданию каталога кометных орбит Б. Марсдена 1982 г.). Если в первом каталоге кометных орбит Э. Галлея единственной такой кометой была комета Галлея, то в каталоге Б. Марсдена их насчитывается уже 78, но среди них самое почетное место занимает комета, являющаяся главным объектом нашего повествования.

ИСТОРИЯ КОМЕТЫ ГАЛЛЕЯ. ХРОНИКИ И ЛЕТОПИСИ РАССКАЗЫВАЮТ

Всегда и у всех народов было замечено, что появление комет сопровождается большими бедствиями... и не следует философам считать эти вещи баснями.

Грегори (1702 г.)

История кометы Галлея, теряющаяся в глубине веков, уже триста лет интересует астрономов. За это время были изучены европейские, китайские, японские, вьетнамские хроники и русские летописи, накоплен богатый исторический материал о появлениях комет, из которого удалось путем тщательного и скрупулезного анализа выделить то, что относится к комете Галлея.

Кометная астрономия не знает ни одной периодической кометы, для которой удалось бы в хрониках най-

ти до ее открытия хотя бы одно упоминание, одно наблюдение. Только комета Галлея удостоилась этой чести, и ее история, ее движение с большой точностью теперь прослежены в прошлое не на один, не на два — а на 29 оборотов — более чем на 2 тысячи лет! Это значит, что в течение более двадцати веков комета Галлея могла быть свидетельницей того, что происходило на Земле примерно каждые 75—76 лет.

Ниже мы сделаем попытку проследить за нею от появления к появлению, широко используя работы наших предшественников, которые много потрудились, готовясь, как и мы сейчас, к встрече кометы Галлея в 1910 г. Все эти работы отечественных и зарубежных ученых сейчас малодоступны, некоторых нет даже в библиотеках крупных астрономических институтов. Однако исторические свидетельства о появлениях кометы Галлея представляют несомненный интерес. Мы приводим их в сокращенном виде, но с учетом новых данных (даты перигелиев, интервалы наблюдений, сближения с Землей), имеющихся в настоящее время. Моменты прохождения через перигелий (T) даются по четвертому изданию каталога Марсдена, в который они попали из работы Йоманса и Кианга — это самые точные сведения о движении кометы Галлея в прошлом на сегодняшний день: ученые не делали нового шага вперед, не убедившись в правильности предыдущего. Из каталога Марсдена мы приводим и интервал наблюдений — т. е. первое и последнее наблюдения кометы в данном появлении. Сведения о сближениях с Землей и эфемериды кометы вычислены в Институте теоретической астрономии АН СССР. Эфемериды *) приведены в приложении.

Данные о появлениях, приводимые в двух строках, означают следующее: первая строка — год появления кометы, момент прохождения через перигелий (T) и интервал времени, в пределах которого наблюдалась комета в данном появлении; вторая строка — Δ_{\min} — минимальное расстояние кометы от Земли в данном появлении (в а. е.) и дата, на которую пришлось сближение кометы с Землей (с точностью до дня).

*) Эфемеридой в астрономии называются вычисленные положения небесного тела (например, кометы, планеты и др.) для ряда равноотстоящих моментов времени. Имея эфемериду, наблюдатель знает, где искать комету и как она движется по небесной сфере.

Там, где это возможно, приводятся собранные авторами рисунки кометы Галлея.

—239 г. (240 г. до н. э.) $T =$ май 25,11; май—июнь;
 $\Delta_{\min} = 0,47$ а. е., июнь 1*).

Имеются указания на китайские наблюдения кометы 240 г. до н. э., которая появилась в мае на востоке, а потом стала видна на севере.

—163 г. (164 г. до н. э.) $T =$ ноябрь 12,57;
 $\Delta_{\min} = 0,13$ а. е., сент. 27.

Для этой даты нет подходящих наблюдений, хотя двумя годами позже римские историки отмечают комету, замеченную в сентябре (165 г. до н. э.).

—86 г. (87 г. до н. э.) $T =$ авг. 6,46; авг. — сент.;
 $\Delta_{\min} = 0,44$ а. е., июль 26.

Имеется упоминание о том, что в Китае в августе наблюдали комету в восточной стороне неба. Возможно, к ней относятся слова Плиния Старшего (24—79 г.): «Комета является ужасной звездой, вестницей немалого кровопролития, пример чему мы видели во время последних гражданских смут, в консульство Октавия» **)

—11 г. (12 г. до н. э.) $T =$ окт. 10,84; авг. 26 — окт. 20;
 $\Delta_{\min} = 0,15$ а. е., сент. 10.

Открыта в Китае, в восточной части созвездия Ближнецов. Затем перемещалась к Льву и Деве со скоростью 6° в день, прошла через созвездия Змеи и Змееносца и исчезла в Скорпионе.

*) Все календарные даты отсчитываются от полуночи. До 1582 г. даты приводятся по юлианскому календарю, после 1582 г. — по григорианскому. Для императоров, королей и других царственных особ в скобках указаны, как правило, годы правления, для остальных исторических деятелей и ученых — годы жизни.

В астрономии годы до новой эры принято обозначать отрицательными числами. Для кометы Галлея, например, это появления —239 г., —163 г., —86 г. В гражданской хронологии этим отрицательным годам соответствуют 240 г. до н. э., 164 г. до н. э., 87 г. до н. э. Разница в один год при этом возникает потому, что в астрономии счет лет непрерывный (2 г., 1 г., 0 г., —1 г., —2 г. и т. д.); а в гражданском календаре после 1 г. н. э. сразу идет 1 г. до н. э., которому в астрономии соответствует нулевой год.

***) Вероятно, отец будущего императора Августа, Гай Октавий, умер в 59 г. до н. э.

Греческий историк Дион Кассий (3 в. н. э.) и др. отмечают, что в консульство М. Мессалы Барбата и П. Сульпиция Квинрия (12 г. до н. э.) незадолго до смерти Агриппы *) (63 — 12 г. до н. э.), в течение многих дней видели комету, висевшую над Римом, которая затем разделилась на несколько огней.

66 г. $T =$ янв. 25,96; янв. 31 — апр. 11;

$\Delta_{\min} = 0,23$ а. е., март 18.

Открыта в Китае, в созвездии Козерога в виде «странной» звезды, прошла через созвездие Стрельца и исчезла в Скорпионе. В Европе в этом году тоже наблюдали комету, которая стояла над Римом после смерти Сенеки (ок. 4 г. до н. э. — 65 г. н. э.) при императоре Нероне (54—68 г. н. э.). Вместе с кометой 70 г. эта комета, имевшая вид меча (рис. 6), считается провозвестницей разрушения Иерусалима в 70 г. будущим императором Титом (71—81 г. н. э.). Иосиф Флавий (32—100 г. н. э.) пишет: «Среди других предостережений, комета с хвостом, который представлялся как лезвие меча, была видна над городом в течение целого

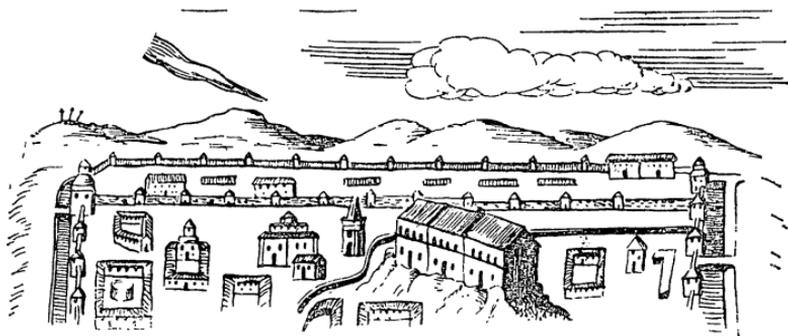


Рис. 6. Комета Галлея над Иерусалимом в 66 г.

года» и упрекает своих сограждан за то, что они слушают ложных пророков и не обращают внимания на небесные знамения.

141 г. $T =$ март 22; март 26 = май;

$\Delta_{\min} = 0,18$ а. е., апр. 22.

*) Марк Веспасиан Агриппа — близкий друг и полководец императора Августа (23 г. до н. э. — 14 г. н. э.). Оставил память в Риме сооружением Пантеона, двух водопроводов и первых терм (общественных бань).

Открыта в Китае; сначала была видна в восточной стороне неба и направлялась к Пегасу. Имела бледно-голубой цвет. В конце апреля была очень ярка. Пройдя середину созвездия Льва, скрылась.

218 г. $T =$ май 17,72; апр. — май;

$\Delta_{\min} = 0,43$ а. е., май 29.

И в европейских, и в китайских хрониках имеются записи о появлении в этом году кометы. По китайским сообщениям, ее впервые наблюдали на востоке. Китайцы называют ее очень яркой и прямой.

Дион Кассий пишет: «Незадолго до смерти императора Макрина *) (217—218) ужасная звезда далеко простирала свои лучи (хвост) с запада на восток и много ночей подряд являлась нашему взору, вселяя всевозможные опасения».

295 г. $T =$ апр. 20,40; май — май;

$\Delta_{\min} = 0,32$ а. е., май 11.

Наблюдали только в Китае, но и китайские сообщения чрезвычайно скупы. Открыта после прохождения перигелия.

374 г. $T =$ февр. 16,34; март 3 — май?;

$\Delta_{\min} = 0,10$ а. е., апр. 3.

Раньше кометой Галлея считалась та, которую наблюдали в Китае в октябре 373 г. Но вычисления Кианга и новые наблюдения, которые оказались в его распоряжении, заставляют отказаться от старого значения $T = 373$ ноябрь 27 и признать кометой Галлея комету 374 г.

451 г. $T =$ июнь 28,25; май — авг. 16;

$\Delta_{\min} = 0,50$ а. е., июль 2.

Это появление кометы можно считать бесспорно доказанным, так как о нем говорится в ряде европейских хроник.

С 10 июня ее видели по утрам на востоке, а с 29 июля — вечером на западе после захода Солнца. По

*) Имп. Цезарь Марк Оппеллий Север Макрин Август 8 апреля 217 г., будучи начальником охраны, убил имп. Каракаллу (198—217 гг.) и захватил императорскую власть. В прошлом раб. Убит 8 июня 218 г.

китайским наблюдениям 17 мая она находилась в Плеядах, 13 июля — на границе созвездий Девы и Льва.

Вместе с двумя лунными затмениями (2 апреля и 26 сентября), которые помогли точно определить дату ее появления и прохождения перигелия, появление кометы, по мнению летописцев того времени, было провозвестником поражения Аттилы *) (он ушел за Рейн и умер в 453 г.). «Божий бич» Аттила, предводитель гуннов, вторгся во Францию при императоре Валентиниане III (425—455 гг.), опустошил и разорил ее и осадил Орлеан. Римский полководец Аэций (ок. 390—454 гг.) с войсками короля вестготов Теодериха (418—451) в битве на Каталунской равнине разбил войско гуннов. Битва была кровопролитной — на поле боя осталось около 180 тыс. убитых. Незадолго до битвы появилась комета.

530 г. $T =$ сент. 27,13; авг. 28 — сент. 27;

$$\Delta_{\min} = 0,30 \text{ а. е., сент. 2.}$$

В Китае комета наблюдалась 29 августа, после чего исчезала и появилась вновь 4 сентября.

Византийский историк Зонара (XII в.) пишет: «На западной стороне неба 20 дней видели очень большую и очень страшную комету. Она простирала свои лучи к самым высоким частям неба, и ей дали имя «Лампадия», так как она напоминала зажженную лампу».

607 г. $T =$ март 15,48; февр. — июль;

$$\Delta_{\min} = 0,07 \text{ а. е., апр. 20.}$$

В Китае в этом году наблюдали две кометы. О первой, которая и принимается всеми за комету Галлея, сообщается, что комету наблюдали в Возничем и Большой Медведице. Цианг показал, что первое наблюдение, датированное ранее 13 марта, не может относиться к комете Галлея.

684 г. $T =$ окт. 2,77; сент. 6 — окт. 24;

$$\Delta_{\min} = 0,36 \text{ а. е., сент. 2.}$$

В Китае наблюдали в этом году две или три кометы. О предполагаемой комете Галлея сообщается следующее: 6 сентября на западе видна комета с хвостом,

*) Год рождения неизвестен.

12 сентября вечером на западе наблюдали странную звезду без хвоста, похожую на половину Луны. 9 октября она скрылась.

Европейские историки сообщают, что между Рождеством и Крещением во время папства Бенедикта II видели ночью около Плеяд неяркую звезду, похожую на Луну, покрытую облаками. После 14 февраля увидели днем очень яркую звезду, которая перемещалась с запада на восток. Это появление связывают с древнейшим изображением кометы Галлея, которое приводится

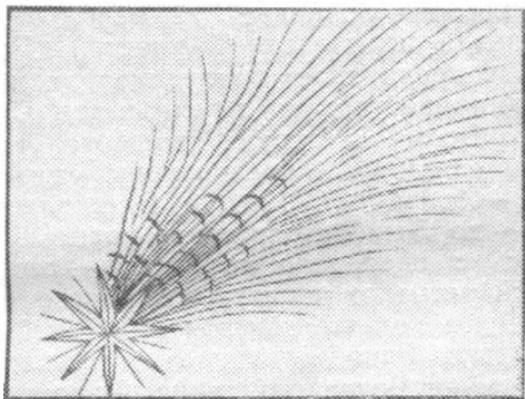


Рис. 7. Одно из древнейших изображений кометы Галлея в появлении 684 г.

в Нюрнбергской хронике (рис. 7), опубликованной, правда, лишь в 1493 г. Это дает повод сомневаться в достоверности датировки изображения кометы.

760 г. $T =$ май 20,67; май 16 — июль;

$\Delta_{\min} = 0,44$ а. е., июнь 8.

Одно из самых бесспорных и впечатляющих появлений кометы Галлея в древности. В Китае ее открыли 16 мая на востоке между созвездиями Овна и Мухи. Цвет ее был белый. Комета двигалась к востоку через Плеяды, созвездия Тельца, Ориона, Близнецов, Рака и Льва. Через 50 дней ее потеряли из виду, когда она находилась в созвездии Девы. В Европе отмечают, что в 20-й год царствования Константина V*) затмилось Солнце. В том

*) Константин V (719—775) — византийский император с 741 г.

же году появилась очень яркая комета, имевшая вид бревна: 10 дней ее видели на вечернем небе к востоку от Солнца, а затем 21 день к западу. Она была видна во время затмения Солнца 15 авг. 760 г. Казалась очень яркой и белого цвета.

837 г. $T =$ февр. 28,27; март 22 — апр. 28;
 $\Delta_{\min} = 0,04$ а. е., апр. 11.

Яркое светило, замеченное в Европе и Китае. В Китае наблюдали в этом году три или четыре кометы, но комету Галлея удастся отождествить довольно уверенно с той, которая появилась 22 марта, а к середине апреля развила великолепный хвост*). Есть сообщения, что 10 апреля хвост разделился на два луча, из которых один простирался до созвездия Скорпиона, а другой — до Весов. 11 апреля хвост стал еще длиннее, но ветви пропали. 14 апреля длина хвоста достигла максимума — более 80° . Комета находилась в Гидре. 28 апреля — во Льве, хвост очень короткий. В Европе наблюдалась с 11 апреля по 7 мая — всего 25 дней. Неизвестный астроном пишет: «На Пасхе появилась в созвездии Девы комета, которая в 25 дней пробежала созвездия Льва, Рака, Близнецов и развила в созвездии Тельца, у ног Возничего, длинный хвост.

Король Людовик Кроткий**), убежденный, что кометы предвещают смерть великих людей, призвал меня в Аахен и спрашивал о значении этого ужасного знамения, потому что я изучал небо. И я пытался разуверить его, указывая на слова Писания: «Не бойтесь знамений неба». «Я не боюсь их,— возразил мне этот благочестивый монарх... Господь, без сомнения, указывает мне, что я должен готовиться к смерти». (Вскоре король отдал королевство детям, которые его неоднократно отстраняли от власти раньше, и через два года умер).

912 г. $T =$ июль 18,67; май — июль 28;
 $\Delta_{\min} = 0,57$ а. е., июль 23.

Наблюдения очень неопределенные. Возможно, было две кометы. Сведения Кианга расходятся со сведения-

*) В этом появлении комета приблизилась к Земле до 0,04 а. е. \approx 6 млн. км, т. е. на минимальное расстояние за все годы, почему и казалась таким грандиозным светилом.

**) Людовик I (иногда называют Благочестивым) (778—840 гг.) — франкский император с 814 г.

ми о комете, наблюдавшейся в Европе в течение 40 дней и имевшей вид меча. Под этим годом (год смерти Вещего Олега) в русских летописях впервые упоминается о наблюдении комет («В лето 6419 (911 г.) явися звезда велика на западе, копейным образом»).

989 г. $T =$ сент. 5.69; июль 6 — окт.;

$\Delta_{\min} = 0,48$ а. е., авг. 16.

В августе наблюдалась в Китае, в созвездии Близнецов, на утреннем небе. Вначале была незаходящим светилом. Исчезла почти месяц спустя. Была голубоватого цвета и имела хвост умеренной длины.

Кроме Китая, наблюдалась европейскими и арабскими наблюдателями. Арабский историк Эльмакин (1205—1273) сообщает: «В воскресенье 28 июля 989 г. увидели

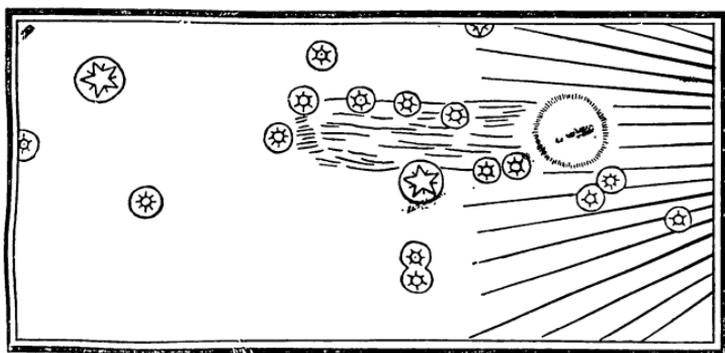


Рис. 8. Появление кометы Галлея в 1066 г. после выхода из-за лучей Солнца (по Любинецкому).

на западе волосатую звезду. Она была видна больше 20 дней и не заходила в течение всей ночи. Затем пропала».

1066 г. $T =$ март 20,93; апр. 1 — июнь 7;

$\Delta_{\min} = 0,08$ а. е., апр. 27.

«Большая и знаменитая комета». Первыми ее увидели китайцы 2 апреля в созвездии Рыб. Была утренней звездой. Она стала заметна благодаря необыкновенному хвосту. Затем пропала в лучах Солнца. 24 апреля появилась в созвездии Близнецов в западной части неба (рис. 8). В последующие вечера ее сравнивают с Венерой и даже с полной Луной. Наблюдалась 67 дней. Зонара в жизнеописании императора Констан-

тина Дуке (1059—1067), описывает комету, которая была большой, как полная Луна (первое время хвоста не имела). Затем стала уменьшаться в размерах. Греки наблюдали ее 40 дней, итальянцы и немцы — 20—30 дней, французы — 3 месяца.

В Тюрингенской хронике за 1581 г. имеется сообщение: «В лето 1066 г. император (Генрих IV)*) праздновал Пасху этого года в Утрехте и в это время показалась комета, стоявшая на небе 14 дней. Немного спустя император опасно занемог и слег в Фрицларе, в Гесене, так что врачи уже не возлагали надежд на выздоровление».

В Англии ее заметили в день Пасхи и наблюдали с особой тревогой. Впоследствии на эту комету англичане смотрели как на предвестницу завоевания страны Вильгельмом Нормандским (1066—1087). Гарольд II, король англо-саксов**), 14 октября 1066 г. потерпел поражение при Гастингсе и это, естественно, дало повод смотреть на пышный хвост апрельской кометы как на символ английской короны, приветствовавшей нормандского герцога. В архиве г. Байо (Франция) сохраняется замечательный гобелен длиной 70 м, на котором узоры изображают ряд событий из жизни Гарольда и Вильгельма. Это произведение будто бы выткано супругой короля Вильгельма Матильдой и придворными дамами нитками восьми различных цветов вскоре после завоевания Англии норманнами. Одна, а может быть, две сцены непосредственно посвящены комете 1066 г. (рис. 9).

Этот гобелен скорее всего был заказан епископом г. Байо для строившегося в это время собора.

Комета 1066 г. была первой достоверно наблюдавшейся на Руси. В Лаврентьевской и I Новгородской летописях о ней говорится: «В си же времена бысть знаменье на западе, звезда превелика, лучи имуще аки кровавы, вьсходящи с вечера по заходе солнечном, и пребысть за семь дний, се же проявляше не на добро: посем бо быша усобице много и нашествие поганых на Русьскую Землю, си бо звезда бе акы кровава, проявляющи кровопролитье». Памятник этому событию об-

*) Генрих IV (1056—1106 гг) — германский король и император «Священной Римской империи». Род. в 1050 г.

**) Последний англо-саксонский король; формально правил с января по октябрь 1066 г., а фактический правитель страны с 1053 г.

наружен не только в г. Байо во Франции, но и в России, на Кавказе, о чем пишет Д. О. Святский (1879—1941). В селе Лыхнах в Абхазии в храме XI века есть надпись: «Это случилось в лето 6669, короникона 286, в царствование Баграта, сына Георгия, в 38 индикт, в месяце апреле: показалась звезда, из чрева которой выходил большой луч, связанный с нею. Это продолжалось



Рис. 9. Древнейшее изображение кометы Галлея (появление 1066 г.) на одном из фрагментов знаменитого 70-метрового гобелена Матильды Фландрской, хранящегося в г. Байо (Франция).

с Вербной недели до полнолуния». Перевод дат дает 1066 г. (Баграт царствовал с 1027 по 1072 г.). Вербная неделя начиналась 2 апреля, а полнолуние — 13 апреля, — по-видимому, в Абхазии упоминается утренний период ее видимости, а в русской летописи — вечерний.

1145 г. $T =$ апр. 18,56; апр. 14 — июль 9;

$\Delta_{\min} = 0,29$ а. е., май 19.

Китайцы заметили комету впервые 26 апреля 1145 г. на востоке. Сперва она увеличивалась в яркости, потом пропала и появилась снова вечером 14 мая в созвездии Ориона. Имела голубовато-белый цвет, 4 июня казалась звездой, 9 июня стояла неподвижно в созвездии Гидры. Наблюдалась 50 дней.

По сообщениям различных хроник комета была очень велика и наблюдалась долгое время, начиная с 14 апреля. 9 июня достигла необычайной яркости,

которая затем до начала июля быстро убывала. Хвост имела длиной около 10° . Яркость хвоста, вероятно, могла быть уменьшена на севере белыми ночами.

1222 г. $T =$ сент. 28,82; сент. 3 — окт. 23;

$\Delta_{\min} = 0,39$ а. е., сент. 4.

В Китае комету наблюдали 10 сентября между Арктуром и созвездием Волосы Вероники. Ее блестящая голова была вытянутой, а ядро маленькое, подобное Юпитеру. Наблюдали ее два месяца. Она прошла Ве-сы, Скорпион и пропала. Этой кометой кончается китайский каталог комет Ма Туан лина (XIII в.).

Европейцы отмечают в одной из летописей, что «комета казалась очень близкой к Земле; сначала ее наблюдали в том месте, где Солнце садится в декабре. 13 сентября в Милане Луна была как мертвая, она не имела блеска и соединялась с кометой» (не исключено, что это было затмение Луны, которое произошло осенью 1222 г.). 8 октября комета исчезла. Невооруженным глазом ее можно было видеть в течение двух месяцев. В сентябре она имела вид необычайно яркой красной звезды первой звездной величины, с длинным хвостом, простиравшимся до зенита в виде узкого конуса.

В Ипатьевской летописи сказано: «В лето 6653 явися звезда превелика на западе, испущающи луча». Лаврентьевская летопись (после описания поражения русских на р. Калке *) сообщает: «того же лета явися звезда на западе, и бе от нея луча не возрак человеком, но яко к полуденю (т. е. не прямо, а отклоняясь к югу) по две восходящи с вечера по заходе солнечнем, и бе величством паче инех звезд; и пребысть тако 7 день, а на 7-ом дни явися луча та к востоку и тако пребысть четыре дня, и невидима бысть».

Четвертая Новгородская летопись отмечает: «явися звезда, глаголемая «докит», рекше яко копие, простираемая от востока до запада копийным образом, и пребысть за 17 дней».

Гуситская летопись под 6730 годом отмечает страшную звезду, простиравшую лучи к востоку «иже знаменова новую пагубу христианам, яже по двою лету со-

*) В действительности появление кометы предшествовало битве на Калке.

творится нашествия новых враг, си есть безбожных татар, их же в стране нашей не знаху» (имеется в виду битва русских на Калке летом 1223 г.).

Польский историк Меховский пишет: «Эта комета в продолжение 18 дней была видима над землею половцев, над рекою Доном и над Русью и предвещала нашествие татар».

В Европе комета считалась провозвестницей смерти Филиппа Августа, короля Франции (1165—1223, король с 1180 г.), одного из предводителей третьего Крестового похода в 1189—1191 гг.

1301 г. $T =$ окт. 25,58; сент. 14 — окт. 31;

$\Delta_{\min} = 0,24$ а. е., сент. 24.

По китайским записям появилась впервые в созвездии Близнецов. Цвет ее казался белым, она походила на Процион. Комета прошла созвездие Большой Медведицы и вступила в круг незаходящих звезд. Пройдя в область Змеи и Змееносца, пропала 31 октября.

Почти все европейские хроники упоминают о большой комете 1301 г. Была видна на севере Исландии, имела большой и яркий хвост, который простирался на значительную часть неба. По Пингре (1711—1796) она появилась в Скорпионе и наблюдалась 11 дней. Движение было обратное. Из-за противоречий в европейских хрониках отождествление стало возможным только благодаря китайским наблюдениям.

В русских летописях о ней упоминается три раза. В Лаврентьевской летописи: «того же лета во осенине явися звезда на западе, луча имущи яко и хвост к горе, к полуденю лиц» (т. е. лучи и хвост, — вероятно, хвост двойной — были направлены вверх, а лицевая сторона, т. е. голова, — находилась к югу). Ипатьевская летопись замечает: «...Явися звезда страшная, светящи и луча испущающи».

Изображение кометы сохранилось на фреске «Поклонение волхвов» великого итальянского художника раннего средневековья Джотто ди Бондоне (1267—1337) в капелле дель Арена в Падуе (1305 г.) (рис. 10).

1378 г. $T =$ ноябрь 10,69; сент. 26 — ноябрь 10;

$\Delta_{\min} = 0,18$ а. е., окт. 4.

Это появление было не таким эффектным, как предыдущее. Китайцы открыли комету на северо-востоке в

созвездия Возничего. В это время у нее уже был хвост длиной в несколько градусов. Затем она прошла над звездами Большой Медведицы, вошла в околополярный круг, прошла через созвездие Дракона, вошла в область созвездия Змеи и оставалась там до 10 ноября. Дальше нельзя было наблюдать из-за плохой погоды.

Европейские источники отмечают, что комета наблюдалась недолго: 29 сентября ее видели вблизи Большой

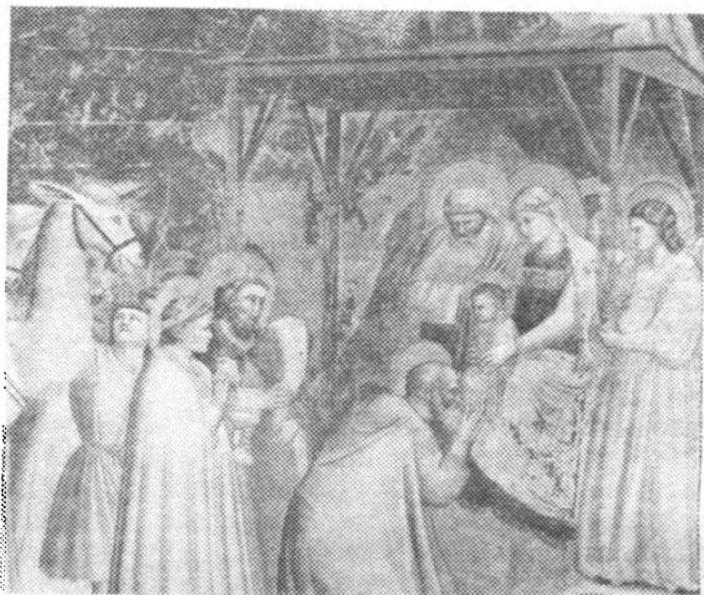


Рис. 10. Фреска Джотто ди Бондоне в г. Падуе. Содержит изображение кометы Галлея в 1301 г.

Медведицы, она двигалась попятным движением и очень быстро. Ее наблюдения таковы, что, как отмечает Пингре, они годятся только на то, чтобы измучить усердного исследователя.

В русских летописях под этим годом нет записей о комете, хотя условия для наблюдений были благоприятными. Д. О. Святский считает, что комета Галлея 1378 г. была описана в повести «О пленении и приходе Тохтамыша царя и о Московском взятии» в 1382 г., которое прямо начинается с описания наблюдавшейся перед этим (неизвестен год) кометы: «Бысть некое проявление, по многие нощи являшеся. Таковое знамение на небеси: на востоце, перед

раннюю зарю звезда некая, аки хвостата и якоже копейным образом».

1456 г. T = июнь 9,63; май 26 — июль 8;

$\Delta_{\min} = 0,51$ а. е., июнь 27.

По китайским записям не отличалась ни блеском, ни величиной хвоста. В Европе же современники изображают ее как «великую, страшную, необычайной величины, хвостом (рис. 11) покрывающую два созвездия (60°)».

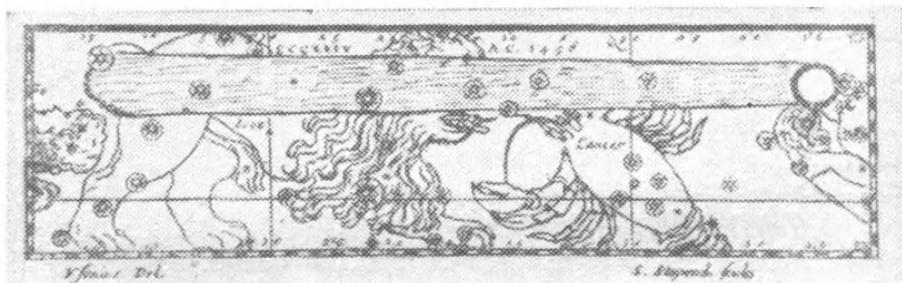


Рис. 11. Изображение кометы Галлея в появлении 1456 г. (по Любинецкому).

Она подходила очень близко к Земле и наблюдалась сначала утром, потом вечером. Открыта была за 14 дней до прохождения перигелия и, пройдя его, продолжала приближаться к Земле.

В начале июня голова была круглая, а хвост походил на павлиний, его величина менялась, он имел от 30 до 100 разветвлений. Иногда пропадал совсем. 6 июня, когда комета находилась в Персее, ядро блесло как звезда, а хвост, до этого бледный и беловатый, принял золотистый оттенок, похожий на искрящееся пламя. Ядро сильно мерцало и состояло из искрящихся звездочек (по-видимому, грануляция). Перед перигелием длина хвоста быстро увеличилась, а после перигелия столь же быстро уменьшилась. 13 июня комета была на севере, а хвост тянулся к югу. Поднимаясь все выше, к 16 июня комета уже не заходила.

Появлению кометы предшествовало падение Константинополя (1453 г.), и вид страшной кометы с большим хвостом, в которой христиане усмотрели турецкий ятаган, навел ужас на Европу, уже и без того

напуганную готовившимся нашествием турок под водительством Мехмеда II Завоевателя (1451—1481) на Европу. При появлении кометы страх стал всеобщим.

Папа Каллист III (1455—1458) издал специальное послание, в котором призывал католиков собираться ежедневно для усиленной молитвы с особым звоном для предотвращения опасности от кометы и турок. Вскоре турецкая армия была разбита под Белградом, и Европа забыла о страшной комете.

В русские летописи комета не попала совсем, скорее всего из-за белых ночей, которые на севере России в период видимости кометы в Европе были в полной силе.

Отождествить эту комету с кометой Галлея окончательно удалось лишь в 1885 г., когда были опубликованы найденные во Флоренции наблюдения П. Тосканелли (1397—1482), которые впервые содержат не только общие описания, но также моменты наблюдения, с указанием долготы и широты кометы.

1531 г. $T =$ авг. 26,24; авг. 1 = сент. 8;

$\Delta_{\min} = 0,57$ а. е., авг. 24.

Помимо некоторых китайских наблюдений для этого появления сохранились важные записи П. Беневица (П. Аппиана) (1495—1552) — придворного астронома императора «священной Римской империи» Карла V (1519—1556). Его интересовали главным образом положения кометы на небе. Он измерял их (рис. 12) для тех моментов, когда Арктур находился в первом вертикале.

Аппиан наблюдал комету в Ингольштадте с 13 августа до начала сентября, пока она проходила созвездия Рака, Льва, Девы и Весов. Хвост ее имел в длину около 15° (рис. 13).

В книге, вышедшей в 1531 г., Аппиан приводит много рисунков кометы и Солнца, которыми иллюстрирует впервые с достоверностью установленный им факт направленности кометных хвостов в противоположную от Солнца сторону (Аппиан считал хвост тенью от ядра).

Комету в этом появлении называют «бородатой» звездой, а один из современников упоминает, что 25 августа видел над Римом «огненное бревно».

1607 г. $T =$ окт. 27,54; сент. 21 — окт. 26;

$\Delta_{\min} = 0,28$ а. е., сент. 26.

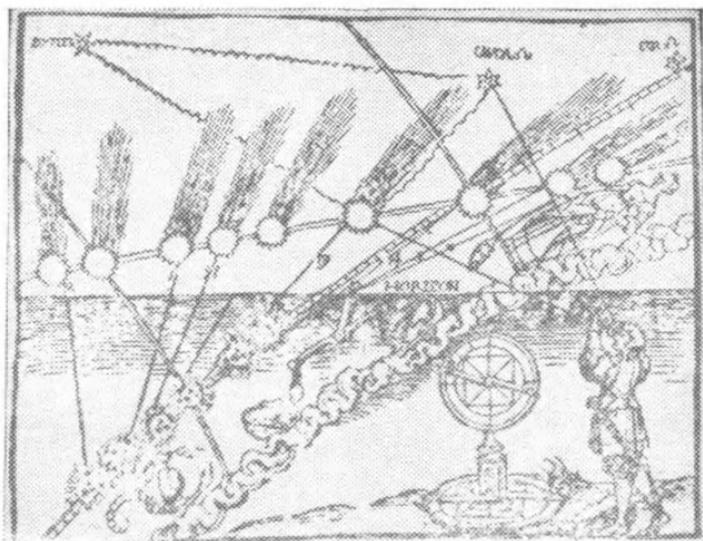


Рис. 12. Изменение положения на небе кометы 1532 г. (рисунок из книги Аппиана).



Рис. 13. Заглавный лист из книги Аппиана. Путь Солнца и кометы Галлея в созвездии Льва.

Впервые комету увидел в Праге И. Кеплер (1571—1630), любясь фейерверком на мосту. Комета находилась в созвездии Большой Медведицы. Затем она переместилась в созвездие Волопаса, пересекла Змею, Весы,

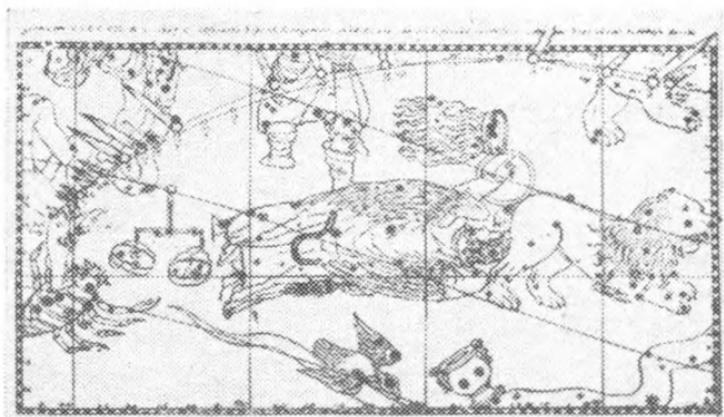


Рис. 14. Комета 1607 г. (Галлея) по наблюдениям Кеплера и Лонгомонтана (по Любинецкому).

Скорпиона и исчезла в ноге Змееносца (рис. 14). Кеплер вел за кометой непрерывные наблюдения до последнего дня. Он заметил, что хвост в начале был

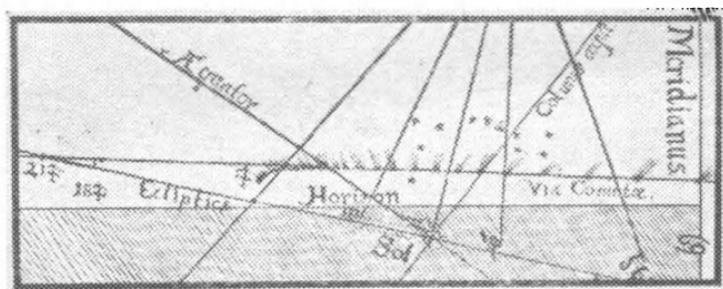


Рис. 15. Путь кометы Галлея в 1607 г. (рисунок Кеплера).

очень мал и имел вид продолговатого пятна (рис. 15), между тем ядро кометы стало по яркости сравнимо, как определяет Лонгомонтан (1562—1647), с Юпитером, но было тусклое и красноватое ($m \approx 1^m$), хвост увеличился до 8—10°. Иногда комета казалась «пламенным мечом» (рис. 16). Отмечают изменчивость раз-

меров хвоста и быстрые изменения головы кометы. В конце наблюдений хвост пропал, комета подошла близко к Солнцу, наблюдалась только в сумерки и над горизонтом.

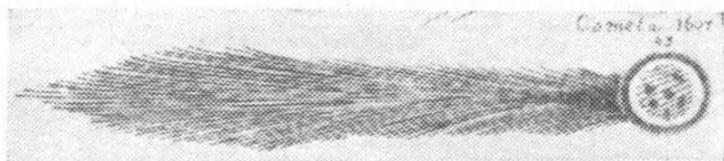


Рис. 16. Изображение кометы Галлея в появлении 1607 г.

Кеплер по своим наблюдениям определил параллакс кометы и нашел, что она находится значительно дальше Луны.

1682 г. T = сент. 15, 28; авг. 24 — сент. 22;

$\Delta_{\min} = 0,47$ а. е., авг. 27.

Это появление, по выражению И. Литтрова (1781—1840), можно считать научным рождением кометы Галлея. Комета открыта Пикаром (1620—1682) и Ла Гиrom (Париж), а затем ассистентом Флемстида (Гринвич). Еще 23 августа комету видели иезуиты в Орлеане. 26 августа голова кометы была как звезда 2^м.



Рис. 17. Вид кометы Галлея в появлении 1682 г.

29 утром перед восходом Луны хвост кометы имел длину до 30° (рис. 17). Цвет ядра походил на цвет Юпитера. Д. Флемстид (1646—1719) наблюдал комету до 9 сентября, Галлей видел ее 10-го, Гевелий — до 17-го сентября. Он пишет, что комета была ярка и видна всю ночь, имела хвост длиной до 16°. Гевелий наблюдал

светящийся сектор, исходящий из ядра, который, загибаясь, переходил в хвост.

26 августа Р. Гук (1635—1703) заметил два световых истечения, направившихся из ядра. Оболочка кометы казалась струящейся, в хвосте появлялись большие огненные лучи.

1 сентября потоки света сияли еще ярче. Гук видел, как потоки света выбрасывались из ядра в хвост и пропадали (рис. 18).

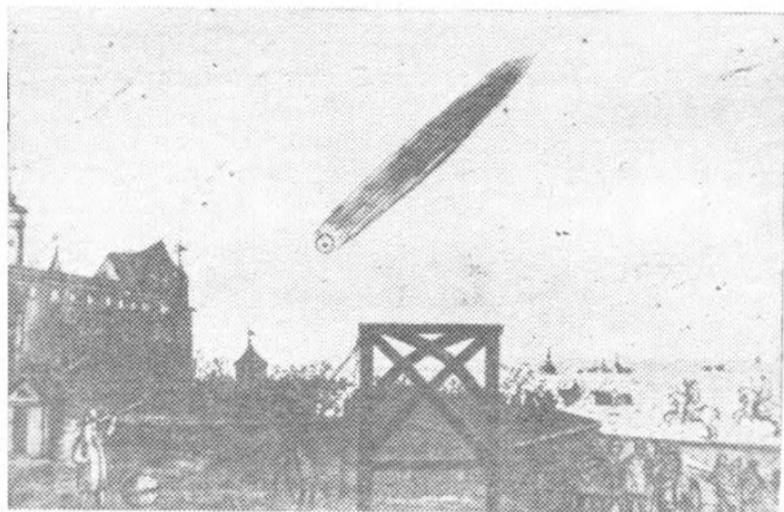


Рис. 18. Старинная гравюра с изображением кометы Галлея в появлении 1682 г. (изготовлена Г. Х. Эймартоном).

4 сентября комета по яркости равнялась Альдебарану. 8 сентября она была всего ярче и казалась больше. 9 сентября отмечены две вспышки света. Интересно замечание Гука, что «эти явления не носят оптического характера, но представляют действительные изменения небесного светила».

Оценивая значение этого появления кометы Галлея, Литтров писал: «Более чем за тысячелетний промежуток времени, всякий раз как комета посещала Землю, не было случая, чтобы она оказывалась недоступной наблюдению; и все же обитатели Земли продолжали смотреть на нее как на редкого, враждебного пришельца. В этот раз она, однако, появилась в такое время, когда, наконец, затемняющее умы суеверие в значительной мере исчезло; благодаря же совместным уси-

лиям многих выдающихся людей, впервые работавших тогда одновременно в таком числе как никогда раньше, человек получил, наконец, возможность признать в этой комете старого друга и не только радоваться ее прежним посещениям, но с полным доверием ожидать ее возвращения».

Чтобы это случилось, нужен был научный подвиг. И он совершился.

Т а б л и ц а 5. Моменты прохождения через перигелий кометы Галлея на интервале (—239 г.) — 1986 г. (распределение по месяцам)

Январь	Февраль	Март	Апрель	Май	Июнь
66	374 837 1986	141 607 1066 1759	295 1145 1910	—239 218 760	451 1456
912	1531 —86	1682 1222 989 530	1607 1301 684 —11	1835 1378 —163	
Июль	Август	Сентябрь	Октябрь	Ноябрь	Декабрь

ЖИЗНЬ И ТРУДЫ ЭДМУНДА ГАЛЛЕЯ (1656—1742)

При жизни его так высоко чтили соотечественники, что благодарность и долг требуют, чтобы память о нем была сохранена потомками.

(Из надписи на надгробии Галлея)

Астроном, математик, востоковед, геофизик, инженер, мореплаватель, переводчик, издатель, дипломат — все это можно сказать об одном человеке — Эдмунде Галлее. Он жил в бурную, богатую научными и общественно-политическими событиями эпоху. Об участии Галлея в политических событиях своего времени сохранилось мало сведений и, вероятно, он не принадлежал ни к одной из политических партий, как Ньютон.

Галлей родился в последние годы правления Оливера Кромвеля (1599—1658). Именно для этого периода правления (1653—58 гг.) характерен режим единолич-

ной военной диктатуры. После смерти Кромвеля английский парламент пригласил на престол сына казненного Карла I Стюарта (1625—1649): произошла реставрация Стюартов. Карл II (1660—1685) заключил тайный договор со злейшим врагом Англии — королем Франции Людовиком XIV (1651—1715), обязавшись перейти в католичество и содействовать французской армии на континенте. После смерти Карла II ему наследовал его брат — Яков II (1685—1688), тоже сторонник католицизма, однако он был свергнут зятем — голландским правителем Вильгельмом III Оранским (1689—1702) — этот бескровный переворот получил название «славной революции»; власть перешла к парламенту. Вильгельм скончался в 1702 г., и английская корона была возложена на младшую дочь бежавшего во Францию Якова II Анну (1702—1714), верную протестантизму последнюю представительницу дома Стюартов. Ее правление, богатое борьбой политических и религиозных партий, выделялось и своей культурной жизнью. Со смертью Анны началась новая династия — на английский престол партия вигов (так называли в Англии противников Стюартов) пригласила ганноверских (с низовьев Эльбы) князей — дальних родственников Стюартов, протестантов. Вигам противостояли тори — безусловные сторонники короля. К партии вигов принадлежал и Ньютон. Первым из этой династии королем Англии был Георг I (1714—1727); он чувствовал себя в Англии иностранцем и, не зная английского языка, объяснялся с министрами через переводчика, а страной фактически руководили лидеры партии тори. Последний король, которого Галлей уже не пережил, был Георг II (1727—1760) — сын Георга I.

На годы жизни Галлея приходится усиление морского и колониального владычества Англии: в 1713 г. Англия положила основание своему господству в Америке. Война за испанское наследство сделала Англию первоклассной морской державой, так как Франция и Голландия потеряли в борьбе свои флоты. Скоро Англия становится сильнейшей колониальной державой Европы: корабли под английским флагом, почти не имея соперников, бороздят моря и океаны всех широт. Англия нуждалась в опытных моряках и корабелях, а еще больше — в морских картах, приборах и способах точной ориентации в открытом море. И Эдмунд Галлей, капитан королевского флота и королевский астроном,

как никто другой, способствовал своими работами укреплению морского могущества своей страны и ее обогащению. Благодаря Галлею, английские корабли, как тогда писали, «могли спокойно пускаться в дальние плавания, так как знали величину отклонения стрелки компаса, направление течений и ветров (муссонов) и умели определять свое место по лунным расстояниям».

Говоря о состоянии науки той эпохи, Г. Дингль (1890—1978) в своей известной галлеевской лекции 1956 г. (в этот год отмечалось 300-летие со дня рождения Галлея) писал, что «никогда еще такой человек не рождался в эпоху, столь совершенно готовую принять его... Он представлял собою все научное движение». В это время стремительно развивается интерес к естественным наукам, поддерживаемый крупными открытиями в астрономии, физике, биологии. Во многих странах образуются общества естествоиспытателей. В Англии такое общество, возникшее под руководством Роберта Бойля (1627—1691) еще в разгар гражданской войны в 1642 г. и называвшееся «невидимый колледж», в 1662 г. вместе с королевской хартией Карла II получило юридический статус и название «Лондонское Королевское Общество для развития естественных наук» (кратко — Королевское общество) — одно из первых в Европе крупных научных объединений. Сам король живо интересовался успехами астрономии и завел себе химическую лабораторию. В 1675 г. по указу Карла II на Гринвичском холме близ Лондона была построена астрономическая обсерватория, «в которой имеющиеся знания положений звезд могут быть улучшены и лунные таблицы исправлены». «Королевским наблюдателем» — директором обсерватории, получившим титул королевского астронома, король назначил Джона Флемстида. За три года до Гринвичской обсерватории — в 1672 г. — закончено строительство Парижской. Еще раньше — в 1641 г. — в Гданьске Ян Гевелий (1611—1687) построил крупнейшую в Европе обсерваторию, оснащенную первоклассными инструментами.

Между естественно-научными обществами разных стран — в Лондоне, Париже, Амстердаме — образовался тесный и постоянный обмен научной информацией и литературой.

Громадные успехи естественных наук породили и новое научное мировоззрение: опыт стал главным зна-

мением времени, «ничего не принимать на веру» — девизом Королевского общества.

Эдмунд Галлей *) родился 8 ноября (29 октября) 1656 г. в одном из предместий Лондона — Хаггерстоне, в семье разбогатевшего мыловара. Семья была небольшая — кроме Эдмунда родился еще один сын. Отец дал старшему сыну блестящее и разностороннее образование.

О детских и школьных годах Галлея имеются лишь скудные сведения. Известно, что он учился в школе св. Петра, один из преподавателей которой — Т. Гейль — был впоследствии членом и секретарем Королевского общества. За свои выдающиеся способности и ровный справедливый характер 15-летний Галлей был избран старостой школы. В 16 лет он самостоятельно изготовил солнечные часы. Еще до поступления в университет Галлей определил величину отклонения магнитной стрелки в Лондоне. Интерес к тайнам магнетизма сохранился у Галлея на всю жизнь.

К 17 годам, изучив математику, астрономию, навигацию и три языка (латинский, греческий и древнееврейский), Галлей стал студентом университета — Королевского колледжа в Оксфорде. Заметив большой интерес сына к астрономии, отец подарил ему астрономическую трубу длиной 24 фута (7 м) и большой секстант. Они на всю жизнь остались самыми любимыми инструментами Галлея, с которыми он не расставался даже в путешествиях.

Талантливый юноша обратил на себя внимание выдающимися способностями, особенно к точным наукам. Однако сильной и постоянной его любовью была астрономия, которой он решил себя посвятить, поступая в университет. Уже на втором году обучения Галлей публикует первую астрономическую работу о вычислении элементов планетных орбит. Эта работа принесла 19-летнему студенту известность среди ученых.

Как астроном, Галлей понимал необходимость для успехов астрономии определения истинных мест звезд и создания новых звездных каталогов, поскольку каталог Тихо Браге был недостаточно полон и нуждался в

*) В соответствии с тем, что сообщают нам иностранные источники, имя и фамилия великого ученого должны произноситься: Эдмонд Хэлли. Однако мы не считаем возможным отказываться (как и все, кто писал до нас) от исторически сложившегося в русской литературе произношения и написания — Эдмунд Галлей.

исправлении обнаруженных ошибок. Полный энергии студент решил заняться наблюдениями звезд, но узнав, что в Европе над этим уже работают Флемстид и Гевелий, он задумал смелый и достаточно авантюристический план морской экспедиции, чтобы дополнить каталог Тихо Браге наблюдениями звезд южного полушария.

Не дожидаясь окончания университета, Галлей со свойственным ему энтузиазмом взялся за реализацию своего замысла. Для этого ему необходимо было получить согласие отца на далекое и небезопасное путешествие, разрешение короля и достать средства на организацию экспедиции. Как это ни странно (даже для нашего времени), недоучившийся студент, бросивший университет, встретил дома не только искреннее одобрение своего плана, но даже содействие и поощрение со стороны отца, который выделил ему 300 фунтов стерлингов на предстоящие расходы (для сравнения укажем, что годовой оклад королевского астронома составлял 100 фунтов).

С помощью знакомых отца — приближенных Карла II — королю доложили о планах способного и решительного молодого человека. Карл II сразу оценил практическую выгоду этого предприятия для английского флота и дал Галлею рекомендательные письма к руководству Ост-Индской компании, созданной в 1600 г. английскими купцами и ведавшей всей английской торговлей в Индии и Юго-Восточной Азии. Благодаря такому содействию, Галлей мог выбрать любое место на земном шаре, куда заходили корабли Компании. В надежде на хороший климат он выбрал остров св. Елены (15° 55' южной широты) — «пустынный и мрачный гранит», как назвал его Лермонтов*), много позднее оказавшимся последним прибежищем Наполеона, где он и был похоронен в 1821 г.

Взяв с собой секстант радиусом 5,5 фута с оптикой, двухфутовый квадрант, маятниковые часы и несколько телескопов с различными фокусными расстояниями (среди них и подарок отца), в ноябре 1676 г. 20-летний начальник экспедиции Галлей отплыл от берегов Англии на корабле Компаний к выбранному острову, на который благополучно высадился через три месяца пути.

*) «Воздушный корабль».

Однако выбор места наблюдения оказался неудачным. В своих разочарованных письмах с острова св. Елены о длительных и унылых затяжных дождях и туманах теплые слова у Галлея появляются только тогда, когда он пишет с откровенной искренней радостью и восхищением о своем «чудесном помощнике, удивительном мистере Кларке», в приятной компании которого он наблюдает и проводит время.

В начале 1678 г., после 18 месяцев пребывания на острове, Галлей вернулся в Англию, преподнеся королю

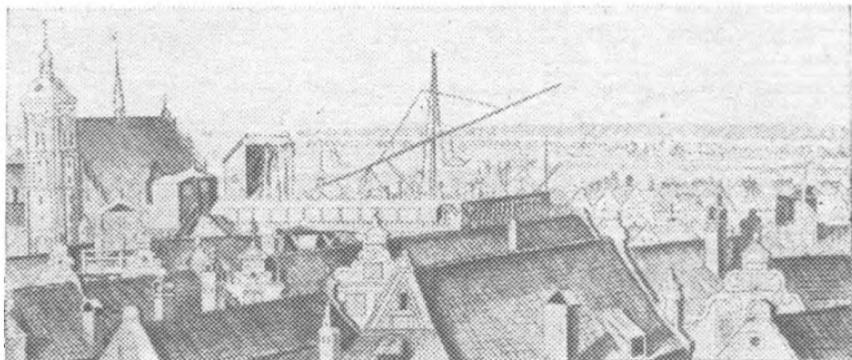


Рис. 19. Обсерватория Я. Гевелия над крышами Гданьска.

каталог звездного неба с кратким описанием созвездий южного неба, одно из которых он назвал «Дуб Карла II» (это название не закрепилось в астрономии).

Король был полностью удовлетворен результатом экспедиции, и по его ходатайству в декабре этого же года Галлей получил ученую степень «Master of Arts» (магистра искусств) — официальный документ об окончании покинутого им два года назад Оксфордского университета. Через месяц 22-летний «Тихо Браге южного неба», как его назвал Флемстид, был избран членом Королевского общества.

«Каталог южных звезд», быстро подготовленный к печати Галлеем и содержащий положения 341 звезды, увидел свет в 1679 г.*) В мае этого же года Галлей по поручению университета и Королевского общества совершил путешествие в Гданьск, на знаменитую обсерва-

*) Позднее он вошел в качестве 3-го тома в «Историю неба» Флемстида.

торию Гевелия. Цель поездки была довольно необычной — выслушать возражения Гевелия, единственного во всей Европе астронома, не использовавшего при наблюдениях телескопы. Как известно, телескоп был изобретен в 1610 г. Г. Галилеем (1564—1642). Обсерваторию Гевелий построил (рис. 19) тридцать лет спустя, когда телескопы, техника изготовления которых хотя и



Эдмунд Галлей (1656—1742) в молодости.

оставляла желать лучшего, находили все большее и большее применение. Тем не менее новая обсерватория была оборудована большим секстантом и квадрантом без зрительных труб: Гевелий, будучи одним из лучших наблюдателей своего времени, не доверял телескопам и упорно ими не пользовался при измерении положений звезд.

В связи с этим между Гевелием, с одной стороны, и остальными астрономами (Флемстид, Галлей, Гук и др.), с другой, возник спор о точности наблюдений, так как Гевелий утверждал, что его наблюдения невооруженным глазом с помощью диоптров не уступают по точности телескопическим. Разрешить этот спор и было

поручено Галлею, который, несмотря на свою молодость, уже был хорошо известен среди астрономов не только своими знаниями, но и ровным, благожелательным и справедливым характером. Прибыв в Гданьск к Гевелию после 12-дневного путешествия, Галлей в тот же день установил свои инструменты, и вечером они начали совместные наблюдения одних и тех же звезд различными приборами. При сверке оказалось, что результаты наблюдений Гевелия с диоптром и Галлея с телескопом почти не отличаются друг от друга. Оба астронома остались чрезвычайно довольны не только результатами наблюдений, но и друг другом. Гевелий с большой похвалой отозвался об искусстве своего гостя, о чем и сообщил сразу письмом в Оксфорд. В свою очередь, Галлей в письме Флемстиду выразил свое изумление поразившим его открытием, что такие блестящие результаты, благодаря изумительному мастерству наблюдателя, были получены с помощью большого медного секстанта, снабженного лишь самыми необходимыми приспособлениями: «Я не смею сомневаться в его правоте».

Эта майская встреча Гевелия и Галлея послужила началом глубокой и прекрасной дружбы двух талантливых астрономов, несмотря на 44-летнюю разницу в возрасте. Их отношения были настолько просты, что Галлей взял на себя даже выбор и покупку платья по последней моде для жены и деятельной помощницы Гевелия Елизаветы — первой женщины, не боявшейся обременительных работ, соединенных с наблюдениями и вычислениями. Об их дружбе, прервавшейся лишь со смертью Гевелия в 1687 г., свидетельствует большая и бескорыстная помощь Галлея в восстановлении обсерватории Гевелия, почти полностью сгоревшей вскоре после их встречи. Эта поддержка друзей, среди которых кроме Галлея были Флемстид и другие астрономы, дали силы семидесятилетнему Гевелию перенести постигшую его беду с поразительной силой духа.

По возвращении из Гданьска Галлей издает еще одну работу, выполненную на острове св. Елены, — описание прохождения Меркурия по диску Солнца в ноябре 1677 г. Это явление очень заинтересовало вдумчивого астронома и навело его на мысль об использовании таких прохождений для определения (уточнения) солнечного параллакса, а тем самым — и для уточнения астрономической единицы — среднего расстояния Земли от

Солнца *). Позднее — почти через 40 лет — он еще раз вернулся к этому вопросу и опубликовал в 1716 г. специальный мемуар, касающийся определения основной единицы длины в астрономии. В нем Галлей указал на гораздо более выгодные для уточнения параллакса наблюдения прохождения Венеры по диску Солнца. Он детально разработал методику наблюдений и на 200 лет вперед вычислил все прохождения по диску Солнца Меркурия и Венеры. До ближайшего предвычисленного прохождения Венеры 6 июня 1761 г. Галлею не суждено было дожить, и реализацию предложенного и разработанного им метода Галлей завещал потомству. (В России наблюдение прохождения Венеры по диску Солнца в 1761 г. помогло М. В. Ломоносову (1711—1765) открыть атмосферу на этой планете.)

Предложенный Галлеем способ измерения солнечного параллакса, впоследствии усовершенствованный Ж. Н. Делилем (1688—1768), широко использовался и позволил уменьшить существовавшую в его время ошибку этой астрономической постоянной более чем в двадцать раз.

В 1680 г. Галлей отправился в продолжительное сухопутное путешествие по Европе: он посетил Германию, Италию и Францию, везде оставляя, как пишут его биографы, память о себе как об умном и любознательном человеке редкой воспитанности и с замечательным характером. Во время путешествия он дважды наблюдал яркую комету — один раз, когда она приближалась к Солнцу, другой — когда она удалялась от него. Ее движение было настолько необычным, что большинство наблюдателей считало, что это две разные кометы. Увидев ее вторично, Галлей поехал в Париж к Дж. Д. Кассини (1625—1712), чтобы поговорить об интересной комете. Они вместе наблюдали комету на недавно построенной обсерватории. Эти наблюдения впоследствии очень помогли И. Ньютону (1643—1727) при вычислении орбиты кометы.

Вернувшись в Англию из продолжительной поездки по Италии в 1682 г., Галлей — ему было уже 26 лет — женился на «столь же прелестной, сколь и благоразумной» девушке Марии Тук, с которой он прожил счаст-

*) Подробно об этом способе см. в статьях А. А. Михайлова — Природа, № 11, 1956 и А. И. Еремеевой — Земля и Вселенная, № 4, 1982.

ливо и в полном согласии более 55 лет. Но даже радости счастливого брака, отмечают биографы, не могли отклонить его от интересов науки и дальних путешествий. Молодая семья поселилась в пригороде Лондона Айлингтоне, где сразу же были установлены 24-футовый любимый телескоп и большой секстант. С этими инструментами Галлей и наблюдал в августе 1682 г. новую яркую комету, за которой следила и вся Европа.

В 1683 г. Галлей опубликовал разработанную им теорию склонения магнитной стрелки *). Этот вопрос интересовал его еще со школьной скамьи, а во время путешествия на остров св. Елены Галлей собрал дополнительные материалы. Однако оказалось, что их недостаточно для проверки теории, имевшей важное практическое значение для мореплавания, и к этому вопросу Галлей вернулся еще через 15 лет.

Примерно в то же время Галлей заинтересовался теорией движения Луны и связанным с нею вопросом об определении долготы корабля на море.

В Айлингтоне он активно начал серию наблюдений Луны, продолжая ее без перерыва около полутора лет, но вынужден был прекратить свои наблюдения, чтобы — так уж случилось в его жизни не раз — вернуться к ним снова (это удалось лишь в 1719 г. — через 35 лет).

Этот перерыв в работе Галлея был вызван ухудшением его материального положения. Во время большого лондонского пожара все предприятия отца, чьей поддержкой он пользовался, сгорели, и Галлей вынужден был искать средства к существованию и для разорившегося отца, и для своей семьи. Отец вскоре после этого скончался. «В течение нескольких лет, — пишут биографы Галлея, — судьба к нему не была особенно благосклонна». Галлей устроился младшим секретарем Коро-

*) Так как магнитные и географические полюсы Земли не совпадают, то магнитная стрелка указывает направление север — юг только приблизительно. Плоскость, в которой устанавливается магнитная стрелка, называется плоскостью магнитного меридиана данного места, а линию, по которой эта плоскость пересекается с горизонтальной плоскостью, называют магнитным меридианом. Угол между направлениями магнитного и географического меридианов называют магнитным склонением. Его принято обозначать греческой буквой ϕ . Величина эта меняется от места к месту на земном шаре. Магнитное склонение называют западным (W) или восточным (E), в зависимости от того, к западу или к востоку от плоскости географического меридиана отклоняется северный полюс магнитной стрелки.

левского общества с годовым окладом в 50 фунтов. Документы, найденные в архивах, сообщают любопытные сведения о том, как своеобразно Королевское общество иногда оплачивало труд своего секретаря. Одно время фонды общества оказались истощены публикацией «Истории рыб» Ф. Виллогби, и поэтому «мистер Галлей должен получить 50 экземпляров «Истории рыб» вместо 50 фунтов, определенных ему на последнем заседании Совета» (за текущий год) и «дополнительно двадцать экземпляров «Истории рыб» для покрытия долга (Совета перед ним) за прошлый год».

Но даже и при таких обстоятельствах Галлей не унывал и не прекращал научной работы, о чем свидетельствуют два исследования, опубликованные им в это время: «Об измерении высот и глубин с помощью барометра» и «О ветрах и муссонах». В последней работе Галлей правильно объяснил причину возникновения устойчивых сезонных ветров, направление которых два раза в год меняется на противоположное, сезонными различиями в нагревании материка Солнцем. Он же составил и первую метеорологическую карту ветров.

Широта научных интересов Галлея была поразительна. Одновременно с упомянутыми работами он вплотную и глубоко занялся изучением движения комет 1680 и 1682 годов, пытаясь определить орбиты, по которым они двигались. Как и некоторые из его современников, например, естествоиспытатель Р. Гук и Х. Рен (1632—1723), он был близок к решению вопроса. Галлей, изучая законы Кеплера, самостоятельно нашел, что центральная сила, определяющая движение этих комет, должна изменяться обратно пропорционально квадрату расстояния между телами. Однако строгого доказательства этого он не смог получить, столкнувшись с математическими трудностями, и поехал за советом в Лондон к Гуку и Рену. Все трое долго обсуждали трудный вопрос, но желаемого Галлей так и не получил, хотя Гук и намекал, что он нашел доказательство. Но ему никто не верил. В январе 1684 г. Рен в шутку предложил Гуку и Галлею премию в виде книги ценой в 40 шиллингов за доказательство, если оно будет получено в апреле. Но ни в апреле, ни в конце лета доказательство представлено не было. Тогда в августе 1684 г. Галлей отправился в Кембридж к И. Ньютону, который, оказывается, давно решил эту проблему, но потерял вычисления. Однако он обещал Галлею их

восстановить. Как с драгоценной ношей, Галлей поспешил с этим сообщением в Королевское общество. Оно поручило Галлею как секретарю вести переговоры и переписку с Ньютоном об опубликовании его трудов. К началу 1685 г. Ньютон прислал свой первый



Исаак Ньютон (1643—1727).

трактат «О движении» и после настойчивых уговоров Галлея разрешил его напечатать. Ньютон стал работать над продолжением и увидел, что предложенный им в трактате закон движения является всеобщим для всей Солнечной системы. Тогда он взялся за работу с такой энергией, что к маю 1686 г. закончил две книги, о которых с его разрешения Галлей и доложил Королевскому обществу. Неожиданное выступление Гука с претензией на приоритет открытия закона всемирного тяготения

едва не погубило всего дела, так как глубоко оскорбленный Ньютон категорически отказался дать третью книгу. Это было тем более обидно, что именно она содержала приложения закона тяготения к различным телам Солнечной системы, и Галлей именно для нее собрал много материалов и проделал массу вычислений.

Только благодаря прекрасным душевным качествам, благородному характеру и изумительному такту Галлея удалось все же уговорить Ньютона не отказываться от публикации всего труда в целом. Но тут выяснилось, что казна Королевского общества опять пуста, и труды Ньютона не могут быть напечатаны за общественный счет.

В этот трудный момент снова пришел на выручку Галлей, который, казалось, один сознавал, что работа Ньютона «много ценнее всех денег Монетного двора». Рассказывают, что прочитав труд Ньютона, он воскликнул: «Никогда еще ничего подобного не было создано руками одного человека!».

Несмотря на собственное затруднительное финансовое положение, он обещал взять все издержки по изданию книги Ньютона на себя. 2 июля 1686 г. Совет Королевского общества постановил, что «книга мистера Ньютона может быть напечатана, и мистер Галлей возьмет на себя труд ее просмотреть и напечатать на собственные средства».

В июле 1687 г. бессмертная книга Ньютона «Математические начала натуральной философии» (тираж составлял 120 экземпляров) увидела свет. В ней кроме множества других вопросов были изложены основные понятия и принципы классической механики, строгое математическое доказательство закона всемирного тяготения и сформулированы три закона движения. Книге было предпослано восторженное предисловие Галлея, написанное стихами, о которых Ф. Араго (1786—1853) сказал, что их высоко ценили знатоки, и это может служить доказательством, что изучение математики не иссушает ни души, ни воображения.

Ньютон на всю жизнь сохранил любовь и глубокое уважение к Галлею. Обычно скупой на похвалы, он написал в предисловии: «При издании этого сочинения оказал содействие остроумнейший и во всех областях науки ученейший муж Эдмунд Галлей, который не только правил типографские корректуры и озаботился изготовлением рисунков, но даже по его лишь настояниям

я приступил и к самому изданию. Получив от меня доказательства вида орбит небесных тел, он непрестанно настаивал, чтобы я сообщил их Королевскому обществу, которое затем своим благосклонным вниманием и заботливостью заставило меня подумать о выпуске их в свет». Сам Галлей признавал, что ничто из сделанного им при



Портрет Э. Галлея.

жизни для науки и человечества нельзя сравнить по важности с публикацией «Начал».

Один из наших современников, де Морган, так охарактеризовал эту историю: «...если бы не он (Галлей), эта книга не была бы задумана, а если бы и задумана, то не написана, а если бы и написана, то не напечатана». Рассказывают, что когда «Начала» уже вышли из печати, Ньютон сказал Галлею: «Теперь это ваша книга» и называл ее книгой Галлея. Работая над «Началами» Ньютона, Галлей высказал мысль о том, что

«ньютоновская геометрия», как он выражался, может объяснить неправильности (отклонения от движения по законам Кеплера) в движении больших планет. Сравнивая древние наблюдения с современными ему, Галлей показал, что движение Юпитера ускоряется, а Сатурна — замедляется. «Более чем вероятно,— пишет он,— что это объясняется взаимодействием больших планет, нарушающим действие (на них) центральной силы — Солнца» *). Но это была только гениальная догадка. Полное объяснение этого отклонения, получившего название большого неравенства в движении Юпитера и Сатурна (его период составляет 900 лет) и векового ускорения Луны, впервые обнаруженного Галлеем в 1693 г. также путем сравнения со старыми наблюдениями, было получено почти сто лет спустя в трудах П. С. Лапласа (1749—1827).

В 1690—1693 гг. Галлей занимался вопросами приложения теории вероятностей и математической статистики к социальным проблемам. На основе изучения показателей смертности в своем приходе за много лет он составил таблицы смертности, опубликовав их в статье «Оценка степеней человеческой смертности». Таблицы и выводы Галлея имели и имеют основополагающее значение для систем страхования, которые стали широко применяться во многих странах.

К 1697 г. относится знакомство Галлея с Петром Великим, который в составе Великого посольства посетил ряд стран Западной Европы. Кроме изучения «навигационного дела» Петр посещал музеи и фабрики, учился кораблестроению и литейному делу, слушал лекции. Познакомившись с Галлеем, Петр Первый, восхищенный его ответами (Галлей всегда отвечал быстро и четко), был совершенно очарован им, пригласил его к столу и затем, во время пребывания в Англии, часто встречался с Галлеем, беседуя с ним на самые разнообразные темы. Петр усиленно приглашал ученого в Россию, однако тот отказался.

В 1698 г. неутомимый Галлей отправился в новое путешествие — на этот раз по океану: ему удалось убедить короля Вильгельма III снарядить экспедицию для

*) Позднее, размышляя над периодом обращения первой периодической кометы, изменяющимся от одного появления к другому, Галлей высказал мысль, что это результат влияния на кометы больших планет.

проведения астрономических и магнитных наблюдений с целью более детального изучения вариации (отклонения) магнитной стрелки. Еще в 1692 г. Галлей предположил, что так называемая вековая вариация магнитной стрелки вызывается вращением внутренних частей Земли по отношению к внешним с периодом 700 лет. Галлей также высказал мысль, что по величине отклонения компаса в океане при наличии соответствующих карт магнитного поля Земли можно решить проблему определения долготы на море. Для проверки этого Галлею и нужна была экспедиция.

Он начал свое путешествие в ноябре 1698 г. На этот раз Галлей был не только начальником экспедиции, но и капитаном небольшого фрегата «Ragouf Pink». Однако его лейтенанту (штурману) не нравилось присутствие в команде «сухопутных» членов (а скорее всего — «сухопутного» капитана), и он стал подбивать команду корабля к неповиновению и невыполнению приказов капитана. Это произошло вблизи экватора. Галлей отстранил помощника от исполнения обязанностей, отобрал у него часы и, не имея навигационного образования и опыта, сам привел корабль обратно в Лондон в июле 1699 г. Распустив прежнюю команду, Галлей набрал новую и в сентябре снова пустился в путь. В 1699—1700 гг. экспедиция провела обширные геомагнитные исследования в Атлантическом океане у берегов Южной Америки и Южной Африки. Корабль дошел почти до $52^{\circ} 5'$ южной широты и только встречи с гигантскими айсбергами заставили Галлея повернуть обратно. По дороге он проводил измерения географических координат заморских колоний Англии на материках и островах. Его корабль посетил и остров св. Елены, на который Галлей впервые ступил 22 года назад.

В сентябре 1700 г. экспедиция, не потеряв ни одного человека команды, благополучно вернулась в Англию с богатыми материалами, доставив Галлею славу не только выдающегося исследователя, но и опытного капитана королевского флота. Рассказывают, что в походе он даже научился ругаться, как «морской волк». На этом же корабле он в 1701 г. произвел гидрографическую съемку берегов пролива Ла-Манш (Английского канала). Как всегда быстро обработав полученные материалы, Галлей в 1701 г. опубликовал «Генеральную карту вариаций (склонений) компаса для всех пунктов Земли, известных английским морякам». Эта работа

имела большое значение не только для мореплавания *), но и для открытия законов земного магнетизма.

1701 — 1703 гг. были также заняты путешествиями. В частности, Галлей выполнял какое-то важное дипломатическое поручение королевы Анны, связанное с просьбой австрийского императора Леопольда I (1657—1705) обследовать гавани в Венеции и Далмации. Он выполнил это поручение успешно, к удовольствию Анны и императора, и когда на обратном пути проезжал через Вену, то был дружески принят Леопольдом I, который отправил его «со знаками своего расположения». Сразу же по возвращении в Лондон Галлей был снова отправлен во главе особого посольства в Вену. На этот раз он обследовал и восстанавливал гавань в Триесте, проявив при этом незаурядные способности инженера.

Покончив с дипломатией, Галлей в 1709 г. занял освободившееся место профессора кафедры геометрии в Оксфорде и был возведен в степень доктора прав. Эта должность, которую Галлей сохранял до конца жизни, улучшила его материальное положение.

В 1705 г. Галлей опубликовал «Обзор кометной астрономии». Выше достаточно подробно описана разнообразная деятельность Галлея как помощника Ньютона и издателя его трудов, капитана корабля, дипломата, ученого, инженера. Кажется, что жизнь его была заполнена до отказа. Но, как видно, в то время, начиная с 1680 г. (когда Галлей впервые заинтересовался движением увиденных им комет, и далее, работая с Ньютоном над «Началами»), он непрерывно собирал и обдумывал материал, проводил утомительные вычисления и готовил к публикации один из основных трудов своей жизни, доставивший ему неувядаемую славу. Эта работа,

*) Точное значение величин, характеризующих земное магнитное поле для возможно большего числа пунктов на Земле, имеет чрезвычайно важное значение. Ясно, например, что для того чтобы штурман корабля мог пользоваться магнитным компасом, он должен в каждой точке своего пути знать величину магнитного склонения. Ведь компас указывает ему направление магнитного меридиана, а для определения курса корабля он должен знать направление географического меридиана. Склонение дает ему ту поправку к показаниям компаса, которую необходимо ввести, чтобы найти истинное значение направления север — юг... В настоящее время мы имеем обширные данные о распределении магнетизма по земному шару. Данные эти показывают, что элементы земного магнетизма изменяются от точки к точке закономерно и в общем определяются широтой и долготой данного пункта.

как пишет он сам, «плод обширного и утомительного труда».

Галлей вычислил элементы орбит 24 комет (табл. 6), наблюдения которых оказались ему доступны.

Т а б л и ц а 6. Каталог кометных орбит Галлея

Момент прохождения через перигелий	Долгота восходящего узла, Ω	Долгота перигелия от узла, ω	Наклонение орбиты, i	Периге- лийное рассто- ние q , а. е.
1. 1337 июнь 2,268	84° 21' 0"	46° 22' 0"	147° 49' 0"	0,40666
2. 1472 февр. 28,932	281° 46' 20"	236° 12' 50"	174° 40' 0"	0,54273
3. 1531 авг. 24,888	49° 25' 0"	107° 46' 0"	162° 04' 0"	0,56700
4. 1532 окт. 19,225	89° 27' 0"	33° 40' 0"	32° 36' 00"	0,50910
5. 1556 апр. 21,835	175° 42' 0"	103° 08' 0"	32° 06' 30"	0,46390
6. 1577 окт. 26,781	25° 52' 0"	256° 30' 0"	105° 27' 15"	0,18342
7. 1580 нояб. 28,625	18° 57' 20"	90° 08' 30"	64° 40' 00"	0,59628
8. 1585 сент. 27,896	37° 42' 30"	331° 08' 30"	6° 04' 00"	1,09358
9. 1590 янв. 29,152	165° 30' 40"	308° 36' 10"	150° 19' 20"	0,57661
10. 1596 июль 31,830	312° 12' 30"	83° 50' 30"	124° 48' 00"	0,51293
11. 1607 окт. 16,151	50° 21' 0"	108° 05' 0"	162° 58' 00"	0,58680
12. 1618 окт. 25,57	76° 01' 0"	286° 13' 0"	37° 24' 0"	0,37975
13. 1652 нояб. 2,633	83° 10' 0"	330° 08' 40"	79° 28' 0"	0,84750
14. 1661 янв. 16,937	82° 33' 30"	33° 28' 10"	32° 35' 50"	0,44851
15. 1664 нояб. 24,493	81° 14' 0"	310° 32' 35"	158° 41' 30"	1,02576
16. 1665 апр. 14,219	228° 02' 0"	156° 07' 30"	103° 55' 0"	1,10649
17. 1672 февр. 20,359	297° 30' 30"	109° 29' 0"	83° 22' 10"	0,69739
18. 1677 апр. 26,026	236° 49' 10"	97° 12' 05"	100° 56' 45"	0,28059
19. 1630 дек. 8,042	272° 02' 0"	350° 37' 30"	60° 56' 0"	0,00612
20. 1682 сент. 4,319	51° 16' 30"	103° 23' 45"	162° 04' 0"	0,58328
21. 1683 июль 13,118	173° 23' 0"	87° 53' 30"	96° 49' 0"	0,56020
22. 1684 май 29,427	268° 15' 0"	330° 37' 0"	65° 48' 40"	0,96015
23. 1686 сент. 6,676	350° 34' 40"	86° 25' 50"	31° 21' 49"	0,32500
24. 1693 окт. 8,706	267° 44' 15"	356° 53' 0"	168° 14' 0"	0,69129

Анализируя таблицу, Галлей обнаружил удивительное сходство комет 1531 г., 1607 г. и 1682 г. и предположил, что это последовательные возвращения одной и той же кометы, которую следует ожидать снова в 1758 г. «Если же в соответствии с нашим предсказанием она вернется опять около 1758 г., — пишет он, — то благосклонные потомки не будут отрицать, что это открытие было впервые сделано англичанином» *).

*) Эти слова были добавлены в позднейшем издании, которое появилось в свет в 1749 г., уже после смерти Галлея.

Опубликовав эту работу, Галлей по поручению декана университета сразу же должен был заняться совершенно новым для себя (еще одним!) делом — ему был поручен перевод с арабского на латинский последнего трактата Аполлония Пергского «О конических сечениях». Не зная арабского, Галлей использовал несколько страниц, которые перевели до него, как ключ к дешифровке остального, перевел весь манускрипт и внес в него даже важные исправления. Затем он вместе с профессором астрономии Д. Грегори (1661—1708) принял полное издание трудов Аполлония, но к сожалению, в самом начале работы, Грегори умер, и Галлею пришлось взять на себя все труды. Это издание, вышедшее в 1710 г., является «памятником трудолюбию Галлея и его эрудиции» *).

Продолжая исполнять обязанности профессора в университете, Галлей много работает над теорией движения Луны, имея конечной целью довести ее до такого состояния, чтобы она позволяла с необходимой точностью определить долготу корабля на море.

С 1713 по 1721 год Галлей исполнял обязанности старшего секретаря Королевского общества. В 1714 г. он опубликовал работу о природе болидов, которая навсегда вписала его имя в историю метеорной астрономии.

Вскоре Галлей издал «Краткое сообщение о причине солености океана и нескольких озер, не имеющих стока, с предложением найти таким образом возраст мира», где «впервые в истории науки открыта принципиальная возможность определения возраста Земли». В 1718 г. он обнаружил собственные движения трех ярких звезд.

В 1719 г. после смерти Флемстида Галлей по предложению короля Георга I занял пост директора Грин-

*) Кроме переводов ряда работ греческих математиков, в том числе Аполлония Пергского, Менелая и др., в математике Галлею принадлежат самостоятельные исследования по арифметике, алгебре, геометрии, теории вероятностей и теории рядов; он дал систематическое изложение вычисления сложных процентов и рент; в своих «Геометрических лекциях» применил тригонометрические функции для более удобного вычисления корней квадратных уравнений; усовершенствовал метод Ньютона приближенного вычисления корней уравнения... Под влиянием книги Э. Галлея «О преимуществах аналитического метода» Ж. Л. Лагранж (1736—1813) начал исследование в области математического анализа. Галлею принадлежат оригинальные способы разложения в ряды, применявшиеся им к вычислениям логарифмов и антилогарифмов и др.

вичской обсерватории и получил звание Королевского астронома.

При учреждении этой должности в 1675 г. директору обсерватории был положен годовой оклад в 100 фунтов стерлингов (с вычетом 10 фунтов) и ассистент. Все необходимые приборы и инструменты Королевский астроном должен был приобретать на свои средства. Современники признавали этот оклад нищенским, однако, когда одна из царственных особ предложила увеличить оклад, то Галлей отказался, сказав: «Не делайте этого; если место директора будет приносить доход, тогда на него станут стремиться уже не астрономы». Считая инструменты собственностью Флемстида, его наследники забрали их, а поскольку Флемстид считал личной собственностью все собранные им за 13 лет 20 тысяч наблюдений и хранил их дома, то Галлей застал в обсерватории одни голые стены. Ему удалось добиться некоторой помощи от короля на приобретение инструментов. Галлей заказал прежде всего пассажный инструмент и стенной квадрант для определения координат небесных тел (рис. 20). Однако в течение почти пяти лет обсерватория не была достаточно полно укомплектована необходимыми инструментами, и Галлей не мог начать регулярные наблюдения. Прежде всего он решил осуществить свою давнюю мечту и довести до возможной точности теорию движения Луны, так как считал, что именно способ определения лунных расстояний, т. е. угловых расстояний Луны от ярких звезд, должен обеспечить точное определение долгот. В 1714 г. по инициативе судовладельцев парламент создал комиссию для определения наиболее простого, точного и надежного способа определения долготы на море. За разработку эффективного способа была назначена большая денежная премия. В комиссию под председательством Ньютона вошел и Галлей. Однако точная теория движения Луны требовала многочисленных и длительных наблюдений, охватывающих по крайней мере один период обращения лунных узлов (18 лет).

Хотя в это время Галлею было уже 65 лет, он с юношеской энергией приступил к систематическим наблюдениям Луны на установленном в меридиане пассажном инструменте. В 1725 г. на деньги, собранные по общественной подписке, был построен стенной квадрант, впервые снабженный телескопом длиной 8 футов (2,5 м), на котором Галлей продолжал работать до 1739 г.—

до завершения необходимого 18-летнего цикла. Все от начала до конца королевский астроном Галлей выполнил один, без ассистентов. Это была последняя большая работа Галлея; когда он ее закончил, ему было 83 года. Опубликована работа была уже после его смерти.

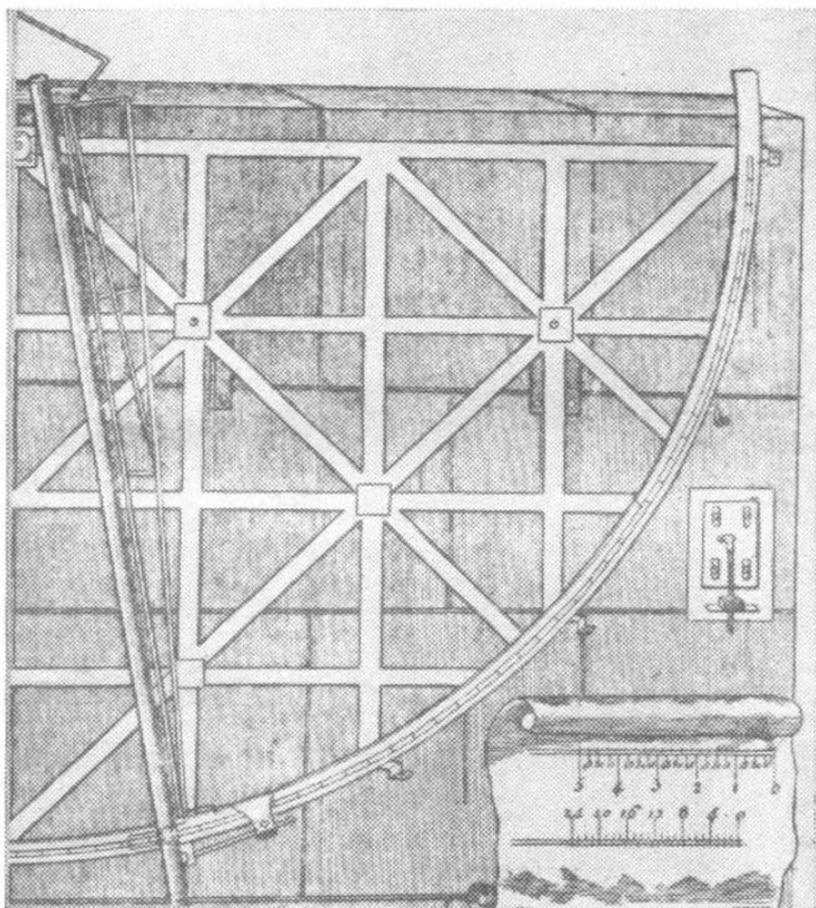
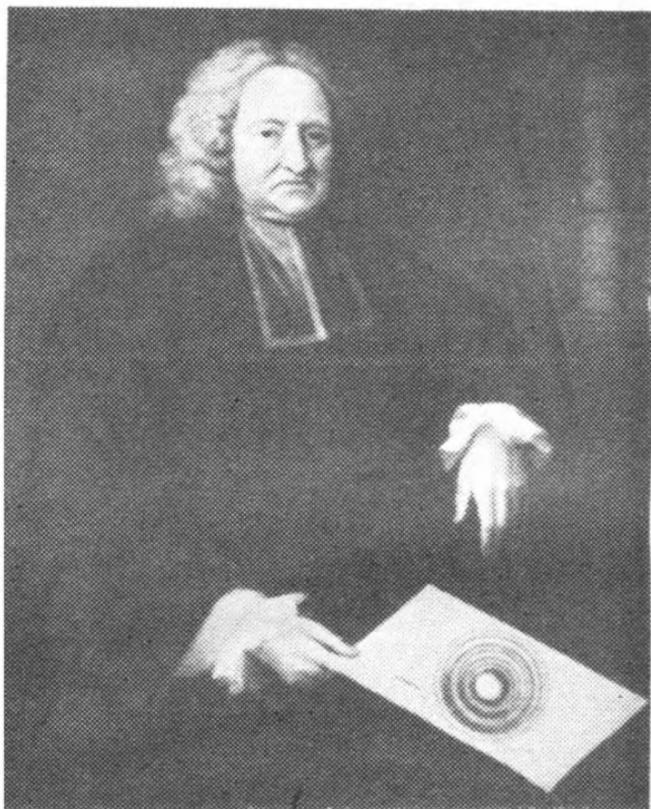


Рис. 20. Квадрант Галлея.

В 1737 г. Галлея разбил паралич, и он не мог писать правой рукой, но голова работала с прежней ясностью, и Галлей диктовал вычисления своему помощнику. До конца своих дней он ездил на заседания Королевского общества в Лондон и сохранял бодрость духа и светлую голову. Его смерть была легкой: он умер, работая, сидя

в кресле, 14 января 1742 г., в возрасте 85 лет, осушив до дна поданный ему стакан вина. Галлей был похоронен на кладбище при церкви св. Маргариты, недалеко от Гринвича.

Уже на закате своих дней Галлей успел оказать астрономии еще одну услугу — он назначил своим преемником на посту директора Гринвичской обсерватории



Э. Галлей — королевский астроном и профессор геометрии.

Джеймса Брадлея (1693—1762), обогатившего астрономию новыми открытиями и этим продолжившего славные традиции своих предшественников — королевских астрономов Флемстида и Галлея.

Все биографы Галлея отмечают его прекрасные душевные качества, которые помогли ему заслужить дружбу и уважение многих знаменитых современников. Быше уже упоминалось о его взаимоотношениях с Ге-

велием и Петром Великим. Многих удивляла дружба Галлея с обычно очень замкнутым Ньютоном, о котором Галлей сказал: «Не может смертный стоять ближе к богам». Заслужить дружбу Ньютона, как отмечает Дингль, было очень трудно, но их дружба до самой смерти Ньютона в 1727 г. оставалась неизменной, несмотря на различия в мировоззрении. Так, Ньютон, как известно, отличался глубоким благочестием, а образ мыслей Галлея — крайним скептицизмом. Обычно они избегали «острых» тем в разговорах, но когда однажды Галлей позволил себе неосторожное высказывание, Ньютон сразу же остановил его: «Оставим разговор; вы не изучали этих предметов, а я изучил их внимательно». «Взаимную их терпимость и взаимное уважение, — пишет Ф. Араго, — должно считать образцами для тех умов, которые хотят утвердить свои системы или свои убеждения, несмотря на различие своих достоинств».

И. И. Литтров (1781—1840), венский астроном, директор Венской обсерватории, член-корреспондент Петербургской Академии наук, в работе, посвященной комете, носящей имя Галлея, пишет: «Его исключительные таланты и духовная одаренность обеспечивали ему успех в любом обществе, где он появлялся. Его ответы всегда были быстрыми и четкими. Его суждения — глубокими и объективными. Его любили все, так как он любил всех*). Его любознательность и душевное тепло, полное сочувствия сердце, открытое каждому, приносили радость всем, кто с ним общался. Галлей готов был

*) Конфликт между Флемстидом, с одной стороны, и Галлеем и Ньютоном, с другой, возник (как его излагает Араго) из-за того, что Флемстид, будучи недоволен имевшимися в обсерватории инструментами, не спешил с публикацией наблюдений. Это дало повод к подозрениям, что публиковать нечего. Однако проверка показала, что это не так, и поскольку наблюдения производились за счет государства, Флемстиду было предъявлено требование об их публикации. Специальная комиссия, в которую входили Ньютон и Галлей, решила, чтобы Галлей немедленно приступил к изданию наблюдений Гринвичской обсерватории, несмотря на возражения ее директора Флемстида. Они были изданы в 1712 г. Издержки по публикации взял на себя муж королевы Анны, принц Георг. Флемстид был весьма рассержен таким насилием, к тому же в издание вкрались ошибки. Рассказывают, что все триста экземпляров изданных наблюдений, которые были ему переданы, Флемстид предал огню «как жертву высшей правде» и начал новое издание наблюдений за собственный счет. Ученый умер в 1719 г., так и не завершив публикации; она была закончена его преданными помощниками в 1725 г. Эти три тома «*Historia Coelestis Britannica*» — достойный памятник 44-летней работе Флемстида в Гринвиче.

всем помочь. Он был свободен в своих действиях, справедлив в суждениях, кроток и обходителен, великодушен и бескорыстен. Он проложил для своих соотечественников путь к несказанным богатствам, укрепляя морское владычество Англии, но не сделал и шага для своего личного обогащения. Он жил и умер как человек, едва поднявшийся над уровнем бедности. На всю славу за рубежом он не обращал никакого внимания. Честолюбивые стремления были ему чужды. Ученик и горячий поклонник Ньютона, он с глубоким благоговением говорил о Декарте. Сменив на кафедре Валлеса, он отдавал должное острому уму старого геометра. И благодаря этому его никогда не покидало светлое настроение, которого не могли его лишить ни болезнь, ни старость».

Через 120 лет после Литтрова Дингль скажет о Галлее выразительно и лаконично: «Он украшал все, чего бы ни касался».

Имя Галлея увековечено в названиях кратеров на Луне и Марсе. Королевское астрономическое общество вот уже много лет организует в апреле — мае ежегодно «галлеевские лекции», на которые с докладами о новейших достижениях астрономии приглашаются крупнейшие ученые. Знаменитая комета, носящая его имя и неизменно возвращающаяся к Земле и Солнцу примерно через 76 лет, заставляет благодарное потомство снова и снова обращаться к его памяти и отдавать должное этому удивительному человеку.

ДАЛЬНЕЙШАЯ ИСТОРИЯ КОМЕТЫ ГАЛЛЕЯ. ПОДВИГ Э. ГАЛЛЕЯ И А. КЛЕРО

Следовало бы иметь список всех комет, потому что редкость их появления препятствует удостовериться: не возвращаются ли они опять и каков их путь.

Сенека (I в. н. э.) «Кометы».

Как уже упоминалось, Ньютон предложил геометрический (точнее, графический) способ определения параболической орбиты кометы при условии, что известны по крайней мере три наблюдения. Свой метод Ньютон приложил к вычислению орбиты кометы 1680 г. Вычисленная орбита так хорошо представляла наблюдения, полученные Галлеем, что не оставалось сомнения

в правильности принципов, положенных в основу вычислений. Так Ньютон заложил краеугольный камень в здание кометной астрономии, строительство которого начал Галлей. Комета 1680 г. вошла в историю астрономии как комета Ньютона.

Отметим ради курьеза, что К. Фламарион (1842—1925) в книге «Живописная астрономия» пишет по поводу кометы 1680 г. следующее: «Впрочем, эта знаменитая комета 1680 г. глубоко поразила внимание людей: католики, реформаторы, турки и евреи — все одинаково чувствовали большой страх. Можно сказать, что ее боялись даже... и куры! В Национальной Парижской библиотеке я нашел картину, относящуюся к этой эпохе, с надписью: «Необыкновенное чудо: как в Риме курица снесла яйцо, на котором оказалось изображение кометы». Гравюра представляет именно это яйцо в различных видах, а под ней есть подпись, утверждающая, что это событие «удостоверено папой и королевую шведской».

В память о комете 1680 г. была выбита медаль, как это часто бывало в прошлом (рис. 21).



Рис. 21. Медаль, выбитая в честь кометы 1680 г.

Через несколько лет после встречи с Ньютоном, состоявшейся в 1684 г., Галлей начал собирать все наблюдения комет, какие только мог найти в источниках, имевшихся в его распоряжении, с целью вычислять их орбиты по методу, предложенному Ньютоном.

К сожалению, наблюдений оказалось чрезвычайно мало. Первые чисто астрономические наблюдения удалось найти только для кометы 1337 г., которую наблю-

дал Никифор Грек, константинопольский историк и астроном. Вторая комета, для которой можно было определить орбиту, наблюдалась Региомontanом (Иоганном Мюллером) в 1472 г. в Нюрнберге на одной из первых в Европе обсерваторий.

После долгих и упорных поисков Галлей собрал необходимое количество наблюдений для 24 комет с 1337 по 1698 гг. В этот список вошла и комета, наблюдавшаяся им самим в 1682 г. (табл. 6).

Завершением громадного труда Галлея, предпринятого с целью подтверждения правильности закона всемирного тяготения, явился «Обзор кометной астрономии», опубликованный в 1704 г.

Чтобы почувствовать глубокую преданность науке, огромное трудолюбие и скромность Галлея, предоставим слово ему самому.

«...Работая над «Principia»...— писал он в предисловии,— знаменитый Ньютон показал, что законы движения планет, открытые Кеплером, необходимо должны иметь место и для движения комет, подтвердив это на примере кометы 1680 г. Задачу эту, достойную Эдипа, он разрешил к величайшему удивлению всех ученых. Он доказал, что комета движется по параболической орбите вокруг Солнца, как фокуса, причем площади, описываемые радиусами, пропорциональны временам.

Следуя по стопам этого великого ума, я приступил к приспособлению его геометрического метода к арифметическим вычислениям орбит комет — и труды мои были не напрасны. Собрав отовсюду наблюдения комет, я составил таблицу — плод обширного и утомительного труда — небольшую, но не бесполезную для астрономов.

Числа ее содержат результаты вычисления всех комет, точные наблюдения которых можно было найти.

Для ее улучшения я не щадил трудов и приложил все усилия к тому, чтобы она была как можно совершеннее, так как она посвящена потомству и будет продолжаться, пополняясь другими кометами — вместе с астрономической наукой.

Читателю астрономических трудов следует обратить внимание на то, что предложенные мною числа я получил с величайшим старанием из самых точных наблюдений и опубликовал их не прежде, чем после долгих лет добросовестного изучения, сделав столько, сколько

мог. Исследование это, предтечу будущей работы, я решил опубликовать, чтобы из-за какой-нибудь случайности не погибли мои ночные труды, доступные, благодаря их затруднительности, лишь немногим».

Анализируя составленный им (первый в истории астрономии!) каталог кометных орбит, Галлей не мог не обратить внимания на большое сходство элементов орбит трех комет, появившихся в 1531 г., 1607 г. и 1682 г. О существовании периодических комет в то время никто еще не подозревал, и Галлей вычислял орбиты в предположении, что кометы движутся по очень вытянутым эллипсам, близким к параболам. Элементы комет, поразившие Галлея, приводятся в табл. 7.

Т а б л и ц а 7. Элементы орбит трех комет из каталога Галлея

Комета	Узел (°)	Долгота перигелия (°)	Наклоне- ние (°)	Перигелийное расстояние
1531	49	302	162	0,567
1607	50	302	163	0,587
1682	51	303	162	0,583

Из этого можно было сделать два вывода: либо допустить, что в пространстве по параболическим орбитам, очень близким друг к другу, движутся три большие кометы (поразительная случайность), либо предположить, что это появления одной и той же кометы. И Галлей делает чрезвычайно смелое, необычное для того времени предположение.

«Довольно многое заставляет меня думать,— пишет он,— что комета 1531 г., которую наблюдал Аппиан, была тождественна с кометой 1607 г., описанной Кеплером и Лонгомонтаном, а также с той, которую я сам наблюдал в 1682 г.: все элементы сходятся в точности, а разность периодов не столь велика, чтобы ее нельзя было приписать каким-нибудь физическим причинам».

Он правильно увидел причину небольших расхождений элементов орбиты кометы в возмущающем влиянии больших планет и, в первую очередь, Юпитера и Сатурна. Определив среднюю величину периода для этой кометы, Галлей нашел, что она должна вернуться к перигелию в 1758 г. Он еще больше укрепился в пра-

вильности своих предположений, когда в астрономических записях нашел дополнительно комету 1456 г., появление которой наступало через тот же промежуток времени. Вычислить же ее орбиту не позволило отсутствие точных наблюдений.

Открытие так вдохновило Галлея, что он решил провести новый цикл вычислений, но уже в предположении, что орбита кометы — эллипс (период обращения 76 лет). Для комет 1531 г., 1607 г. и 1682 г. было получено такое прекрасное согласие с наблюдениями, что не могло оставаться сомнений в том, что им обнаружена периодическая комета.

Эти исследования Галлея были опубликованы в 1749 г. — уже после его смерти. В них он с еще большей определенностью говорит, что комета 1682 г. вернется в конце 1758 г. или начале 1759 г.

Галлей скончался в 1742 г., за семнадцать лет до предсказанного им возвращения кометы. На некоторое время интерес к ней упал, но по мере приближения назначенного времени астрономы принялись, с одной стороны, за ее поиски, с другой — за уточнение указанного Галлеем лишь приближенно момента прохождения через перигелий.

Еще Галлей обнаружил, что период обращения кометы не остается постоянным: разность периодов между появлениями 1531 и 1607 гг. на 459 дней больше, чем между появлениями 1607 и 1682 гг. Чтобы определить момент прохождения через перигелий в 1759 г., необходимо было как можно точнее узнать продолжительность последнего оборота кометы.

На решение этой задачи в полном объеме сегодня на ЭВМ БЭСМ-6 с быстродействием один миллион операций в секунду требуется несколько десятков минут. Напомним, что в то время не только не существовало методов численного интегрирования, но даже и закон всемирного тяготения нуждался в проверке и подтверждении.

Вся последующая история кометы Галлея и ее появления в 1759 г. связана с именем Алексиса Клеро (1713—1765), одного из самых выдающихся математиков Франции, в 25 лет ставшего академиком.

По предложению члена Парижской Академии наук Жозефа Лаланда (1732—1807) Клеро первоначально собирался, руководствуясь идеей Галлея, учесть влияние Юпитера на комету лишь на небольшой части ее

орбиты, когда оба тела были близки друг к другу. Но по мере углубления в работу выяснилось, что этот интервал необходимо расширить до полуоборота кометы по обе стороны от перигелия. Позднее оказалось недостаточно и этого, и влияние Юпитера на движение кометы пришлось учесть за все три оборота. В конце концов обнаружилось, что точное решение задачи невозможно без учета влияния Сатурна, масса которого лишь в три раза меньше массы Юпитера. Объем задачи и связанные с нею трудности, казалось, превосходили человеческие силы.

В процессе этого труда Клеро разработал первый математический метод численного исследования движения кометы в поле тяготения Солнца с учетом возмущений от двух больших планет — Юпитера и Сатурна. Для помощи в проведении вычислений Клеро обратился к Лаланду, обладавшему большим опытом вычислений, который, в свою очередь, привлек к этой работе Николь-Рейн-Этабль де Лабрийер Лепот (1723—1788) — женщину, всецело преданную науке, жену знаменитого тогда конструктора и теоретика часовых механизмов. Вероятно, К. Фламариону принадлежит рассказ о том, что Лепот звали Гортензией и что якобы за ее труд в вычислении орбиты и эфемериды кометы Галлея астроном К. Г. Лежантьиль (1725—1792), привезший из далекой Индии диковинный цветок, назвал его гортензией. Однако Лепот звали Николь-Рейн-Этабль, а диковинный цветок гортензию привез из Японии ботаник Ф. Комерсон.

Благодаря самоотверженному и героическому труду этого замечательного трио, гигантская по своим масштабам работа была закончена вовремя. Правда, в течение полугода все трое работали, не щадя здоровья и сил и не считаясь со временем, все отдавая вычислениям.

Результаты работы свелись к следующему. Действие Юпитера за время с 1531 по 1607 гг. сократило период обращения на 19 дней, а другие элементы орбиты кометы изменило так, что следующий период (1607—1682) должен был сократиться на 31 день. Возмущения от Юпитера с 1607 по 1682 г. уменьшили период на 420 дней, так что в целом период обращения кометы (1607—1682) только из-за влияния Юпитера уменьшился на 451 день: $420 + 31$. Это означало, что второй период (1607—1682) оказался короче первого (1531—1607) на 432 дня:

451 — 19 = 432. Расхождение с наблюдениями для 1682 г. составило 37 дней, т. е. меньше 0,1 величины, полученной из вычислений. Это расхождение осталось для Клеро необъяснимым, поскольку влияние возмущений от Сатурна в изученных им двух оборотах взаимно уничтожалось.

«Мы видим,— писал Клеро по этому поводу,— что теория дала приближение до месяца, и если обратить внимание на длину периода, на сложность причин, производящих неравенства, и на природу задачи, то мы считаем эту проверку теории Ньютона более поразительной, чем какая-либо другая».

Для последнего оборота 1682 — 1759 вычисления показали, что под влиянием Юпитера период обращения увеличится на 518 дней и под влиянием Сатурна — еще на 100 дней. Это обстоятельство — «опоздание» кометы на 618 дней в 1759 г. оказалось чрезвычайно благоприятным для Клеро и его сотрудников, так как дало им возможность закончить работу до появления кометы. Окончательно момент прохождения через перигелий был предсказан на середину апреля 1759 г., причем Клеро указал, что эта дата может быть ошибочна не более чем на месяц в обе стороны, вследствие допущенных в процессе вычисления упрощений.

Позднее в работе, посвященной комете Галлея и выполненной по объявленной Петербургской Академией наук теме в 1761 г., Клеро определил момент прохождения через перигелий с точностью до 19 дней («Изыскания о комете 1531, 1607, 1682 и 1759 гг., служащие продолжением работы, в которой было назначено время возвращения этой кометы»). Клеро за эту работу был удостоен премии Петербургской Академии в 1762 г.

В октябре 1758 г. Клеро представил Парижской Академии наук мемуар о движении кометы Галлея и ее предстоящем появлении.

«Комета, которую ожидают больше года, — писал Клеро в предисловии,— сделалась предметом гораздо более живого внимания, чем то, которое публика обыкновенно оказывает астрономическим вопросам. Истинные друзья науки желают ее возвращения, потому что от этого должно последовать превосходное подтверждение той системы, в пользу которой говорят почти все явления. Напротив, те, которым доставляет удовольствие видеть философов погруженными в беспокойство и смущение, надеются, что она совсем не вернется и что от-

крытия как Ньютона, так и его приверженцев окажутся на одном уровне с гипотезами, взлелеянными одним воображением. Многие лица этого последнего рода уже торжествуют, и один год запоздания, в котором повинны лишь заявления, лишенные всякого основания, считают достаточным для осуждения ньютоновцев. Я имею в виду доказать теперь, что это запоздание, далеко не нанося ущерба системе всемирного тяготения, есть необходимое следствие ее и что оно должно быть еще больше, и я попытаюсь указать его пределы».

До предсказанного Клеро возвращения кометы к перигелию оставалось несколько месяцев. Никогда еще в истории астрономии научное предсказание не возбуждало такого живого любопытства в Европе от одного ее края до другого.

Комету начали искать задолго до перигелия во многих странах. В Париже первым открыл ее после двухлетних поисков Ш. Мессье (1730—1817), ассистент директора Морской обсерватории Ж. Н. Делиля (1688—1768), 21 января 1759 г., но по указанию последнего не обнародовал своего открытия до апреля 1759 г., когда поступили сообщения, что комету наблюдали в Германии еще в декабре 1758 г. Честь первооткрывателя досталась простому крестьянину, любителю астрономии Георгу Паличу (1723—1788), открывшему комету в рождественскую ночь (25 декабря) 1758 г. в 8-футовую подзорную трубу в созвездии Рыб как слабую туманную звезду 8^m *). В этом появлении комета Галлея прошла через перигелий 13 марта, на 32 дня раньше времени, предсказанного Клеро, но в пределах указанной им возможной ошибки. После открытия кометы ставший знаменитым и удостоившийся посещения многими высокопоставленными особами королевского двора, Г. Палич, однако, остался таким же скромным любителем

*) В письме своему другу Готгольду Гофману в Дрездене Палич сообщает следующее: «Когда я, по своей упорной привычке внимательно наблюдать небесные явления, 25 декабря сего года в 6 часов вечера рассматривал в свою 8-футовую подзорную трубу неподвижные звезды, чтобы увидеть доступную теперь наблюдению звезду в созвездии Кита, а также не приблизилась ли и не показалась ли задолго до того предсказанная и страстно ожидаемая комета, то на мою долю выпало невыразимое удовольствие открыть недалеко от упомянутой звезды в созвездии Рыб до того там еще никогда не замеченную туманную звезду. Наблюдения, повторенные 26 и 27 декабря, подтвердили предположение, что это — комета».



Рис. 22. «Слух о появлении необыкновенной кометы разносится по городу» (карикатура).



Рис. 23. «...раздался единодушный крик: «Комета!» (карикатура).

астрономии и не покинул своей деревни. Позднее там ему был воздвигнут памятник.

С 14 апреля комета ушла в южное полушарие и вновь стала видна в Европе с 1 мая. «Слух о предстоящем появлении необыкновенной кометы, — говорится в одной из книг, — разнесся по Парижу (рис. 22), и вечером 1-го мая, задолго до захода Солнца, толпы любопытных заполнили набережные, мосты и сады, нетерпеливо ожидая появления кометы. Как только зашло Солнце, недалеко от него заблестала яркая звезда и раздался единодушный крик: «Комета!» Но это была не комета, а Венера; настоящая же комета стояла низко над горизонтом, слабо светилась, и ее никто не заметил».

На приведенном рисунке (рис. 23) карикатурист с юмором изобразил живописную толпу лондонцев, возбужденных появлением какой-то кометы. Вероятно, нечто подобное происходило и в Париже при наблюдении кометы Галлея.

Оценивая значение работы Клеро, Лаланд писал: «В нынешнем году свет имеет перед глазами весьма важное явление, которое когда-либо представлялось астрономам; будучи единственным до настоящего времени, оно рассеивает наши сомнения, а наши гипотезы делает достоверными... Клеро испрашивал месяц в пользу теории; этот месяц действительно оказался. Разница в 586 дней между последовательными обращениями этой кометы, произведенная возмущающим действием Юпитера и Сатурна, является наиболее поразительным доказательством справедливости великого закона тяготения, давая ему место среди основных законов природы.

Действительно, хотя во все времена мыслящие физики надеялись, что кометы возвратятся снова, хотя



Рис. 24. Вид кометы Галлея в 1759 г. (по Мессье).

Ньютон был уверен в этом, а Галлей осмелился назначить время такого возвращения, однако все, не исключая и самого Галлея, признавали в них много случайного и предоставляли решение этого вопроса потомству. Какая разница между ними и нами! Между тем удовольствием, которое доставляла им эта счастливая догадка, и тем современным положением дела, когда мы видим ее исполнение! Сопоставить между собою ряд событий, представляемых историей, и извлечь из них надлежащие следствия, вот в чем состояло дело Галлея. Видеть эти следствия осуществившимися вполне — это удовольствие предоставлено нам».

Работы Ньютона, Галлея и Клеро поставили здание астрономии на прочное основание. Последующим поколениям астрономов оставалось усовершенствовать использованные ими методы и довести их до большей точности, изящества и простоты. И новые появления кометы Галлея дали возможность продемонстрировать в полном объеме прогресс, достигнутый небесной механикой и математикой.

ПЕРВАЯ ПРОГРАММА НАУЧНЫХ ИССЛЕДОВАНИЙ КОМЕТЫ ГАЛЛЕЯ В 1835 Г.

При настоящем своем появлении она наблюдалась с такой точностью, которая, несомненно, принесет науке плоды при будущих появлениях.

В. Струве

Подходил к концу еще один «год» в жизни кометы Галлея. На Земле сменилось почти три поколения. Европа пережила потрясение Великой Французской революции, взлет, падение и смерть Наполеона. В России стали достоянием истории царствование Екатерины II, связанное с ростом военного и морского могущества страны, «нашествие двенадцати языков» — Отечественная война — и победоносное движение русских войск по Европе, восстание декабристов...

В астрономии большие успехи были достигнуты в небесной механике, усовершенствовались телескопы и методы наблюдений. Еще в 1781 г. В. Гершель открыл Уран.

Кометой Галлея ученые стали интересоваться задолго до ее предсказанного прохождения через перигелий. Уже в 1816 г. директор обсерватории Военной школы

в Париже француз М. Ш. Т. Дамуазо (1768 — 1846) попытался учесть возмущающее действие Юпитера, Сатурна и Урана на комету за два оборота, но сделал это не очень точно. Учитывая новизну и громадный объем работы, Туринская Академия наук отметила работу Дамуазо премией.

В 1824 г. Парижская Академия наук в третий раз объявила премию за наилучший способ вычисления возмущений в движении комет с приложением к комете Галлея (над этой проблемой в свое время работал Клеро). На этот раз парижский астроном Г. Д. Понтекулан (1795 — 1874) откликнулся на призыв Академии и в 1829 г. премия ему была заслуженно вручена. Полностью Понтекулан закончил свой труд только через 10 лет — в 1834 г. Он с большой точностью учел возмущения Юпитера, Сатурна и Урана за два оборота кометы и от Земли в 1759 г. (комета прошла от нее на минимальном расстоянии — 0,12 а. е.), которые увеличили период обращения кометы на 16 дней, и получил систему элементов кометы Галлея на 1835 г. Найденный им момент прохождения через перигелий приходился на 13 ноября 1835 г.

В это же время в Германии над вычислением орбиты кометы работали независимо друг от друга тоже два астронома — Я. В. Леман (1800—1863) и О. А. Розенбергер (1800 — 1890). По Леману комета должна была пройти перигелий 24 ноября 1835 г., по Розенбергеру — 12 ноября. Вычисления Розенбергера отличались тщательностью и точностью. Влияния Юпитера, Сатурна и Урана он дополнил возмущениями Меркурия, Венеры, Земли и Марса. Розенбергер полагал, что комета Галлея должна появиться в августе 1835 г. и наблюдаться до апреля 1836 г.

На рис. 25 представлен схематично путь кометы в этом появлении. Комета прошла перигелий 16 ноября, т. е. очень близко к предвычисленным Понтекуланом и Розенбергером датам. На минимальном расстоянии от Земли в этом появлении комета Галлея прошла 12 октября ($\Delta_{\min} = 0,19$ а. е.). Розенбергер за гигантский по своему объему труд и блестящий результат был награжден золотой медалью Лондонского астрономического общества.

Выдающийся отечественный астроном XIX в. академик Василий Яковлевич Струве (1793 — 1864), основатель и первый директор Пулковской обсерватории, четко

сформулировал задачи научной программы наблюдений кометы Галлея в 1835 г.: 1) определение точных положений кометы Галлея на небесной сфере для вычисления ее орбиты и 2) изучение физического строения кометы.

Задолго до прохождения перигелия комету искали с помощью лучших телескопов все астрономы Европы. Счастье первооткрывателя выпало на долю директора Римской обсерватории Е. Дюмушеля (1773 — 1840) — он утром 5 августа 1835 г. на безоблачном ясном небе

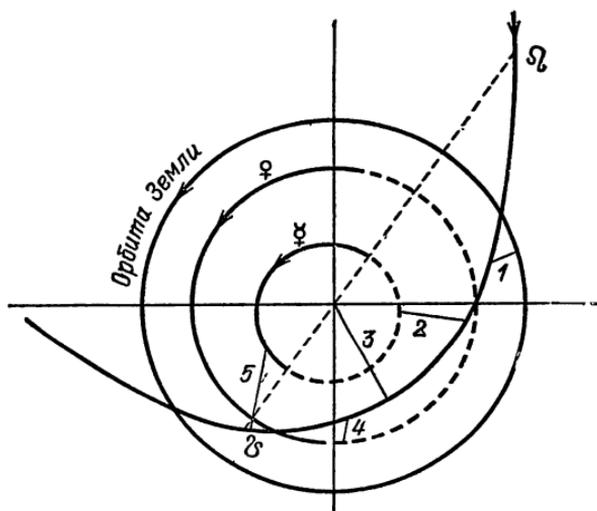


Рис. 25. Схематический путь кометы Галлея в появлении 1835 г. Цифрами обозначены сближения (в скобках указаны даты и расстояния в а. е.): 1 — с Землей (12.X, 0,19), 2 — с Меркурием (28.X, 0,35), 3 — с Солнцем (16.XI, 0,59), 4 — с Венерой (27.XI, 0,18), 5 — с Меркурием (14.XII, 0,40).

Вечного города обнаружил в телескоп туманный, почти круглый объект, недалеко от предвычисленного места — в созвездии Тельца. По мере улучшения условий видимости кометы (она поднималась к северу) ее блеск стал быстро увеличиваться. 20 августа она была найдена в Дерпте (Тарту) В. Струве в 19' от указанного эфемеридой Розенбергера места. 21 августа комету нашли астрономы из Берлина, Вены и Бреславля; 23 августа — английские астрономы. В октябре 1835 г. наступила самая лучшая пора для наблюдений — комета была видна невооруженным глазом и хорошо расположена на небе: с наступлением ночи она поднималась



Василий Яковлевич Струве (1793—1864) — основатель и первый директор Пулковской обсерватории.

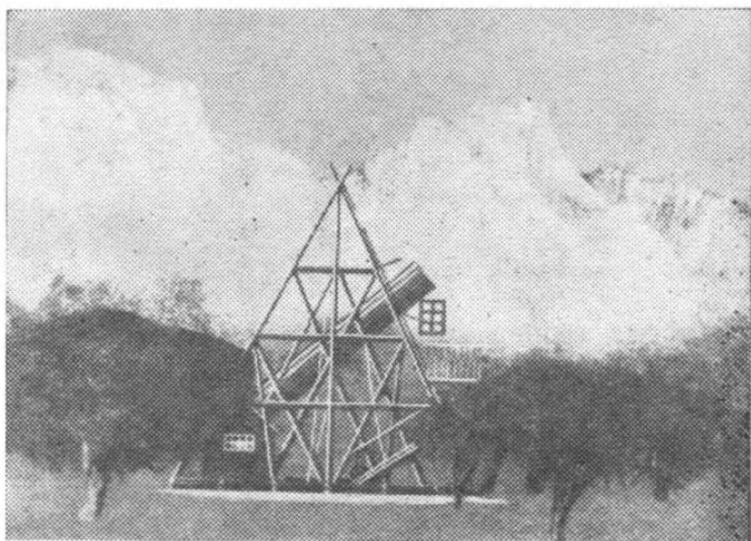


Рис. 26. Обсерватория Дж. Гершеля на мысе Доброй Надежды.

над горизонтом, быстро двигалась от созвездия Возничего к Большой Медведице и далее — к Северной Короне. Хвост показался не ранее 2 октября, затем стал быстро развиваться и 19 октября (по наблюдениям в Мадриде), по-видимому, достиг максимума $\sim 30^\circ$.



Фридрих Вильгельм Бессель (1784—1846).

В это время голова кометы казалась невооруженному глазу красноватой звездой примерно 1^m , немного более яркой, чем Антарес или Альдебаран. К началу ноября блеск кометы совсем ослабел, исчез хвост, она подошла близко к Солнцу и к моменту прохождения через перигелий — 16 ноября — совсем скрылась в его лучах до января.

23 января комета наблюдалась снова, как звезда 6^m , но послеперигелийные наблюдения велись преиму-

щественно в южных широтах, в частности, на мысе Доброй Надежды (рис. 26) Джоном Гершелем (1792 — 1871) и директором обсерватории королевским астрономом Т. Маклиром (1794 — 1879). Последнее наблюдение сделано 5 мая 1836 г.

По утверждению Дж. Гершеля, всеобщее внимание астрономов, оснащенных хорошими телескопами, несравненно более мощными, чем в 1759 г., и пред-

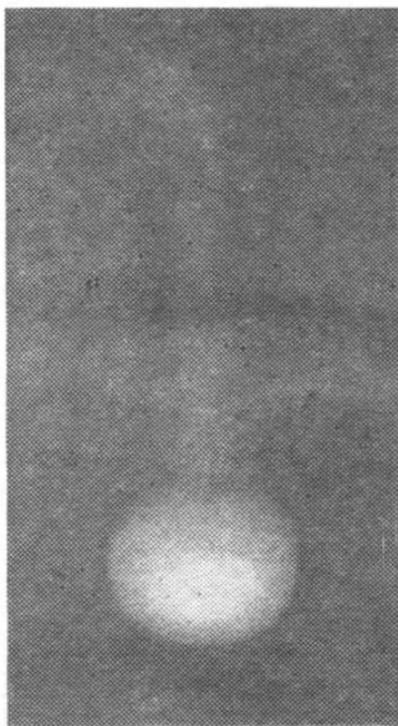


Рис. 27. Вид кометы Галлея 29 сентября 1835 г. (рисунок Струве).

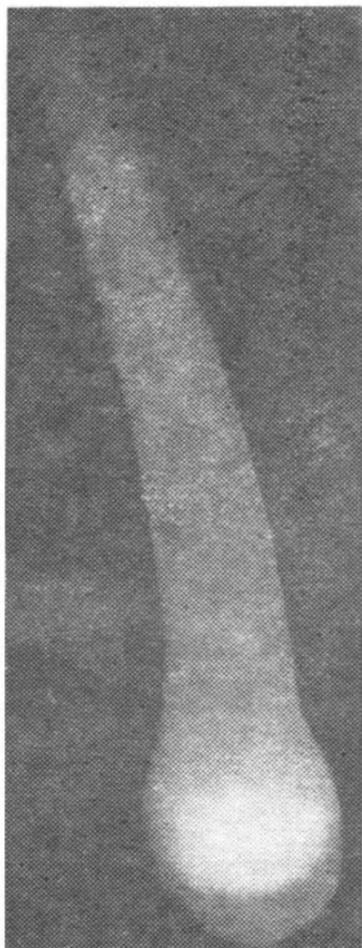


Рис. 28. Вид кометы Галлея 3 октября 1835 г. (рисунок Струве).

ставившийся случай изучить замечательные явления в голове и хвосте кометы придали появлению кометы Галлея в 1835 г. значение важной вехи в истории комет. Множество наблюдений (всего их сделано было около двух тысяч) и рисунков, выполненных на различных

обсерваториях, обеспечили богатый материал для размышлений, обобщений и выводов.

Что же происходило с кометой? Предоставим слово наблюдателям — Ф. В. Бесселю, В. Я. Струве и Дж. Гершелю, сопоставляя их описание с рисунками (прекрасные зарисовки сделаны Струве — рис. 27—35).

2 октября — в день появления хвоста — ядро, до этого времени бывшее небольшим и бледным, вдруг сделалось блестящим и стало испускать из части, обращенной к Солнцу, снап света, образуя веер, края которого составляли угол 90° (рис. 28).

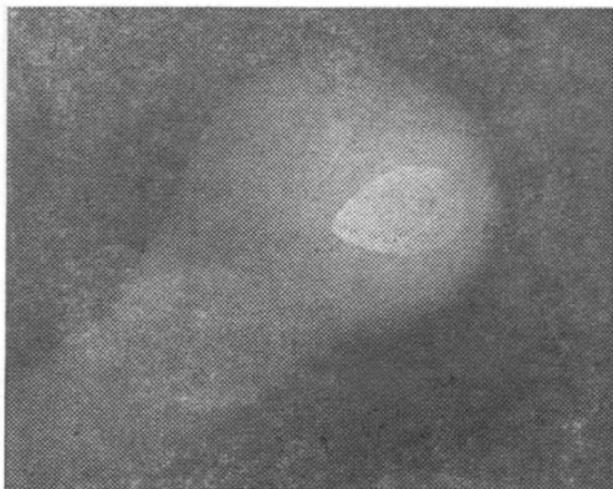


Рис. 29. Вид кометы Галлея 8 октября 1835 г. (рисунок Струве).

8 октября (рис. 29). Ослабевшее было ядро стало снова ярким, истечение появилось снова и стало удивительной яркости. Поскольку расстояние до Земли изменилось незначительно, это могло означать, что комета испускала свой собственный свет.

9 октября (рис. 30). Появился хвост, видимый простым глазом (2°). В ядре наблюдались два огромных размеров истечения, направленных в разные стороны.

10 октября (рис. 31). Огненный луч в форме ракеты исходил из горящего ядра подобно искрам, гонимым сильным ветром.

12 октября (рис. 32). Комета прошла на минимальном расстоянии от Земли. Вид истечения подобен горячей ракете. Угол истечения (с направлением радиус-век-

тора) вечером был 19° , а под утро — 55° . Бессель определил, что период этих колебаний составляет 5 дней, а амплитуда $\sim 60^\circ$.

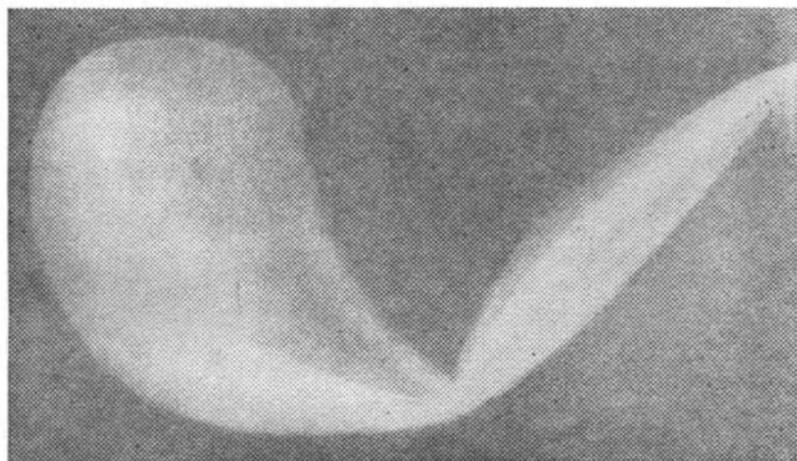


Рис. 30. Вид кометы Галлея 9 октября 1835 г. (рисунок Струве).

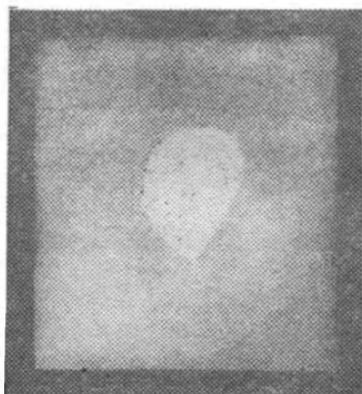


Рис. 31. Вид кометы Галлея 10 октября 1835 г. (рисунок Струве).

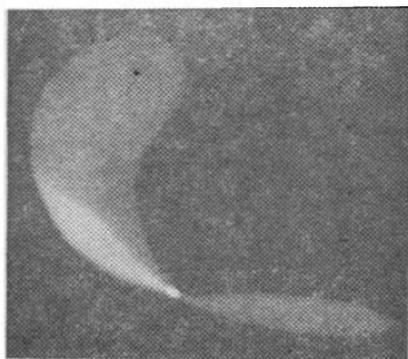


Рис. 32. Вид кометы Галлея 12 октября 1835 г. (рисунок Струве).

13 октября. В ядре отмечается 6 ярких огненных лучей, имевших в длину около 1 млн. км. Истечение вещества прекратилось. Масса отделившегося вещества находилась налево от ядра.

14 октября (рис. 33). Истечение возобновилось с новой силой. Края сектора загнулись, и яркость ядра уменьшилась.

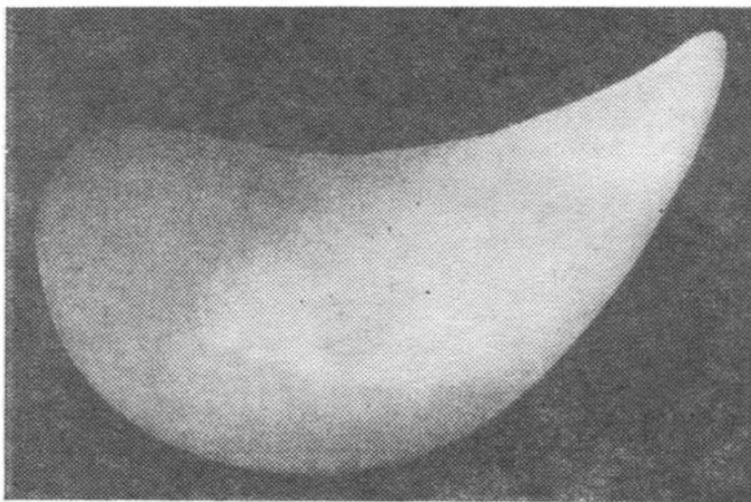


Рис. 33. Вид кометы Галлея 14 октября 1835 г. (рисунок Струве).

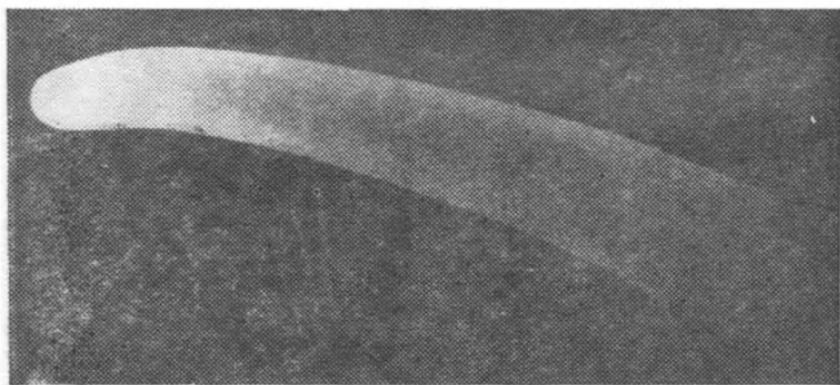


Рис. 34. Вид кометы Галлея 27 октября 1835 г. (рисунок Струве).

19 октября. Хвост достиг 20° .

21 октября. Хвост уменьшился до 7° . Наблюдались три сектора, пропавшие 13 октября. Яркое ядро почти исчезло.

25 октября. Световой веер исчез; осталось только слабое уплотнение у центра, похожее на звезду. Вид кометы уже не изменялся так сильно, как прежде.

27 октября (рис. 34). Струве не отмечает в комете ни истечений, ни яркого ядра — сплошная светящаяся оболочка, свет которой уплотнялся в центре. За головой тянулся загибающийся хвост.

29 октября (рис. 35). Струве отмечает, что ядро и истечение снова появились, но в совершенно новой форме: одно истечение окружало другое.

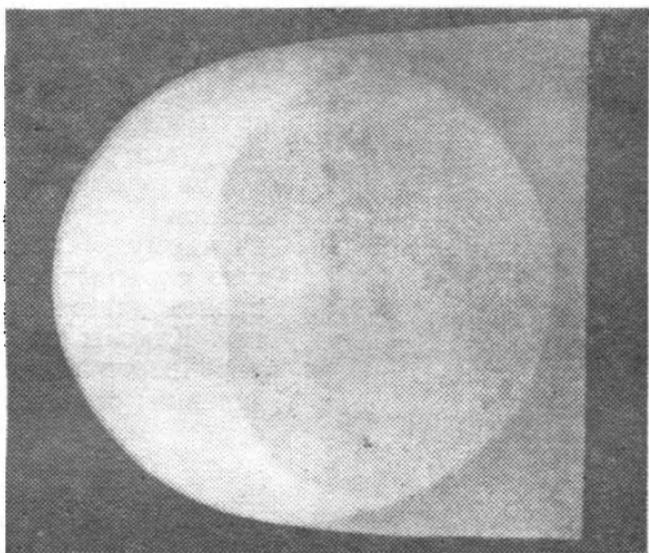


Рис. 35. Вид кометы Галлея 29 октября 1835 г. (рисунок Струве).

Дж. Гершель отмечает, что когда в конце января 1836 г. комета Галлея стала наблюдаться вновь (рис. 36), то она явилась уже в совершенно ином виде, очевидно, претерпев в промежутке какую-нибудь важную физическую перемену, которая совершенно преобразовала ее внешние признаки. Хвоста не было и следов. Невооруженному глазу комета казалась слабой звездочкой 4—5^м, а в телескоп — небольшим диском, окруженным туманностью (рис. 37).

Однако в течение всего этого времени само ядро изменилось мало, только тянувшийся из него короткий блестящий луч увеличивался в длине (рис. 38), как бы, по словам Дж. Гершеля, привлекая назад к ядру постепенно сгущавшееся вещество, выброшенное ранее (яркими снопами и ракетными струями). Но постепенно

и этот луч угас, и комета, как и в августе, превратилась в маленькое слабое пятнышко.

Превращения, испытанные кометой Галлея в этом появлении, были настолько грандиозны и поразительны, что сравниваются Дж. Гершелем с превращениями разбойников в дантовом аду. Одно из самых поразительных

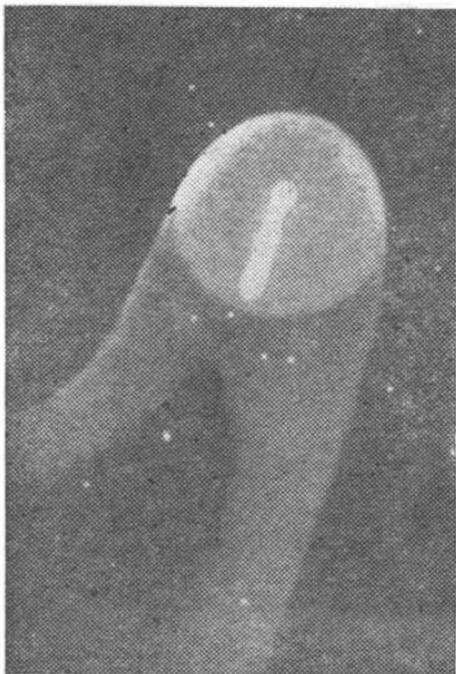


Рис. 36. Вид кометы Галлея 28 января 1836 г. в 20-футовый телескоп Гершеля.

явлений — полная потеря хвоста еще до прохождения кометы через перигелий.

Богатый материал, полученный за несколько месяцев наблюдений, дал толчок новому направлению в кометной астрономии — научному обоснованию сложных явлений, происходящих в кометах. Каковы же оказались итоги нового появления ставшей еще более знаменитой кометы? Кратко их можно сформулировать следующим образом.

Были получены длительные ряды наблюдений кометы, позволившие еще точнее вычислить ее орбиту и прогнозировать движение кометы в прошлое

и будущее. Особенно ценными являются серии наблюдений Бесселя и Струве. Как показывают вычисления, они по точности не уступают современным наблюдениям комет.

Прекрасные наблюдения Струве кометы Галлея в 1835 г. в дальнейшем существенно помогли астрономам предсказать еще с большей точностью ее прохождение через перигелий в 1910 и 1986 годах. Недаром Пулковскую обсерваторию называли астрономической столицей мира и такой авторитет был завоеван пулковскими астрономами еще в XIX в., благодаря великолепному наблюдательному таланту ее первого директора Струве. Точ-

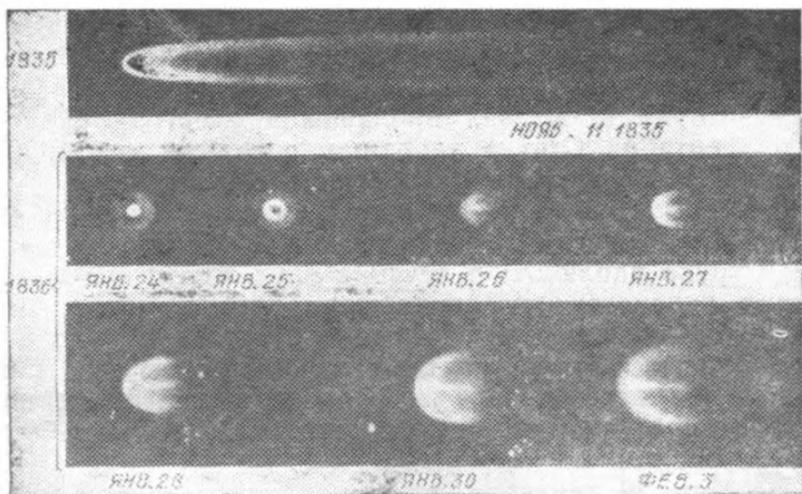


Рис. 37. Изменение внешнего вида кометы Галлея в появления 1835—1836 годов.

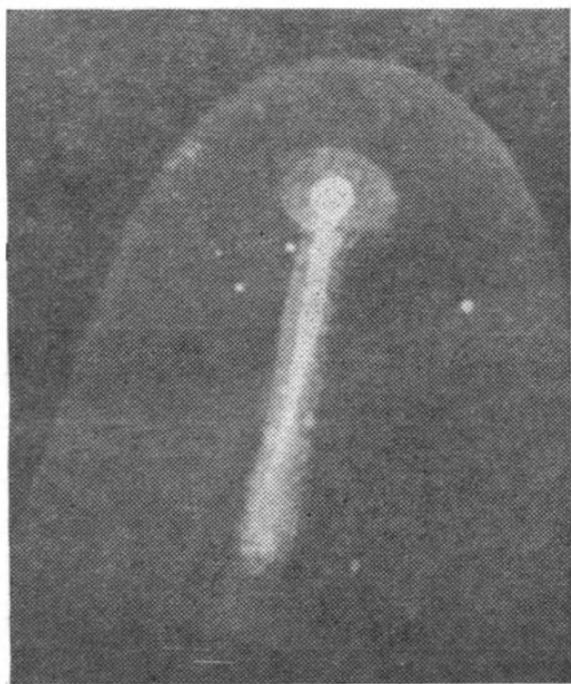


Рис. 38. Вид кометы Галлея 11 февраля 1836 г. в телескоп Гершеля.

ность наблюдений Струве была такова, что И. Ф. Энке (1791 — 1865), вычислявший впоследствии возвращение «своей» кометы, отбросил наблюдения 20 европейских обсерваторий и оставил наблюдения одного Струве.

17 сентября Струве наблюдал покрытие звезды кометой Галлея, которое было почти центральным. Тем не менее, звезда была все время видна, и блеск ее не ослабевал. Вместе с тем видимый путь звезды, за которой Струве наблюдал в течение двух часов, «не обнаружил никакого отклонения луча зрения, вызванного преломлением света звезды при прохождении через все тело кометы в самых плотных его частях, из чего следует почти несомненно, что у кометы или вовсе нет твердого ядра, или оно так ничтожно, что не может быть измерено».

Бессель 29 сентября тоже наблюдал прохождение кометы вблизи слабой звезды 10^m . Он тоже отмечает, что «звезда не испытала ни малейшего преломления света, хотя наблюдалась всего в $7''$ — $8''$ от ядра. Блеск ее тоже не ослабел. Если бы оказалось, что и на более близком расстоянии от центра свет не преломляется, то это послужило бы доказательством, что туманность кометы не состоит из газа или, по крайней мере, из известных нам газов, преломляющих свет».

Используя наблюдения кометы Галлея в 1835 г., Бессель заложил основы механической и физической теории кометных форм. Анализируя причины резких и быстрых изменений внешнего вида кометы, Бессель пришел к выводу, что колебательные движения хвоста должны вызываться некоторой ранее неизвестной силой, заставляющей одни лучи кометы направляться к Солнцу, а другие — в противоположную сторону. Он назвал эту силу полярной, аналогичной силе земного магнетизма, действующей на концы магнитной стрелки.

«Эта неизвестная ранее сила — отталкивательная сила Солнца, — пишет он. — Действие ее состоит в том, что вещество кометы, улетающая, поляризуется и отталкивается Солнцем с силой, обратно пропорциональной квадрату расстояния, причем как сила притяжения, так и сила отталкивания складываются обычным образом.

Когда комета достаточно близка к Солнцу, то поляризуется и ядро и начинает выбрасывать потоки световой материи по направлению к Солнцу. Часть поверхно-

сти, которую покидают частицы, имеет такую поляризацию, что вещество стремится притянуться к Солнцу, но при движении через пространство, наполненное противоположно поляризованной материей, нейтрализуется и начинает двигаться в обратном направлении, образуя хвост».

«Я не вижу затруднения,— продолжает Бессель,— в предположении, что кометы состоят из частиц вещества, для которого достаточно очень малого увеличения тепла или какой-либо отталкивательной силы, чтобы оно перешло в парообразное состояние. Плотность его должна быть очень мала...»

Это высказывание Бесселя фактически является одной из первых формулировок о ледяной природе кометных ядер. До Бесселя догадку о ледяных ядрах комет высказывал несколько ранее П. С. Лаплас (1794 — 1827) в третьем издании «Изложения системы мира», опубликованном в 1808 г. «Какова бы ни была природа: тепла,— писал он,— мы твердо знаем, что оно расширяет все тела и что оно переводит большое число твердых тел в жидкие, а жидкие в пары... Такие большие изменения имеют место на кометах, которые подходят близко к Солнцу в своих перигелиях. Туманности, которые их окружают, являются результатом испарения жидкостей на их поверхности; охлаждение, которое при этом получается, должно умерять чрезмерный жар, связанный с их близостью к Солнцу...»

Таким образом, наблюдения и исследования кометы Галлея в 1835 г. привели к новым представлениям о физической природе кометных ядер и процессов, происходящих в головах и хвостах комет. Особенно глубокое развитие эти представления получили в трудах выдающегося русского ученого академика Федора Александровича Бредихина (1831 — 1904).

МЕЖДУ ДВУМЯ ПОЯВЛЕНИЯМИ КОМЕТЫ ГАЛЛЕЯ.
Ф. А. БРЕДИХИН — ВЫДАЮЩИЙСЯ АСТРОНОМ,
СОЗДАТЕЛЬ ТЕОРИИ КОМЕТНЫХ ФОРМ

На всей истории мировой астрономической науки второй половины XIX в. лежит неизгладимый отпечаток деятельности крупнейшего русского астрофизика Федора Александровича Бредихина. Он выступил на арену кометной и метеорной астрономии в одну из интерес-

нейших эпох, когда Вселенная раскрывала перед пытливыми взорами человечества величественные и загадочные картины звездных дождей и ярких комет очень красивых и разнообразных форм.

Бредихин застал бесчисленное множество гипотез, созданных астрономами разных эпох и народов, часто противоречивых, теоретически необоснованных, безуспешно пытавшихся объяснить причудливые, многообразные и непрерывно изменчивые формы голов и хвостов комет. Нужен был талант самобытный и яркий, ум глубокий, анализирующий и обобщающий, способный смело отбрасывать все беспочвенное и бездарное, сохранять и творчески развивать все зерна истины, разбросанные в идеях предшественников. Бредихин обладал этими редкими дарованиями гениев науки и умел по едва уловимым, разрозненным фактам, не имеющим очевидной внутренней связи, восстанавливать целостные картины, улавливать закономерности в их изменчивом многообразии, перекладывать их на язык математики, механики и астрономии, согласовывать теорию с наблюдениями. Ему принадлежит ряд фундаментальных исследований в области кометной и метеорной астрономии, получивших всемирную известность.

Бредихину ни разу не удалось увидеть комету Галлея, так как при ее появлении в 1835 г. ему было лишь 4 года, а следующее ее появление (1909—1911 гг.) произошло через пять лет после его смерти. Но Бредихин наблюдал и изучал много интересных комет. Перечислим некоторые из них: ядра распавшейся кометы Биэлы в 1852 г.; яркая комета Донати, наблюдавшаяся очень продолжительное время в 1858 г., обладавшая исключительно красивым и сложным хвостом, эффектно сверкавшим на звездном небе; грандиозная комета 1882 г., давшая Бредихину богатейший материал для установления его классификации кометных форм (3 основных типа хвостов и редкий «аномальный» хвост); комета Брукса, промчавшаяся в 1886 г. над самой поверхностью Юпитера и распавшаяся на части под влиянием разрушительных сил его притяжения (Бредихин наблюдал ее сразу после открытия в 1889 г. в сопровождении четырех малых комет-спутников и сам вычислял все их орбиты).

Ф. А. Бредихин родился 8 декабря 1831 г. на Украине в г. Николаеве в семье потомственных моряков. Его отец — Александр Федорович Бредихин — был офицером

Черноморского флота и участвовал в русско-турецкой войне 1827—1828 годов. Мать его — Антонина Ивановна — была сестрой адмирала Рогоули, второго коменданта Севастополя во время его героической обороны в 1854—1855 годов.



Федор Александрович Бредихин (1831—1904).

Первоначальное образование и воспитание он получил дома под руководством опытного и культурного педагога З. С. Соколовского, отставного директора Херсонской гимназии. Этот талантливый педагог благотворно повлиял на умственное развитие Федора Александровича и внушил ему любовь к знанию, особенно к естественным наукам и математике. В 1845 г. 14-летний Бредихин поступил в Ришельевский лицей в Одессе, а в 1851 г. — в Московский университет, предполагая сначала пойти по стопам отца и стать моряком; но с чет-

вертого курса он заинтересовался астрономией и в 1855 г. был оставлен при университете для подготовки к профессорскому званию. В 1857 г. он сдает магистерские экзамены и с 1858 г. начинает читать лекции в университете. В 1861 г. были опубликованы первые научные работы Бредихина по физике комет, а в 1862 г. он защитил магистерскую диссертацию «О хвостах комет» и был назначен экстраординарным профессором. В 1865 г. ему была присвоена степень доктора астрономии за диссертацию «Возмущения комет, не зависящие от планетных притяжений», после чего он стал ординарным профессором Московского университета. В Московской обсерватории Бредихин проявил себя не только талантливым новатором в области науки, но и умелым организатором и воспитателем национальных научных кадров.

Будучи глубоким знатоком небесной механики и математики и располагая богатейшим материалом кометных наблюдений и личных зарисовок многообразных голов и хвостов комет, Бредихин продолжил, углубил и обобщил созданную его предшественником Бесселем фонтанную теорию головы кометы и разработал строго обоснованную механическую теорию кометных форм, объединившую в одно целое головы и разнообразные хвосты комет. Он создал строгую научную классификацию этих хвостов, выделив из их большого многообразия три основных (нормальных) типа (рис. 39) и четвертый тип — аномальный (аномальные хвосты были, например, у кометы Донати 1858 г. и кометы 1882 II).

Изучив работы Бесселя, Бредихин обнаружил, что формулы Бесселя, описывающие движение кометного вещества, пригодны только в близкой к ядру области, — в голове кометы; их применение для более далеких частей давало неверные результаты. Бредихин вывел более точные формулы, которые полностью описывали движение кометного вещества даже в самых протяженных хвостах. В основу своей знаменитой классификации хвостов комет Бредихин положил величину отталкивательной силы, действующей на частицы хвоста кометы. К I типу он отнес длинные прямые или слегка изогнутые хвосты, в которых сила отталкивания должна быть кратна 22,3 (как считал Бредихин): в спектрах таких хвостов наблюдаются ионы CO^+ , N_2^+ , H_2O^+ и др. В хвостах II типа отталкивательные силы всего только в 0,6—2,5 раза превышают силы притяжения; по внешне-

му виду такие хвосты напоминают сильно изогнутый конус или воловий рог, спектр хвостов II типа непрерывный. Такие хвосты встречаются чаще всего — они шире и короче хвостов I типа. Хвосты III типа характеризуются отталкивательными силами в 0,1—0,3 раза

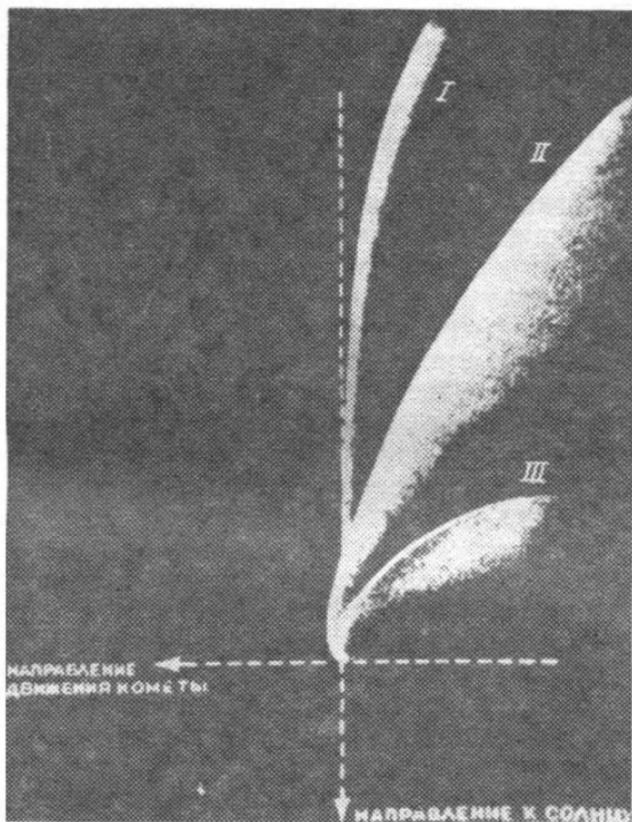


Рис. 39. Классификация кометных хвостов.

большими, чем силы притяжения, а по внешнему виду это самые короткие и прямые хвосты, сильно отклоненные от линии, соединяющей ядро кометы с Солнцем; спектр хвостов III типа также непрерывный. Хвосты IV типа — редко встречающиеся аномальные хвосты, для которых отталкивательные силы несутсущественны, они подчиняются только силе тяготения и поэтому в отличие от первых трех типов всегда направлены к Солнцу. Состоят такие хвосты из крупных частиц.

В разработке основ механической теории кометных хвостов Бредихину активно помогали такие выдающиеся русские ученые, как Н. Е. Жуковский (1847—1921), усовершенствовавший математический аппарат теории Бредихина, и физик П. Н. Лебедев (1866—1912), который в начале 1900-х годов экспериментально доказал существование силы давления света на твердые тела, а затем на газы, расшифровав таким образом физическую природу одной из солнечных отталкивательных сил, оказавшейся не чем иным, как силой давления солнечного света на кометную пыль и газы. Другая отталкивательная сила стала известна только в 50-х годах нашего столетия,— это сила давления солнечного ветра, эффективно действующая на плазменные хвосты комет.

Для описания движения вещества в хвостах комет Бредихин создал оригинальную теорию, с помощью которой он, например, показал, что частицы, покинувшие ядро кометы, движутся по гиперболическим траекториям и в результате располагаются вдоль определенных направлений в хвосте, для которых Бредихин ввел термины: синдинами (линии, вдоль которых располагаются частицы, вылетевшие с одинаковыми начальными скоростями под действием одинаковых отталкивательных сил) и синхроны (параллельные светящиеся полосы в пылевых хвостах, состоящие из частиц, вылетевших из ядра в результате вспышек в один и тот же момент времени). Совокупность всех синдинам образует в пространстве поверхность, напоминающую конус, которая называется «синдинамным коноидом» и, согласно зарисовкам Бредихина, напоминает изогнутый воловий рог. Этот коноид представляет собой пространственные контуры кометного хвоста. Таким образом, с помощью синдинам и синхрон Бредихину первому удалось объяснить образование многохвостных комет. Именно такой была яркая комета Донати, наблюдавшаяся в 1858 г. (рис. 40) Бредихиным, которая укрепила в нем живой интерес к проблемам комет.

Бредихин стяжал себе мировую славу также и в области метеорной астрономии; развивая и значительно углубляя, он всемерно усовершенствовал и обобщил теорию Скиапарелли об образовании метеорных потоков в результате распада ядер комет (под действием возмущений от больших планет, особенно Юпитера). Согласно Бредихину, одной из начальных стадий распада ядра является образование аномального хвоста у кометы, а за-

тем разделение одной кометы на несколько комет, движущихся по сходным орбитам. В конечном итоге распавшаяся комета порождает широкий метеорный поток,

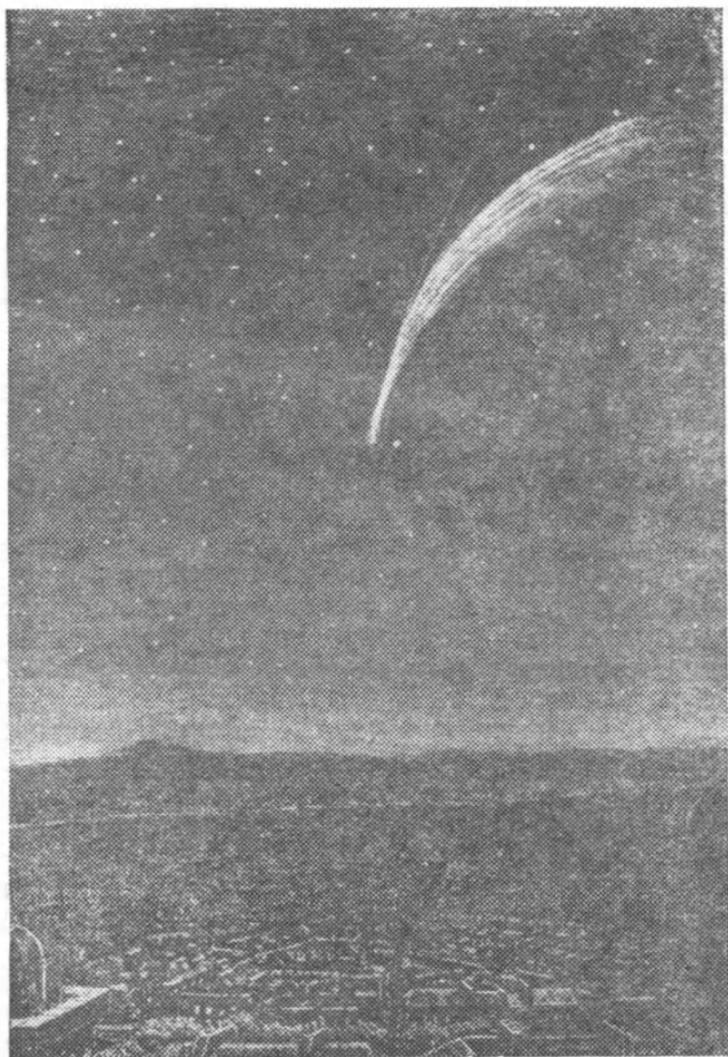


Рис. 40. Комета Донати 5 октября 1858 г.

состоящий из мелких частиц, и когда Земля встречается с таким потоком, можно увидеть в атмосфере красочное зрелище — звездный дождь.

Бредихину также принадлежит идея о наличии металлов в ядрах комет, он первым открыл натрий в спектрах комет (комета 1882 I), первым высказал идею о существенном влиянии корпускулярного излучения Солнца на кометы и множество других оригинальных идей. В 1890 г. Ф. А. Бредихин был избран членом Петербургской Академии наук и назначен директором Пулковской обсерватории. Бредихин был одним из основателей Математического общества в Москве, председателем Русского астрономического общества. За свои заслуги перед мировой наукой он был избран членом-корреспондентом Лондонского королевского астрономического общества, Ливерпульского астрономического общества, Бюро долгот в Париже и членом многих других русских и зарубежных научных обществ.

В 1946 г. за выдающиеся достижения в области астрономии Президиум Академии наук СССР учредил премию имени Ф. А. Бредихина. В числе лауреатов этой премии такие известные специалисты в области кометной астрономии, как Е. И. Казимирчак-Полонская, Б. А. Воронцов-Вельяминов, С. К. Всехсвятский и др.

Ф. А. Бредихин является одним из самых замечательных представителей столь богатой блестящими деятелями русской науки. Он был пламенным энтузиастом в науке, горячо и убежденно верил в беспредельность человеческого познания и говорил: «В необъятной Вселенной безмерно долгое время будут возникать для нас один за другим новые нерешенные вопросы; таким образом, перед человеком уходящий в бесконечность путь научного труда, умственной жизни с ее тревогами и наслаждениями».

Бредихин умер 14 мая 1904 г., за шесть лет до очередного прохождения кометой Галлея перигелия в 1910 г. Однако благодаря научной деятельности Бредихина в этот период проблемами комет глубоко заинтересовались многие астрономы в разных странах мира. Многие загадочные процессы, происходящие в головах и хвостах комет, стали проявляться в связи с широким применением для их изучения фотографических методов наблюдений с использованием широкоугольных светосильных телескопов и спектрального анализа.

Очередное возвращение кометы Галлея в 1910 г. астрономы ожидали, вооруженные бредихинской теорией кометных форм, его оригинальными идеями о природе и происхождении комет. Кроме того, астрономы уже

располагали к тому времени неплохим арсеналом крупных астрографов и поэтому с повышенным интересом готовились к возвращению уникальной кометы.

1910 ГОД. ЗЕМЛЯ ПРОХОДИТ ЧЕРЕЗ ХВОСТ КОМЕТЫ ГАЛЛЕЯ

Ты нам грозишь последним
часом,
Из синей вечности звезда!...
А. А. Блок

Незаметно прошел еще один «год жизни» знаменитой кометы. Земля постарела на свои 75 лет и вновь готовилась к встрече долгожданной гостьи. За это время была открыта еще одна большая планета — Нептун (1846 г.), усовершенствовались методы вычисления возмущений, прочно вошли в практику астрономических наблюдений фотография и спектроскопия.

Еще в 1835 г. были названы две даты следующего возвращения кометы Галлея к перигелию в 1910 г. — 9 мая (Розенбергер) и 24 мая (Понтекулан). В 1907—1908 гг. гринвичские астрономы Ф. Г. Коуэлл (1870—1949) и А. К. Кроммелин (1865—1939) опубликовали предварительные результаты своих вычислений (начатых с целью проверки данных Понтекулана), в соответствии с которыми момент прохождения через перигелий приходился на 8 апреля. В своих вычислениях они впервые использовали численное интегрирование с переменным шагом (вблизи Солнца и планет, где возмущения велики, шаг интегрирования был небольшим — 1—4 дня, в афелии — возрастал до 256 дней), что значительно повышало точность вычислений и уменьшало их объем. Были учтены возмущения от Венеры, Земли, Юпитера, Сатурна, Урана и Нептуна. Убедившись в том, что предсказание Понтекулана нуждается в уточнении, Коуэлл и Кроммелин предприняли новые, более точные, вычисления с 1759 по 1910 г. и опубликовали новый момент прохождения через перигелий — 17 апреля 1910 г. Поиски кометы начались почти за полтора года до этой даты — с начала 1909 г. — но долго оставались безуспешными. Комету в созвездии Рыб обнаружил 11 сентября 1909 г. Макс Вольф — директор Гейдельбергской обсерватории — на пластинке, полученной с помощью светосильного рефлектора (диаметр зеркала 72 см, фокусное расстояние 280 см) после часовой экспозиции.

Она выглядела как едва заметная туманность диаметром $10''$ и имела блеск $\sim 16-17^m$ (рис. 41, 42). Впервые М. Вольф обнаружил комету еще 28 августа, но не решился об этом сообщить. Позднее комета была найдена



Макс Вольф — директор Гейдельбергской обсерватории.

на гринвичских пластинках 2 сентября, а также на снимках, сделанных 11 августа в Египте. 15 сентября комету наблюдали визуально с помощью крупнейшего в мире метрового рефрактора Йеркской обсерватории (США, Чикаго). Уже первые наблюдения показали, что поправка к результатам Коуэлла и Кроммелина составляет 3 дня, т. е. точность предсказания осталась на уровне прошлого появления.

Коуэлл и Кроммелин тщательно проверили свои вычисления, повторили их с уменьшением вдвое шага интегрирования, увеличили точность и устранили

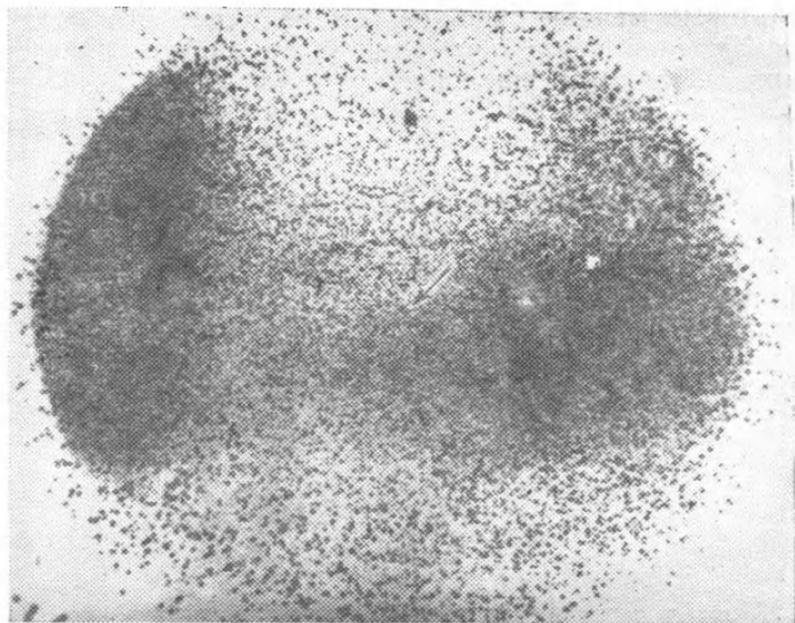


Рис. 41. Негатив, полученный М. Вольфом 11 сентября 1909 г. Изображение кометы Галлея отмечено стрелкой в центре.



Рис. 42. Фрагмент центральной части негатива, на котором была переоткрыта комета Галлея в 1909 г. (увеличено).

некоторые мелкие ошибки. Тем не менее для момента прохождения через перигелий было получено значение лишь немного лучше данного ими ранее, а именно $T = 17,51$ апреля 1910 г. После соответствующего анализа они пришли к выводу, что по крайней мере 2 дня из остающегося расхождения не могут быть объяснены ошибками вычислений, неточным знанием положений больших планет или их масс. Сейчас мы знаем, что причина этих расхождений кроется в действии негравитационных сил.

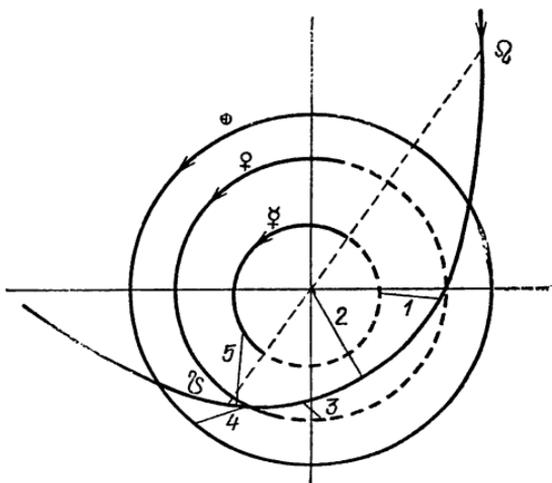


Рис. 43. Появление кометы Галлея в 1910 г. Цифрами обозначены сближения (в скобках — даты и расстояния в а. е.): 1 — с Меркурием (3.IV, 0,39), 2 — с Солнцем (20.IV, 0,59), 3 — с Венерой (3.V, 0,10), 4 — с Землей (19.V, 0,15), 5 — с Меркурием (20.V, 0,42).

К появлению кометы Галлея в 1910 г. астрономы разработали широкие наблюдательные программы кометы по согласованной методике. Однако несмотря на усилия, приложенные выдающимися астрономами того времени, скоординировать наблюдения в международном масштабе не удалось. Астрономическое общество США создало Кометный комитет под председательством профессора Дж. Ц. Комстока. Комитет разослал во все обсерватории мира циркулярные письма с целью координации наблюдений кометы. В России с обращением к наблюдателям обратился профессор К. Д. Покровский, крупнейший специалист по кометам. Он сформулировал основные задачи, стоящие перед наблюдателями приближающейся кометы Галлея, но к сожалению,

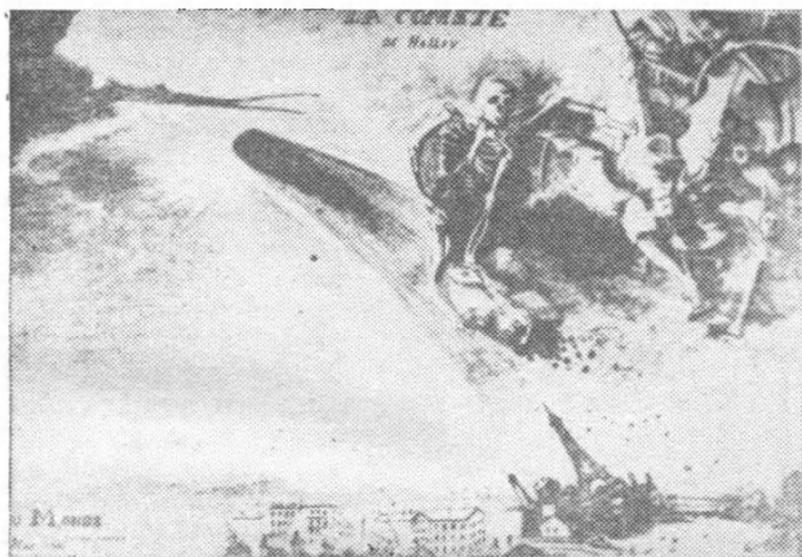


Рис. 44. Рисунок из французской газеты с подписью: «Конец света».



Рис. 45. Карикатура из французской газеты 1910 г.

его письмо было опубликовано на немецком языке в журнале «Астрономисхен Нахрихтен», малодоступном для широких масс населения. Тем не менее, на многих отечественных обсерваториях программе наблюдений кометы Галлея в 1910 г. уделялось повышенное внимание. С нетерпением ожидали ее появления и любители астрономии.

На рис. 43 схематически изображен путь кометы Галлея в 1909—1910 гг. Взаимное положение Земли и кометы при этом появлении было таково, что утром 19 мая комета точно располагалась между Солнцем и Землей на расстоянии 22,5 млн. километров от Земли. Так как длина хвоста кометы Галлея к этому времени превышала 30 млн. км, то Земля, двигаясь по своей орбите, должна была пройти через ее хвост. Сообщения об этом проникли в широкую печать.

В это время с помощью спектрального анализа было твердо установлено, что в составе кометных атмосфер наблюдались молекулярные полосы циана, угарного газа и других соединений.

Поэтому быстро распространились слухи об отравлении земной атмосферы опасными для здоровья людей ядовитыми кометными газами. Иностранные газеты запестрели тревожными сообщениями о большой опасности, которая грозит человечеству 19 мая 1910 г. (рис. 44—47). Вот некоторые из газетных сообщений того времени:

«Тегеран 4/17 мая. Четверг персы ожидают с ужасом. Местные доморожденные астрономы объявили, что 19 мая наступит конец мира. Многими вырыты глубокие ямы.»



Рис. 46. Карикатура из немецкой газеты накануне 19 мая 1910 г. Подпись: «Это даже хуже моей жены».

«Вена 5/18 мая. Венские астрономы убеждены, что завтра хвост кометы заденет Землю. Среди населения,



Рис. 47. «Комета приближается».

особенно в провинции, паника. Многие запасаются кислородом. Были случаи самоубийства от страха...»

«Мадрид 5/18 мая. Население Испании ожидает появления кометы с большим беспокойством. По ночам на улицах городов и селений толпится народ. В церквах совершаются молебствия. Многие посещают церкви, исповедуются и каются в грехах. Печать отмечает чрезвычайное развитие самоубийств и объясняет это страхом перед кончиной мира. Суеверное население горных областей Испании ожидает комету в паническом страхе».



Солнце

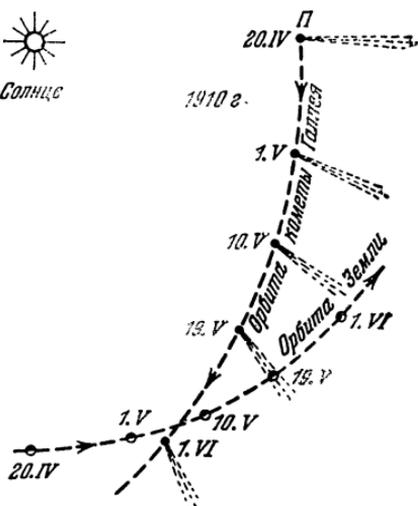


Рис. 48. Земля проходит через хвост кометы Галлея.

«Чикаго. Окна многих домов заклеиваются против ядов кометного хвоста. Предприимчивые дельцы торгуют пилюлями, спасающими от ядовитого действия газов...»

Как и предсказывали астрономы, Земля 19 мая 1910 г. «столкнулась» с хвостом кометы Галлея (рис. 48), однако даже самые чувствительные приборы не зафиксировали никаких необычных явлений в атмосфере Земли, которые можно было бы однозначно связать с этим событием*). Это лишний раз подтверждало издавна известную астрономам истину, что кометы — это «видимое ничто», через которое без всяких последствий и прошла наша Земля. Так что волна страха, прокатившаяся по многим странам в мае 1910 г., не имела под собой никакой почвы. Австрийский поэт Эрнст Вальдингер (1896—1970) позднее откликнулся на это событие стихотворением «Комета Галлея»:

Как смеялись мы в веселой Вене —
Перед самой первой мировой —
Над людьми с подзорною трубой,
Ждавшими всемирных потрясений!
Весть об истреблении поколений?
Что вы! Предрассудок вековой!
Ведь когда летела над Землей,
Мы не знали, что живем в геенне.
Мы забыли грохот орудийный,
И не нами газ придуман был —
Тот, что вскоре Францию душил.
Мы забыли, от кого единый
Род ведем — от Каина. И нет,
Кроме нас, убийственных комет.

Русский революционер-народник, впоследствии почетный член АН СССР Николай Александрович Морозов (1854—1946) в 1910 г. опубликовал книгу под названием «Что может принести нам встреча с кометой», в которой он высказал предположение, что при пересечении Землей хвоста кометы Галлея 19 мая 1910 г. должны будут наблюдаться свечение верхней атмосферы, полярные сияния, магнитные бури, различные метеорологические явления — ураганы, дожди и др. В предсказании Морозова не было ничего удивительного, так как ученые еще мало знали о реальных физических условиях в головах и хвостах комет, в околоземном космическом пространстве и верхней атмосфере

*) Не обошлось, однако, без курьезов. Так, директор Московской обсерватории Цераский получил неожиданно письмо и пузырек будто бы с веществом хвоста кометы Галлея от капитана одного из волжских пароходов. Странный порошок желтого цвета покрыл палубу парохода в тот самый момент, когда Земля должна была пройти через хвост кометы Галлея. Однако «таинственным» порошком оказались споры цветущей в это время года сосны.

Земли. Ничего не было известно о магнитосфере Земли, надежно защищающей земную атмосферу от проникновения в нее ионизированных частиц из кометных хвостов. Поскольку плотность вещества в кометных хвостах в несколько миллиардов раз меньше плотности земной атмосферы на высоте 150 км, то становится ясным, почему Земля и ее атмосфера заметным образом не «откликнулись» на встретившийся им на пути удаленный от ядра участок хвоста кометы Галлея. В хвосте же кометы Галлея в результате такого взаимодействия с магнитосферой Земли должны были возникнуть заметные возмущения, возможно, типа отрыва плазменного хвоста. Некоторые наблюдатели видели 18 мая на восточном горизонте свечение, напоминающее луч прожектора. Возможно, это наблюдалась часть оторвавшегося хвоста, проецирующаяся на утреннее небо. Основная же часть хвоста и новый хвост проецировались на дневное небо и не могли быть видны.

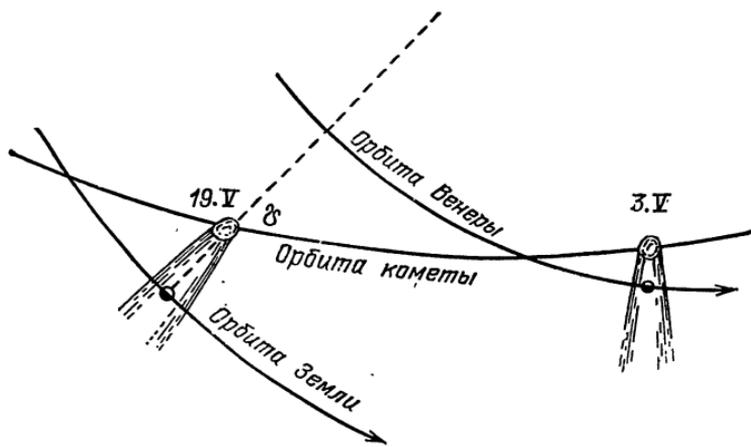


Рис. 49. Прохождение Венеры и Земли через хвост кометы Галлея в 1910 г.

Следует отметить, что до этого события, 3 мая 1910 г., через хвост кометы Галлея прошла и Венера на расстоянии 14 млн. км от кометного ядра (рис. 49), что, естественно, никак не отразилось на самой Венере, а у кометы сразу после этого было замечено наличие хвостов I и II типа, в ее голове начался активный процесс образования галосов и другие явления.

Пройдя через хвост кометы Галлея 19 мая 1910 г., Земля сыграла роль своеобразного зонда. К сожалению,

ученые в то время не располагали космическими ракетами (до запуска первого искусственного спутника Земли оставалось еще более 47 лет). Между тем тогда достаточно было подняться над земной атмосферой, чтобы оказаться непосредственно в кометном хвосте и, собрав некоторое количество кометной пыли и газа (подобно тому, как это делается с помощью специальных высотных ракет), доставить его в земные лаборатории для анализа.

Следует отметить, что Земля уже неоднократно проходила через хвосты комет и эффект всегда был одним и тем же — никакого влияния на процессы в земной атмосфере вещество хвостов различных комет не оказывало. Так, Земля вместе с Луной погрузилась в огромный хвост (более 118° длины) яркой кометы Теббта в 6 часов утра 30 июня 1861 г. При этом Земля находилась даже ближе к ядру этой кометы, чем к ядру кометы Галлея в 1910 г. Однако и тогда на Земле ничего необыкновенного не произошло. На подобных примерах астрономы и пытались объяснить населению, что и хвост кометы Галлея 19 мая 1910 г. ничем Земле и людям не грозит, и истина, как всегда, оказалась на их стороне.

В тот день, когда комета Галлея проносилась между Землей и Солнцем, на Московской астрономической обсерватории В. К. Цераский и П. К. Штернберг пытались с помощью телескопа-рефрактора (диаметр объектива 38 см) обнаружить ядро кометы на фоне яркого солнечного диска. Однако ни они, ни итальянский астроном Антониади с помощью 83-сантиметрового рефрактора Медонской обсерватории никаких признаков кометного ядра на диске Солнца не обнаружили. Впоследствии на основании этих наблюдений С. В. Орлов сделал вывод, что диаметр ядра кометы Галлея должен быть меньше 5 км. И действительно, как показали первые наблюдения кометы Галлея в 1982 г. (16, 18 и 20 октября), поперечник ядра кометы Галлея, по-видимому, не превышает 3 км. Однако более точные размеры ядра, возможно, будут установлены при пролете вблизи него четырех космических аппаратов в марте 1986 г.

Астрономы, а также многие любители астрономии внимательно следили за всеми изменениями, происходящими в хвосте и голове кометы Галлея с момента ее открытия М. Вольфом 11 сентября 1909 г. и до последнего наблюдения 15 июня 1911 г.

Проследим за этими изменениями по астронегативам кометы, полученным на различных астрономических обсерваториях мира, и впоследствии собранных и исследованных профессором Н. Ф. Бобровниковым в его известной монографии о комете Галлея.

1909 год

13 декабря. Впервые на негативе обнаружены следы хвоста длиной 1',5.

1910 год

5 февраля. Хвост удлинился до 5',5. На расстоянии 3' от ядра в хвосте наблюдается изгиб, движущийся вдоль хвоста. Это явление, которое в настоящее время интерпретируется как отрыв хвоста, наблюдалось в комете Галлея, когда она еще находилась на расстоянии 1,5 а. е. от Солнца. В голове кометы обнаружено несколько концентрических оболочек, постепенно уменьшавшихся в яркости с удалением от ядра.

10 февраля. Хвост полностью изменился по сравнению с 5 февраля. В нем наблюдается несколько тонких струй.

18 апреля. В голове заметны два галоса.

21 апреля. Северная ветвь хвоста, вдоль которой двигалось сгущение, наблюдавшееся в предыдущие ночи, начала закручиваться и образовывать узлы, как если бы внезапно произошел взрыв. Это хорошо заметно на двух последовательных негативах (снятых с интервалом в 0,4 суток). На первом негативе хвост ровный, а на втором он стал неузнаваемым: зазубренным и искаженным, с большим числом конденсаций. Впечатление такое, что кометное вещество выбрасывается во всех направлениях из общего потока. Самое интересное обстоятельство заключается в том, что в то время, пока поток увеличивается в диаметре в течение всего промежутка времени примерно в 10 раз, его яркость по сравнению с яркостью головы не уменьшается, а напротив, заметно усиливается. Таким образом, газовое

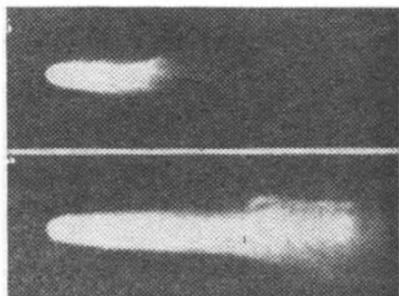


Рис. 50. Комета Галлея 21 апреля 1910 г.

вещество, становясь все более разреженным, в то же время становится все более ярким (рис. 50).

28 апреля. На южной стороне хвоста обозначился резкий короткий поток. Из его вершины вытекает несколько тонких струй.

1 мая. Наблюдаются тонкие потоки вещества в хвосте. Хорошо заметна темная ось симметрии в хвосте, так называемая «тень» от ядра.

2 мая. Различается большое число тончайших струй, которые очень быстро меняют свое направление и форму. В хвосте наблюдается большое число перепутавшихся деталей, образующих чрезвычайно сложную структуру. Наблюдения показывают, что потоки вытекают не из самого ядра, а из некоторого сгущения вблизи него.



Рис. 51. Комета Галлея 4 мая 1910 г.

4 мая. Один хвост узкий, ленточный, а второй слабый широкий. Это первая дата, когда наблюдаются хвосты двух типов (I и II бредихинского типов) (рис. 51).

5 мая. Заметна сильная струя, искривленная к северу. Также наблюдается целая система тонких струй. Ядро кажется треугольным, — по-видимому, произошло разделение ядра на три вторичных фрагмента (рис. 52).

6 мая. Хвост I типа имеет резкие очертания и заполнен множеством потоков. Имеет форму клина. Виден также хвост II типа без особых деталей. В эту ночь также была получена щелевая спектрограмма, в которой заметны резкие фраунгоферовы линии отраженного солнечного спектра. Такой спектр указывал на то, что вблизи ядра кометы Галлея образовалось облако пылевых частиц в результате выброса пылевого галоса или дробления поверхностного слоя ядра кометы (рис. 53).

7 мая. Хвост обладает сложной, крайне запутанной структурой. Наблюдаются два галоса — один яркий ди-

аметром $\sim 4'$ и второй более слабый диаметром $\sim 12'$. Ядро круглое. В хвосте множество потоков и струй (рис. 54).

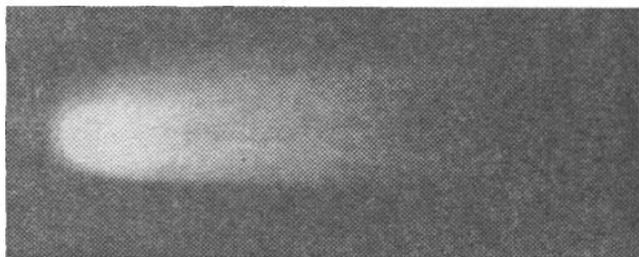


Рис. 52. Комета Галлея 5 мая 1910 г.

11 мая. Хорошо просматривается темная полоса («тень» от ядра) вдоль линии Солнце — комета (про-



Рис. 53. Комета Галлея 6 мая 1910 г.

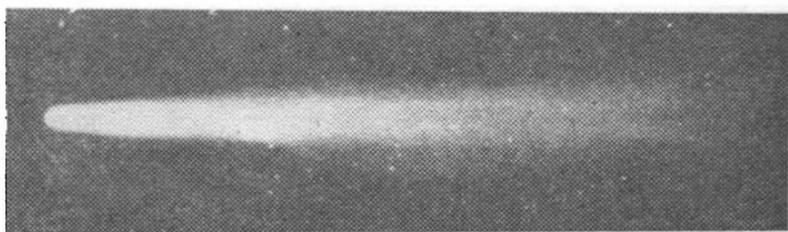


Рис. 54. Комета Галлея 7 мая 1910 г.

долженный радиус-вектор), которая на расстоянии 2° от ядра заметно отклоняется от этого направления. Это указывает на то, что темная полоса в хвосте не может быть тенью от ядра (рис. 55).

13 мая. Явление отрыва плазменного хвоста.

24 мая. В хвосте заметна хорошо развитая лучевая система (рис. 56).



Рис. 55. Комета Галлея 11 мая 1910 г.



Рис. 56. Комета Галлея 24 мая 1910 г.

28 мая. Сложная система потоков, которые вытекают прямо из ядра, образуя конус с углом $\sim 30^\circ$. Наблюдаются также три оболочки, уменьшающиеся по яркости с удалением от ядра. Заметен и слабый круговой галос диаметром $19'$ (рис. 57).

1 июня. В голове наблюдаются быстрые изменения яркости отдельных потоков (рис. 58).



Рис. 57. Комета Галлея 28 мая 1910 г.

2 июня. Ясно видны два ядра: главное — диаметром $3''{,}9$ и второе — диаметром $5''$, находящиеся на расстоянии $16''$ друг от друга. Из каждого ядра вытекают искривленные струи.

3 июня. Наблюдается только одно ядро. Вторичное ядро, наблюдавшееся 2 июня, исчезло, а вместо него



Рис. 58. Комета Галлея 1 июня 1910 г.

появилась струя длиной $\sim 1'$. В голове также видны три галоса диаметрами $1'8$, $4'8$ и $10'2$, яркости которых относятся как $10 : 5 : 1$ (рис. 59).

5—7 июня. На фотографиях хорошо прослеживается развитие уникального явления — отрыва плазменного хвоста у кометы.

8 июня. Хвост вблизи головы состоит из большого числа тонких лучей. Все они быстро движутся, изменяя свою форму и яркость.

Конец июня. Наблюдениям мешает полная Луна. Комета, постепенно удаляясь от Земли, быстро слабеет. 24 июня Барнард оценил ее блеск как $\sim 8^m$, с центральной конденсацией, но без ядра. 25 июня — у кометы круглая голова с двойным галосом и хвост, состоящий из двух ярких потоков. На фотографиях, полученных в



Рис. 59. Комета Галлея 3 июня 1910 г.

Йоганнесбурге, обнаруживается гранулярная (зернистая) структура головы, подобно тесному скоплению слабых звезд. Потоки в хвосте, если их продолжить, пересекаются далеко перед ядром. Это напоминает структуру кометы 31 мая, когда у нее наблюдалось много вторичных центров активности. 27 июня в голове видны два галоса — внутренний, диаметром $55''$, и внешний, более слабый, диаметром $125''$. Хвост длиной $3^\circ,5$. 28 июня — ядро резкое, диаметром $11-12''$, один галос диаметром $60'$ и слабый хвост длиной $5-6^\circ$.

Последние наблюдения кометы в 1910 г. были проведены после того, как она вышла из соединения с Солнцем. 11 ноября Барнард с помощью 40-дюймового телескопа оценил ее блеск $\sim 11^m$, диаметр головы $\sim 0',5$, ядро не просматривалось. 11 декабря по оценке Барнарда комета ослабела до 12^m , казалась круглой, диаметром $15'$. 30 декабря она представлялась бесформенной туманностью диаметром $\sim 4'',6$.

В 1911 г. комета стала настолько слабой, что ее можно было наблюдать только с помощью светосильных телескопов: 3 января $\sim 13^m$, 29 января $\sim 13^m$, 7 февраля $\sim 13^m,5$, 21 февраля $\sim 14^m,5$. 28 февраля произошла вспышка блеска кометы и она стала ярче: 13^m . 19 марта Вольф оценил блеск $\sim 14^m$, а 23 апреля $14^m,5 - 15^m$. Последнее визуальное наблюдение кометы Галлея было сделано Барнардом 23 мая 1911 г., а последнее фотографическое изображение кометы было



Рис. 60. Большая январская комета 27 января 1910 г.

запечатлено Кертисом 15 июня, когда он обнаружил на астронегативе очень слабый диффузный след кометы.

Некоторые северяне утверждают, что они наблюдали комету Галлея в 1910 г. невооруженным глазом. Действительно, в Петербурге в январе — феврале 1910 г. была видна яркая комета в созвездии Пегаса. Но это была совершенно другая комета 1910 г., получившая название Блестящей январской кометы (рис. 60). Первыми ее заметили 12 января рабочие алмазных копей в Трансваале — комета имела исключительную яркость и хорошо наблюдалась даже на светлом небе всего в 4° от Солнца. 15 января в 17 часов 50 минут эту комету видели в Петербурге — голова ее сверкала как туманный диск блеском $\sim 2^m$ и из нее тянулся хвост длиной около 15° . Комета находилась правее Венеры и была хорошо видна на юго-западе сразу же после захода Солнца, ежедневно удаляясь от него.

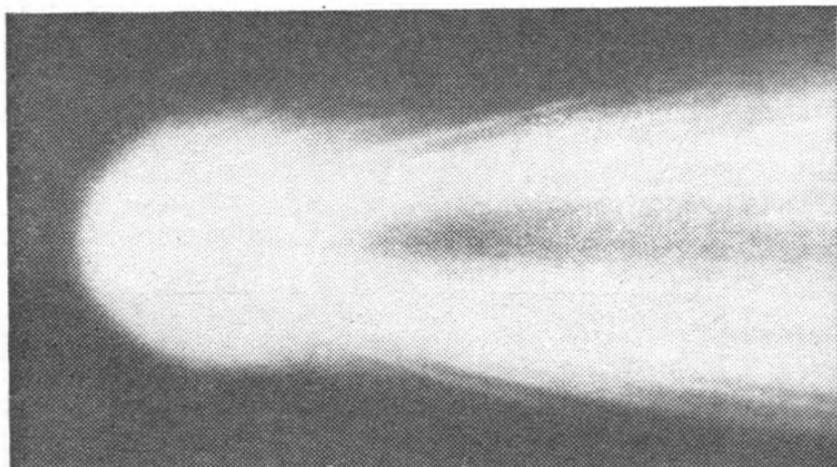


Рис. 61. Комета Галлея 8 мая 1910 г.



Рис. 62. Комета Галлея 9 мая 1910 г. (структура внутренней комы).

Кроме того, две очень яркие кометы, видимые невооруженным глазом, наблюдались в 1911 г.— Белявского (1911 IV) и Брукса (1911 V). Многие наблюдатели могли видеть именно эти кометы, порой ошибочно полагая, что они видели комету Галлея.

А комету Галлея невооруженным глазом первым увидел Вольф 11 февраля 1910 г., однако в начале марта она исчезла в лучах Солнца. В апреле она вновь за-

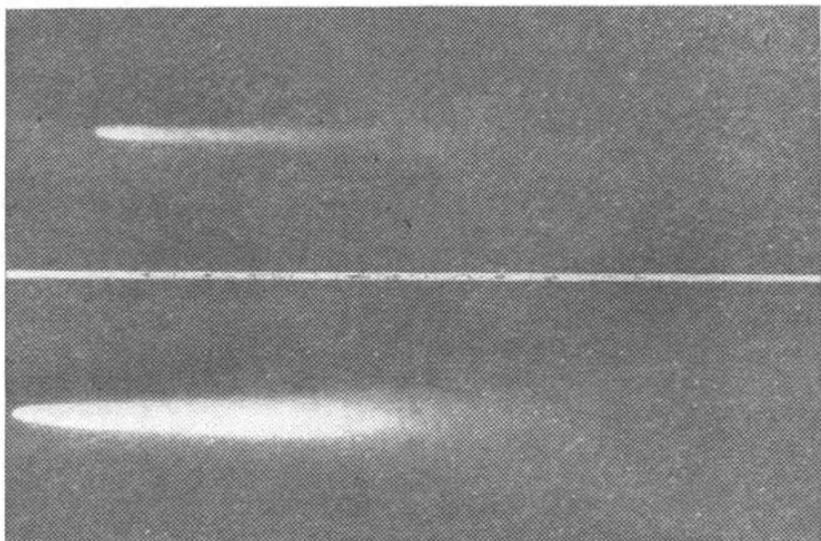


Рис. 63. Комета Галлея 12 и 15 мая 1910 г. Хорошо заметно увеличение длины и ширины хвоста за три дня.

сияла на утреннем небе и имела хвост длиной более 10° . Наибольшей яркости и красоты своих форм комета достигла после прохождения через перигелий в первой половине мая: $m = 0^m,5$ (рис. 61—63). Однако лучше всего комета Галлея была видна на юге, где за ней регулярно наблюдали многие любители астрономии. Наибольшее число визуальных наблюдений было сделано в Эссентуках энтузиастом К. А. Пашиным, значительная часть наблюдений которого была обработана профессором И. Ф. Полаком и затем опубликована в его работе «Строение хвоста кометы Галлея 1910 II». В своем дневнике К. А. Пашин передает то огромное впечатление, которое произвела на него комета Галлея в мае: «...Под утро 10 мая облака закрывали всю вос-

точную часть горизонта, и кометы видно не было. Показались звезды Водолея и широкая полоса света, упирающаяся в группу звездочек Пегаса. Я вдруг задрожал от пронизавшей меня мысли — ведь эта полоса и есть продолжение кометного хвоста. Такая громадная



Рис. 64. Фотография обложки книги о комете Галлея в 1910 г.
Комета Галлея над Москвой.

длина хвоста! Хвост выдвигается из-за облака все больше и больше. Наконец показалась и голова кометы. Теперь вся она перед глазами. Какое необычайное и величественное зрелище представляет собой комета в сегодняшнюю ночь». Большое впечатление комета Галлея с широким прямолинейным хвостом, напоминающим луч прожектора, произвела на сына выдающегося русского

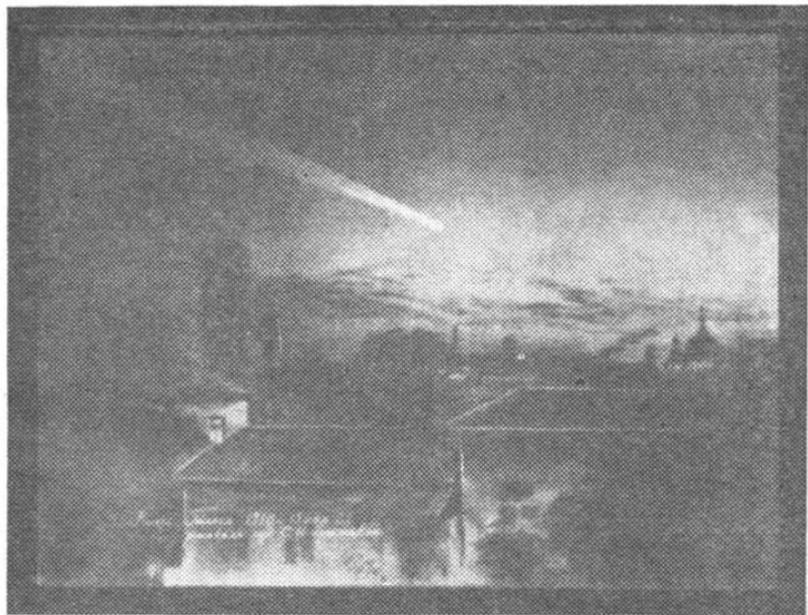


Рис. 65. Картина художника С. Н. Гросицкого «Комета Галлея над Армавиrom 8 мая 1910 г.».

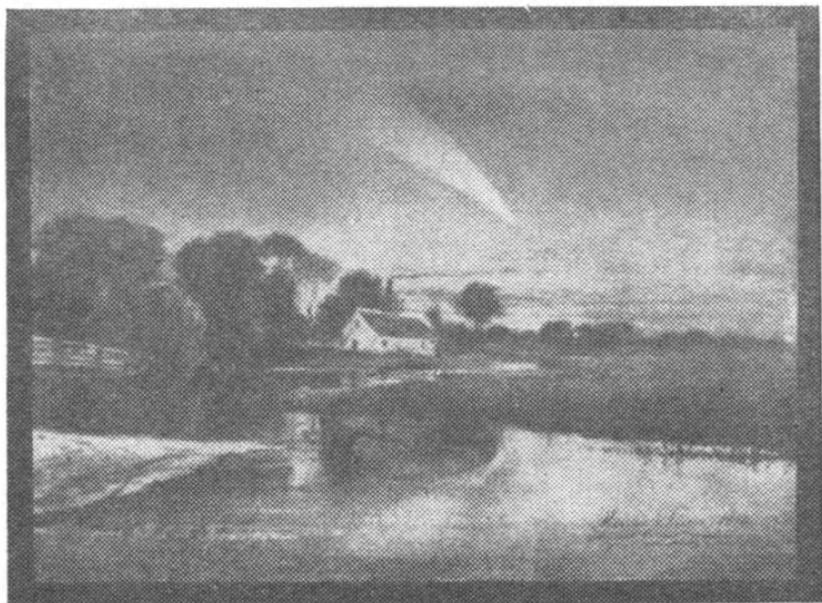


Рис. 66. Картина художника С. Н. Гросицкого «Комета Галлея над Армавиrom 13 мая 1910 г.».



Рис. 67. Положение кометы Галлея над горизонтом Москвы в мае—июне 1910 г.

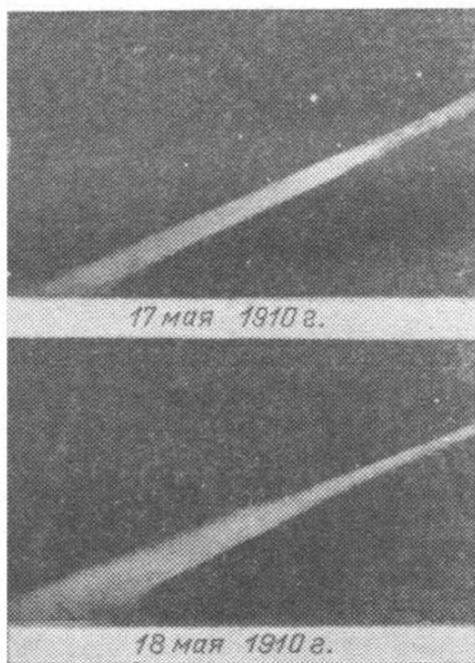


Рис. 68. Комета Галлея 17 и 18 мая 1910 г. (рисунки Барнарда).

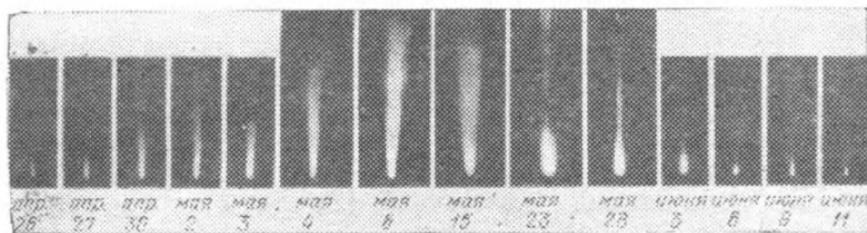


Рис. 69. Развитие хвоста кометы Галлея с 26 апреля по 11 июня 1910 г.



Рис. 70. С картины Эммы Хьюджиз: комета Галлея, Венера и Луна; ближайшая над кометой звезда — γ Пегаса.

художника В. М. Васнецова — М. В. Васнецова, находившегося в это время в Ялте и изобразившего комету Галлея на фоне крымского пейзажа на двух картинах. Ряд наблюдений кометы Галлея выполнили К. Д. Покровский в Алушке и Ялте, С. И. Белявский в Симеизе, художник С. Н. Гросицкий в Армавире (рис. 65, 66) и другие астрономы и любители.

За весь период наблюдений кометы Галлея при ее появлении 1909—1911 гг. было получено более тысячи ее астронегативов, более сотни спектрограмм, много сотен рисунков кометы и большое число определений ее экваториальных координат в различные моменты времени (рис. 67—70). Весь этот богатый материал позволил детально исследовать характер движения кометы по орбите, изучить изменение блеска и геометрических размеров головы и хвоста с изменением гелиоцентрического расстояния, изучить типы хвостов, структурные особенности и химический состав головы и хвоста, а также ряд других физических параметров ядра кометы и окружающей его атмосферы.

Основные итоги изучения громадного и разнообразного материала были опубликованы Бобровниковым в 1931 г. Они состоят из 26 пунктов. Ниже приводятся лишь некоторые его выводы.

Движение вещества в хвосте показало широкий диапазон изменения отталкивательных сил — от 20 до 150 единиц гравитационного ускорения, а в ряде случаев достигающих нескольких сотен единиц гравитационного ускорения.

Ядро оказывало значительное отталкивательное воздействие на соседние частицы. Определенное взаимодействие наблюдалось между потоками, струями и другими образованиями.

Наблюдались процессы взрывного характера в ядре, голове и конденсациях хвоста I типа.

Механическая теория кометных форм Бесселя — Бредихина полностью объясняет наблюдательные факты,

ВЗГЛЯД В ПРОШЛОЕ. АСТРОНОМЫ ВЫЧИСЛЯЮТ

Как уже упоминалось, комета Галлея — единственная в кометной астрономии, прошлые появления которой с большей или меньшей достоверностью удалось проследить по записям европейских и китайских хро-

ник, а также русских летописей. В настоящее время историческая, документально подтвержденная «биография» кометы охватывает интервал времени более 22 веков!

В последнем издании каталога кометных орбит (1982) Б. Марсдена первым для кометы Галлея приведено ее появление в 240 г. до н. э. Это означает, что сведения, полученные из хроник, позволили вычислить орбиту кометы еще для одного появления, так как в предыдущем издании (1979 г.) первым было появление 87 г. до н. э. *).

Первые попытки ретроспективных поисков были основаны на предположении постоянства периода обращения кометы P и простом сопоставлении полученных дат с описаниями хроник. Но, как указывалось выше, величина P кометы Галлея может изменяться в пределах нескольких лет. Поэтому такого рода сопоставления могли носить и носили лишь приближенный характер. Тем не менее, попытки самого Галлея и более поздних исследователей проследить историю знаменитой кометы в прошлом представляют несомненный интерес

Не имея возможности произвести необходимые вычисления, Галлей мог только предполагать (и быть в какой-то степени уверенным), что наблюдавшаяся им комета 1682 г.— это та же самая комета, которую наблюдал И. Кеплер в 1607 г., а еще ранее — П. Аппиан в 1531 г. Элементы орбиты Галлей вычислил по наблюдениям. Для более раннего появления кометы — в 1456 г.— орбиту получить не удалось из-за отсутствия точных наблюдений, но Галлей высказал уверенность в том, что и это — появление одной и той же кометы. Мы знаем, что Галлей даже осмелился впервые в истории астрономии предсказать возвращение кометы и оказался в своем предсказании прав.

Европейские хроники долгое время были единственным источником сведений о кометах. Они сохранили достаточно много описаний ярких комет, но эти описания были часто приурочены к историческим событиям, содержали много фантастических и мало достоверных данных о положении кометы, ее перемещении среди звезд, о форме и размерах хвоста и головы.

Во второй половине XVII в. польский астроном Ян Гевелий (1611—1687) собрал все известные сведения о

*) О возвращении кометы к перигелию в 164 году до н. э. сведений не сохранилось.

появлениях комет и опубликовал их в «Кометографии» (1668 г.). Это издание содержит около 400 прекрасно выполненных гравюр, изображающих кометы. Многие из этих гравюр широко известны по воспроизведениям в кометной литературе.

Однако наибольший научный интерес представляет двухтомная «Кометография» каноника Парижского университета А. Пингре (1711—1796), изданная в Париже в 1783—1784 гг. Он же достаточно уверенно обосновал тождественность кометы Галлея с кометой 1456 и 837 гг.

Несмотря на эти капитальные кометографии, наши сведения о ярких кометах прошлого — в том числе и о комете Галлея — были бы крайне неполными, если бы не астрономические записи древних китайских хроник, ставшие доступными европейцам в XIX в. Записи были собраны французскими миссионерами. В 1871 г. английский ученый Вильямс опубликовал собрание китайских наблюдений на английском языке, и с этого времени они стали широко доступными европейцам.

Китайские астрономы внимательно наблюдали за небом и беспристрастно — в отличие от европейцев! — отмечали видимые перемещения комет среди звезд. Особенно ценным в их наблюдениях является тщательно фиксируемое время появления и исчезновения комет. Ниже даются для сравнения записи, приводимые китайскими астрономами и европейскими хрониками о появлении кометы Галлея в 12 г. до н. э.

У китайского историка и астронома Ма Туанлина *) читаем: «26 августа 12 г. (до н. э.) в восточной части созвездия Блинецов появилась комета и двигалась к α , γ , η ... Льва... по 6° в день. Сначала ее наблюдали утром на востоке, но на 13-й день она появилась вечером на западе над созвездием Льва и другими соседними звездами, вошла в середину круга незаходящих звезд, обогнула Млечный Путь и ушла к югу... Всего ее наблюдали 63 дня». (Запись приводится, конечно, в адаптированном виде.)

А вот запись об этом же появлении у европейского историка Диона Кассия: «В консульство Валерия Мессалы и Сульпиция Квинрия, перед смертью Агриппы,

*) Знаменитая китайская энциклопедия Ма Туанлина, написанная этим ученым в XIII в., содержит каталог комет, наблюдавшихся в Китае с 613 г. до н. э. по 1222 г. н. э. Дополнение, написанное после смерти Ма Туанлина, продолжает начатый им список до 1644 г

в течение многих ночей видели комету, висевшую над Римом, которая затем разделилась на несколько огней».

К большому сожалению, значительная часть наблюдений до 240 г. до н. э. была уничтожена. Это объясняется тем, что воцарившийся в это время в Китае император казнил всех ученых. Кроме того, движимый непомерным тщеславием, он приказал в 40-дневный срок сжечь все книги — история должна была начинаться с его имени! За утаивание книги от сожжения была назначена смертная казнь. Поэтому в упомянутой работе Вильямса с 240 г. до н. э. по 613 г. до н. э. имеются лишь краткие указания для 9 комет.

В середине XIX в. появления кометы Галлея по европейским и китайским хроникам удалось проследить двум астрономам (Ложье (1812—1872) и Хинду (1823—1895)) с небольшими перерывами до 12 г. до н. э.

Процесс отождествления появлений кометы Галлея до разработки эффективных методов учета влияния больших планет на движение комет, а в более полной мере — до создания быстродействующих ЭВМ — был крайне сложным и неуверенным. Вспомним, что сам Галлей пересмотрел первые результаты отождествления появлений обнаруженной им периодической кометы с кометами 1380 и 1305 гг. Оно было основано на постоянстве (приблизительно известного) периода обращения. После того как Галлею удалось правильно объяснить неравенство этих периодов от появления к появлению притяжением со стороны Юпитера и Сатурна и определить их продолжительность более точно, он признал «своей» комету 1456 г., а предыдущими ее возвращениями — появления 1378 и 1301 гг.

Таким образом, необходимым условием правильного отождествления должна быть серия вычисленных со всей доступной точностью дат прохождения кометы через перигелий, а еще лучше — и вычисленных ее положений на небе, которые затем сопоставляются с аналогичными данными хроник и летописей. Таким образом, результат сопоставления зависит от точности вычислений и наблюдательного материала. Для объектов, движущихся только под влиянием притяжения Солнца и больших планет, ошибка в вычислениях может быть вызвана неучтенным влиянием какой-либо планеты, неточным знанием масс планет или ошибкой метода интегрирования уравнений движения.

Однако кометы относятся к таким объектам, на движение которых оказывают влияние не только притяжение со стороны больших планет, но и силы негравитационного характера. При приближении к Солнцу ледяное ядро кометы (как правило, вращающееся) нагревается, и газы, покидая вместе с твердыми частицами поверхность ядра с большой скоростью, создают реактивную силу, действующую на ядро. Эта сила тем больше, чем ближе комета к Солнцу и чем больше вещества она теряет в единицу времени. Величина и направление действия негравитационных сил не одинаковы не только у отдельных комет, но и у одной и той же кометы от появления к появлению (это зависит от активности Солнца, состояния верхней корки, покрывающей ядро, химического вещества кометы и т. д.). Такое положение создает большие трудности при прогнозировании движения комет на несколько оборотов. Когда же прогнозируется движение на десятки оборотов — как у кометы Галлея — то трудности становятся непреодолимыми, если движение кометы не корректировать каким-либо образом. Отметим, что негравитационные силы изменяют период обращения кометы Галлея на несколько дней за оборот, то есть за ~ 76 лет.

Достаточно точный учет влияния негравитационных сил стал возможен около десяти-пятнадцати лет назад, после того как астрономы получили возможность с помощью ЭВМ прогнозировать движение небесных тел под влиянием Солнца и планет на сотни и тысячи лет. До этого времени решение задачи изучения точного движения комет в полном объеме представляло огромные трудности и поэтому приходилось считаться с различного рода ограничениями.

С другой стороны, поиск и отождествление появлений кометы Галлея с помощью древних хроник тоже наталкивались на определенные трудности. Здесь не приходится говорить о трудностях общего порядка, связанных с интерпретацией записей азиатских хроник и соответствующих единиц измерения. Прежде всего необходимо было выделить «свою» комету из тех, которые могли наблюдаться в один и тот же интересующий астронома отрезок времени. В таких случаях очень ценными оказывались любые дополнительные признаки, сообщаемые хрониками, и особенно — астрономические явления (упоминания об относительном положении кометы среди небесных тел, о положении планет, фазах и затме-

ниях Луны, затмениях Солнца и др.). Когда полученный из наблюдений момент прохождения через перигелий оказывался в определенной близости от вычисленного и не оставалось сомнений в том, что отождествляемый объект — это комета Галлея, величина T , полученная из вычислений, уточнялась, хотя вычисления выполнялись на современных ЭВМ, а наблюдения были сделаны тысячу и более лет тому назад. За истинный принимался момент прохождения через перигелий, основанный на данных хроник, так как именно эта величина из всех элементов орбиты получается наиболее точно на основании наблюдений (даже тысячелетней давности).

До конца XIX в. вычисления эволюционного характера для изучения прошлого кометы Галлея носили лишь приближенный характер. Большой шаг вперед в изучении истории кометы был сделан в начале XX в., когда впервые для исследования далекой истории кометы Галлея был использован метод численного интегрирования. Коуэлл и Кроммелин в 1908 г. проследили движение кометы с 1910 г. н. э. по 240 г. до н. э. с приближенным учетом в ее движении возмущений от Венеры, Земли, Юпитера, Сатурна, Урана и Нептуна. Еще дальше — до 623 г. до н. э., — но весьма приблизительно, движение кометы было прослежено русским астрономом М. А. Вильевым (1893—1919), а затем известным польским астрономом М. М. Каменским (1879—1973), который, используя выведенную им формулу изменения периода обращения, проэкстраполировал движение кометы Галлея по орбите на 10 000 лет назад.

В 1971 г. была опубликована основополагающая работа ирландского астронома Т. Кианга, в которой, с одной стороны, дан полный анализ европейских и китайских наблюдений, а с другой — численным методом прослежено движение кометы с 1682 г. до 240 г. до н. э. и уточнены моменты прохождения через перигелий на этом интервале времени. Он подтвердил, что негравитационные (реактивные) силы изменяют период обращения на 3—4 дня за оборот, и их необходимо учитывать при моделировании движения кометы вперед и назад по времени. Затем на основе полученных для каждого перигелия элементов были вычислены эфемериды (положения кометы на небесной сфере с определенным интервалом по времени) для всех ее появлений с 1378 г.

до 240 г. до н. э. Это впервые дало возможность определить путь кометы на небе при каждом появлении.

Позднее — в 1979 г. — была опубликована работа Р. Брайтона, в которой на основе результатов Кианга подробно изучены условия видимости кометы Галлея с 1910 г. до 12 г. до н. э. В этой работе для всего интервала наблюдения (в пределах видимости невооруженным глазом, что соответствует $m = 6^m$) вблизи даты прохождения перигелия вычислены координаты кометы, Луны и Солнца и их взаимное расположение, а также проведен анализ изменения блеска кометы как в пределах каждого появления, так и от появления к появлению.

Сопоставляя полученные данные, автор делает неутешительный вывод о том, что ожидаемое возвращение кометы к перигелию в 1986 г. будет самым неблагоприятным за последние 2000 лет.

Описанные выше исследования потребовали огромного труда и вычислений, но они в значительной мере облегчают трудности, связанные с поисками кометы Галлея в далеком прошлом.

Ранее уже упоминалось, что в каталоге кометных орбит самым первым зафиксированным достоверно является появление 240 г. до н. э. Элементы для этого появления кометы Галлея и всех последующих, приведенные в каталоге, были получены Д. Йомансом — американским специалистом по исследованию движения комет и особенно кометы Галлея. Одно из последних исследований в этом направлении опубликовано Йомансом и Киангом в трудах Королевского астрономического общества в марте 1981 г. В нем подведены итоги огромной работы по уточнению движения кометы Галлея в прошлом (в частности, результатов, полученных Киангом раньше), по-новому интерпретированы записи китайских хроник и уточнены моменты прохождения перигелиев для ряда появлений. Авторы тщательно подобрали систему элементов и негравитационных параметров (величин, которые помогают учитывать действия негравитационных сил) таким образом, чтобы была обеспечена наиболее высокая точность в моментах прохождения через перигелий на интервале времени, контролируемом наблюдениями китайских и европейских хроник. На основе такой надежной системы они численно проинтегрировали уравнения движения кометы Галлея с полным учетом возмущений от всех планет

Т а б л и ц а 8. Оскулирующие элементы орбиты кометы Галлея

Год	<i>T</i>	q (а. е.)	e	P (г.)	ω	Ω	i
1910	II апр. 20	0,587	0,967	76,08	111°,7	57°,8	162°,2
1835	III нояб. 16	0,587	0,967	76,27	110,7	56,8	162,3
1759	I март 13	0,584	0,968	76,89	110,7	56,5	162,4
1682	сент. 15	0,583	0,968	77,41	109,2	54,9	162,3
1607	окт. 27	0,584	0,967	76,06	107,5	53,1	162,9
1531	авг. 26	0,581	0,968	76,50	107,0	52,3	162,9
1456	июнь 9	0,580	0,968	77,10	105,8	51,2	162,9
1378	нояб. 10	0,576	0,968	77,76	105,3	50,3	163,1
1301	окт. 25	0,573	0,969	79,14	104,5	49,4	163,1
1222	сент. 28	0,574	0,969	79,12	103,8	48,6	163,2
1145	апр. 18	0,575	0,969	79,02	103,7	48,3	163,2
1066	март 20	0,574	0,969	79,26	102,5	46,9	163,1
989	сент. 5	0,582	0,968	77,14	101,5	45,8	163,4
912	июль 18	0,580	0,968	77,45	100,8	44,9	163,3
837	фев. 28	0,582	0,968	76,90	100,1	44,2	163,4
760	май 20	0,582	0,968	77,00	100,0	44,0	163,4
684	окт. 2	0,580	0,968	77,62	99,1	43,1	163,4
607	март 15	0,581	0,968	77,47	98,8	42,5	163,5
530	сент. 27	0,576	0,969	78,90	97,6	41,3	163,4
451	июнь 28	0,574	0,969	79,29	97,0	40,5	163,5
374	фев. 16	0,577	0,969	78,76	96,5	39,9	163,5
295	апр. 20	0,576	0,969	79,13	95,2	38,4	163,4
218	май 17	0,581	0,968	77,37	94,1	37,2	163,6
141	март 22	0,583	0,968	77,23	93,7	36,5	163,4
н. э. 66	январь 25	0,585	0,968	76,55	92,6	35,4	163,6
до н. э. 12	окт. 10	0,587	0,967	76,33	92,5	35,2	163,6
87	авг. 6	0,586	0,968	77,12	90,8	33,3	163,3
164	нояб. 12	0,585	0,968	76,88	89,1	31,4	163,7
240	май 25	0,585	0,968	76,75	88,1	30,1	163,5
315	сент. 8	0,587	0,967	76,17	86,9	28,8	163,6
391	сент. 14	0,588	0,967	76,12	86,8	28,6	163,6
466	июль 18	0,590	0,967	76,15	85,2	26,9	163,3
540	май 10	0,592	0,967	75,73	83,6	25,1	163,5
616	июль 28	0,593	0,967	75,70	83,3	24,7	163,5
690	январь 22	0,600	0,966	74,35	82,7	23,9	163,4
763	авг. 5	0,602	0,966	74,27	80,5	21,7	163,1
836	май 9	0,599	0,966	74,97	78,6	19,6	163,3
911	май 20	0,598	0,966	75,06	78,2	19,0	163,2
986	дек. 2	0,602	0,966	74,53	77,7	18,3	163,2
1059	дек. 3	0,612	0,965	72,68	76,7	17,0	162,9
1129	апр. 3	0,622	0,964	70,52	75,0	15,2	162,9
1198	май 11	0,629	0,963	68,89	74,5	14,7	163,0
1266	сент. 5	0,634	0,962	68,15	74,0	14,0	162,8
1334	авг. 25	0,627	0,963	69,82	73,2	13,1	162,8
1404	окт. 15	0,620	0,964	71,86	71,9	11,7	162,5

Даты до 1582 г. даются по юлианскому календарю, после 1582 г. — по григорианскому; все даты считаются от полуночи.

и негравитационных эффектов на интервале времени в 3 тысячи лет с 1607 г. до 1404 г. до н. э.

В мае 1982 г. Дж. Брэди опубликовал работу «Комета Галлея. 1986 г.; — 2647 г.», в которой привел результаты своих вычислений движения кометы Галлея с учетом возмущений от всех планет с 1986 г. до 2648 г. до н. э. Он ввел в уравнения движений так называемый вековой член (некоторый коэффициент, зависящий явно от времени), величина которого была подобрана так, что четыре последних появления удалось представить без негравитационных эффектов.

На с. 123 приводится в сокращении итоговая таблица работы Йоманса и Кианга, содержащая самые точные в настоящее время элементы кометы Галлея для 45 обращений: с 1986 г. до 1404 г. до н. э.

Как пишут авторы, на интервале 1986 г.—141 г. ошибка в моменте прохождения через перигелий составляет, как правило, не больше 1 дня, а далее со 141 г. н. э. до 1404 г. до н. э. для последнего из вычисленных ими перигелиев (т. е. почти за три тысячи лет до исследований Галлея) ошибка может достигать одного месяца. Для сравнения вспомним, что двести лет назад такую же ошибку в один месяц указал Клеро для своего предсказания — всего через один оборот кометы. Как видим, астрономы научились датировать события прошлых лет достаточно точно.

ПРИРОДА И ПРОИСХОЖДЕНИЕ КОМЕТ

Летит комета по небу, блистая,
Полнеба хвост прорезал огневой.
Ей не вернуться: это та, «Большая»,
Чей путь — в неизмеримость по прямой.
Сквозь табор звездный, к западу с востока,
Перегоняя в беге Млечный Путь,
Несчастна вечно, вечно одинока,
Не хочет и не может отдохнуть!

Янош Вайда (1827—1897)

Голова и хвост кометы, а также все остальные удивительные структуры, о которых шла речь выше (лучи, потоки, галосы, оболочки, синхроны, синдинами, стрие, спирали, излияния из ядра и т. п.) являются вторичными образованиями, развившимися из миниатюрного по сравнению с ними ядра кометы, самой главной части кометы как физического объекта (рис. 71). Чтобы это понять, достаточно хоть раз взглянуть в телескоп на

только что появившуюся комету, находящуюся на расстоянии 3—5 а. е. Это — бледный, туманный призрак, едва светящаяся шарообразная туманность, иногда имеющая вид однородного размытого диска, наподобие внефокального изображения какой-нибудь звезды; но чаще всего внутри этой диффузной туманности видно сгущение, в центре которого и находится ядро кометы — первоисточник всего многообразного комплекса кометных явлений.



Рис. 71. Ядро кометы — загрязненный снежный ком.

В телескоп еще ни разу не удавалось разглядеть «чистое» ядро кометы, так как оно вуалируется окружающей его светящейся материей, непрерывно истекающей из ядра при приближении к Солнцу. Казалось бы, что есть возможность сфотографировать с помощью светосильных телескопов ядро кометы, когда она находится на больших гелиоцентрических расстояниях, на которых не развиваются еще ни комы, ни хвосты. Однако наблюдения таких «сверхдалеких» комет показали, что даже на расстояниях 7—10 а. е. от Солнца вокруг ядер уже образуются протяженные атмосферы. Например, у кометы Боуэлла (1980 b) на расстоянии 7 а. е. наблюдалась пылевая оболочка диаметром в 60 000 км (12"), а у кометы Шустера (1975 II) на расстоянии 10 а. е. был виден хвост длиной 75 000 км.

Применяя все бóльшие увеличения телескопа, можно заглянуть в более глубокие слои светящейся вокруг ядра газовой-пылевой оболочки, но и то, что останется, будет по своим размерам все еще значительно превышать истинные размеры кометного ядра.

Итак, ядро — главная часть кометы. Однако до сих пор нет единодушного мнения о том, что оно собой представляет. Еще во времена Бесселя и Лапласа (начало XIX в.) существовало представление о ядре кометы как о монолитном твердом теле, состоящем из легко испаряющихся веществ типа льда или снега, быстро переходящих в газовую фазу под действием солнечного тепла. Эта классическая модель ледяного кометного ядра была существенно дополнена и разработана в наше время. Наибольшим признанием среди исследователей комет пользуется разработанная американским астрономом Ф. Уипплом модель ядра — конгломерата из тугоплавких каменных частиц и замороженной летучей компоненты (вода H_2O , цианводород HCN , углекислый газ CO_2 , метилциан CH_3CN , сульфид углерода CS_2 и др.). В таком ядре ледяные слои из замороженных газов чередуются с пылевыми слоями. По мере прогревания солнечным теплом газы типа испаряющегося «сухого льда» прорываются наружу, увлекая за собой облака пыли (рис. 72). Это позволяет, например, объяснить образование газовых и пылевых хвостов, т. е. хвостов различных типов у комет, а также способность небольших по размерам ядер комет активно выделять газы.

Связь метеорных роев с короткопериодическими кометами наводила на мысль о каменистом ядре, имеющем газовые включения в виде сорбированных газов. Такую модель в 40-х годах разрабатывал советский астрофизик Б. Ю. Левин, рассматривавший механизм образования протяженной атмосферы путем десорбции газов с поверхности ядра. Другой советский астрофизик С. К. Всехсвятский предлагал модель каменистого ядра, покрытого льдом и снегом из замороженных газов различного химического состава.

Существуют и другие модели, представляющие кометное ядро, например, как рой снежинок или скопление большого числа каменно-ледяных глыб. Однако ясно, что такие ядра в реальных кометах невозможны. Снежный рой (или рой метеорных частиц) быстро рассеется под действием планетных возмущений, а ядро,

состоящее из отдельных глыб, в результате их взаимных столкновений должно довольно быстро стать компактным. Из всех перечисленных моделей наиболее близкой к реальной представляется модель Уиппла.

Согласно этой модели механизм истечения вещества из ядра объясняется следующим образом. У комет, совершивших небольшое число прохождений через перигелий, — так называемых «молодых» комет, поверхностная

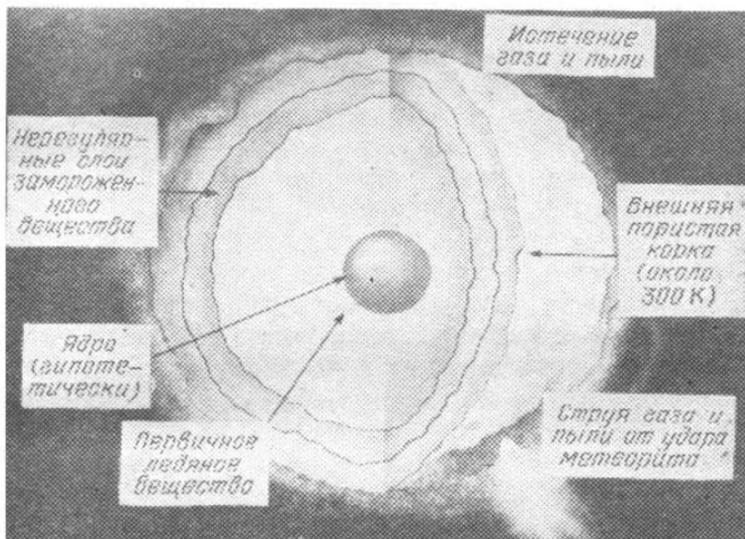


Рис. 72. Строение ядра кометы по современным представлениям.

защитная корка еще не успела образоваться и поверхность ядра покрыта реликтовыми льдами. Газовыделение протекает крайне интенсивно путем прямого испарения из твердой фазы. В спектре такой кометы преобладает отраженный солнечный свет, что позволяет и спектрально отличать «молодые» кометы от старых. Обычно «молодыми» или «новыми» называют кометы, имеющие большие полуоси орбит в несколько десятков тысяч астрономических единиц, так как предполагается, что они сравнительно недавно проникли во внутренние области Солнечной системы. «Старые» кометы — это кометы с коротким периодом обращения вокруг Солнца, многократно проходившие через свой перигелий. У «старых» комет при повторных возвращениях к Солнцу лед подтаивает все больше и больше, поверхность

его «загрязняется», и он становится подобным ледниковой морене. (В тундре можно летом встретить участки многолетнего спрессованного льда, покрытого слоем рыхлой пыли, напоминающей по виду кусочки серой ваты, которая предохраняет лед от таяния даже в теплое летнее время, когда температура воздуха достигает порой $+30^{\circ}\text{C}$.) Подобный пылевой слой со временем образуется и на поверхности ледяного кометного ядра. Этот тугоплавкий, с ничтожно малым коэффициентом теплопроводности экран надежно защищает находящийся под ним кометный лед от интенсивного таяния под воздействием солнечного тепла. В интересных лабораторных экспериментах ленинградских физиков Е. А. Каймакова и В. И. Шаркова, сотрудников лаборатории моделирования кометных явлений Физико-технического института им. А. Ф. Иоффе, были изучены физико-химические свойства таких экранов-матриц и было показано, что при наличии такой матрицы на поверхности ледяного ядра кометы, даже если она подходит к Солнцу на предельно близкие расстояния (области внутренней короны), температура глубинного льда не поднимается выше минус 80°C .

Модель ядра-конгломерата, предложенная в 50-х годах Уипплом, прекрасно объясняет и обильное газовыделение из крохотных ядер, в результате которого образуются грандиозные кометные головы и хвосты, и причину негравитационных сил, отклоняющих комету от чисто «гравитационного» пути. Это — газовые потоки, истекающие из кометных ядер; они создают реактивные силы, которые и приводят, по-видимому, к вековым ускорениям или замедлениям в движении многих короткопериодических комет, а также к вращению ядер комет.

Массы ядер комет заключены в пределах от 10^{13} до 10^{19} г; массы, меньшие 10^{13} г, характеризуют уже ядра микрокомет или кометоидов (возможно, таким кометоидом был Тунгусский метеорит). В настоящее время массы ядер комет определяются крайне неуверенно, поэтому можно говорить только о вероятном диапазоне масс комет.

Так как короткопериодические кометы движутся в Солнечной системе, периодически проходя вблизи больших планет, то, казалось бы, по гравитационному влиянию кометы на эти тела можно было бы оценить и массу ядра кометы. Но массы комет оказались настолько

малыми даже по сравнению с массами спутников планет, что до сих пор не замечено ощутимых гравитационных кометных воздействий, выходящих за пределы ошибок измерений. Например, в 1770 г. комета Лекселя подошла к Земле на расстояние 2 260 000 км. Если бы масса ядра кометы была бы сравнима с массой Земли, то земной год удлинился бы на 2 часа 47 минут. Однако не было обнаружено увеличения продолжительности года даже на 1 с, в то время как период кометы Лекселя уменьшился на 2,5 суток. Если бы земной год удлинился на 1 с, то масса ядра кометы должна была бы составлять 0,0002 массы Земли. Следовательно, масса ядра кометы Лекселя должна быть меньше массы Земли более, чем в 5000 раз. Если радиус ядра кометы Лекселя равен 1,5 км, а плотность 1,3 г/см³ (лед с примесями), то масса ядра кометы составляет всего $1,4 \cdot 10^{16}$ г (т. е. она в 430 миллиардов раз меньше массы Земли).

Комета Брукса-2 в 1886 г. проходила вблизи Юпитера на расстоянии около 150 тыс. км от его поверхности, т. е. внутри системы спутников планеты, но не изменила ни периода обращения планеты, ни ее спутников, тогда как период кометы изменился с 29 до 7 лет. Это указывает на то, что масса ядра кометы Брукса-2 более чем в 10 000 раз меньше массы Земли.

Массу ядра кометы можно оценить по движению вторичных ядер разделившихся комет. Например, в 1957 г. наблюдалось разделение ядра кометы Виртанена на два вторичных ядра, удалявшихся друг от друга со скоростью 1,6 м/с. Считая эту скорость параболической (хотя пространственная скорость удаления фрагментов может быть выше, так как мы наблюдаем проекцию скорости), можно оценить массу ядра кометы Виртанена в 10^{17} г (сто миллиардов тонн).

Столь же неопределенными параметрами кометного ядра являются его геометрические размеры. «Чистого» ядра без окружающей его атмосферной вуали до сих пор никому не удалось увидеть, а следовательно, и измерить.

Ф. Бальде пытался определить диаметры ядер комет Понса — Виннеке (1927 VII) и Швассмана — Вахмана-3 (1930 VI), сблизившихся с Землей до нескольких миллионов километров. Его оценки, полученные по фотометрическим измерениям, дают размеры порядка 0,4 км.

Расчеты, выполненные различными исследователями комет, показывают, что диаметры кометных ядер лежат в пределах от нескольких сотен метров до нескольких километров (в среднем 1 км). Так, например, для кометы Энке, наблюдавшейся уже при 53 возвращениях к перигелию, были получены следующие оценки диаметра ее ядра: от 1,7 до 7 км. Радиолокационные наблюдения кометы Энке в период ее сближения с Землей до 0,33 а. е. в ноябре 1980 г., выполненные с помощью радиотелескопа обсерватории Аресибо (Пуэрто-Рико), впервые в истории кометной астрономии дали значение диаметра ее ядра в пределах от 0,8 до 8 км, что в целом согласуется с теоретическими оценками, приведенными выше.

Диаметр ядра кометы Галлея, согласно ее звездной величине $24^m,2$, при открытии в 1982 г. на гелиоцентрическом расстоянии 11 а.е. при альбедо $\sim 0,5$ (как у спутников Сатурна) равен 2,8 км. В ноябре 1985 г., когда комета Галлея приблизится к Земле на расстояние 0,62 а. е., будут проведены радиолокационные наблюдения ее ядра с помощью самых крупных земных радиотелескопов северного полушария (Аресибо и др.), а в апреле 1986 г., при еще большей близости к Земле (0,42 а. е.), будет осуществлена повторная радиолокация ее ядра с помощью радиотелескопов южного полушария (в Голдстоуне и др. обсерваториях). Однако наиболее точно диаметр ядра кометы Галлея удастся измерить при пролете космических аппаратов в марте 1986 г. вблизи ее ядра.

Каков химический состав ядер комет? Этот вопрос, по-видимому, будет решен только после доставки вещества ядра кометы в земные лаборатории, подобно тому, как был доставлен на Землю лунный грунт. А пока мы можем судить о химическом составе кометного ядра на основании спектральных наблюдений окооядерной области кометы, проведенных как с земных, так и с орбитальных космических обсерваторий. Наземная и космическая спектроскопия позволила обнаружить в головах и хвостах комет следующие атомы, молекулы, ионы и пылевые частицы: органические (C, C₂, C₃, CH, CO, CO₂, CN, HCN, CH₃CN, CS), неорганические (H, O, NH₂, S, S₂, NH, OH, H₂O), металлы (Na, K, Ca, Co, Cu, Cr, Fe, V, Ni, Mn), ионы (CO⁺, CO₂⁺, CH⁺, CN⁺, N₂⁺, OH⁺, H₂O⁺, C⁺) и пылевые силикатные частицы (в инфракрасной области). Однако большинство из этих час-

тиц являются «обломками» более сложных молекул или молекулярных соединений, из которых состоит ледяное ядро кометы (они называются родительскими). В настоящее время мы знаем уже четыре родительские молекулы кометных ледяных ядер: это — вода (H_2O), циановодород (HCN), цианистый метил (CH_3CN) и молекулярная сера (S_2). Еще одной из вероятных родительских молекул является молекула сульфида углерода (CS_2), «обломки» которой наблюдаются в ультрафиолетовых спектрах комет — моносульфид углерода и атомная сера. Непосредственные наблюдения самой молекулы сульфида углерода затруднительны из-за очень малого времени ее жизни в поле солнечной радиации (~ 100 с).

Однако природа большей части родительских молекул кометных ядер до сих пор не разгадана. Пока ясно одно: это должны быть довольно сложные молекулы типа аминокислот, цианополиинов (уже наблюдавшихся в оболочках звезд — красных гигантов) или молекулярные комплексы типа клатратных гидратов (какая-либо молекула, окруженная шестью молекулами воды) или молекулярных кластеров (ионов в окружении нейтральных молекул).

К настоящему времени из космоса наблюдались ультрафиолетовые спектры около 30 комет, которые свидетельствуют о наличии у всех комет сильной полосы гидроксила OH у $\lambda = 3900$ Å. В ноябре 1982 г. такой спектр был получен с борта международного спутника IUE при наблюдении короткопериодической кометы Чурюмова — Герасименко (1982 f), приблизившейся к Земле на расстояние 0,39 а. е. (рис. 73)*). В спектре этой кометы самой заметной эмиссией оказалась полоса гидроксила OH , подтверждающая, что основной компонентом ледяных ядер комет является водяной лед.

Следовательно, и о ледяном ядре кометы Галлея можно достаточно уверенно говорить, что оно состоит, в основном, из водяного льда (снега), льдов CO и CO_2 («сухой лед» для хранения мороженого), замороженных молекул циановодорода, цианистого метила, а также льдов более сложных химических соединений, таких как цианополиины (HC_7N — цианогексатриин, HC_9N —

*) Ультрафиолетовый спектр кометы 1982f любезно прислал профессор Кардиффского университета (Англия) М. К. Уоллис.

цианооктатетраин и др.) или даже замороженных аминокислот и примеси минеральной компоненты (пылинок и более крупных скальных фрагментов).

В 1910 г. в спектрах кометы Галлея (а их было получено более 100) были отождествлены следующие эмиссии: циана CN, молекулы углерода C₂, изотопа молекулы углерода ¹²C¹³C, молекулы трехатомного углерода C₃, метила CH, иона угарного газа CO⁺, натрия

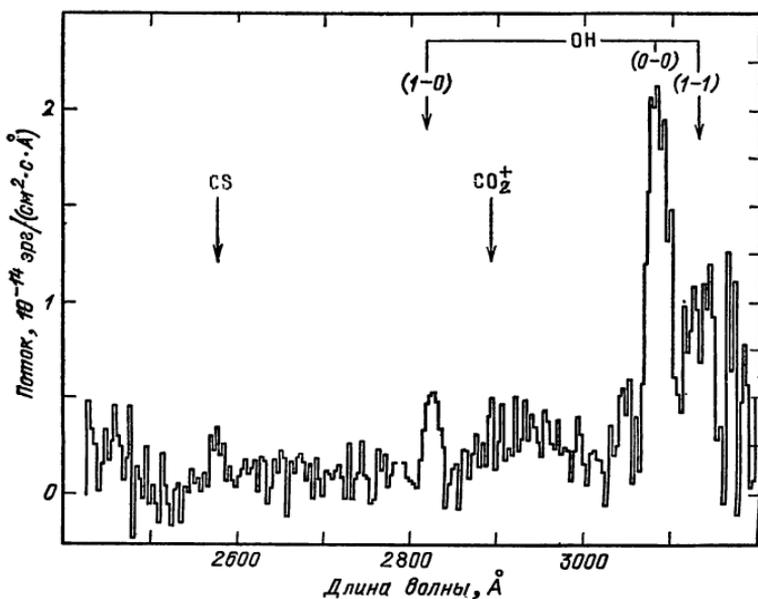


Рис. 73. Ультрафиолетовый спектр кометы Чурюмова — Герасименко 7 ноября 1982 г.

Na. Это эмиссии типичных кометных частиц (молекул и атомов), наблюдавшиеся в последнее время у многих комет (рис. 74).

Вдали от Солнца уже на расстоянии 11 а. е. комета выглядит небольшим туманным пятнышком, порой с признаками начинающего образовываться хвоста. Спектр кометы, находящейся на таком расстоянии, и вплоть до 3 — 4 а. е. является непрерывным, так как на таких больших расстояниях эмиссионный спектр не возбуждается из-за слабости солнечных излучений (фотонного и корпускулярного).

Этот спектр образуется в результате отражения солнечного света от пылевых частиц или в результате его рассеяния на многоатомных молекулах или молекуляр-

ных 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 ($\lambda = 3883 \text{ \AA}$), которая наблюдается почти во всей голове кометы. На расстоянии ~ 2 а. е. возбуждаются уже излучения трехатомных молекул C_3

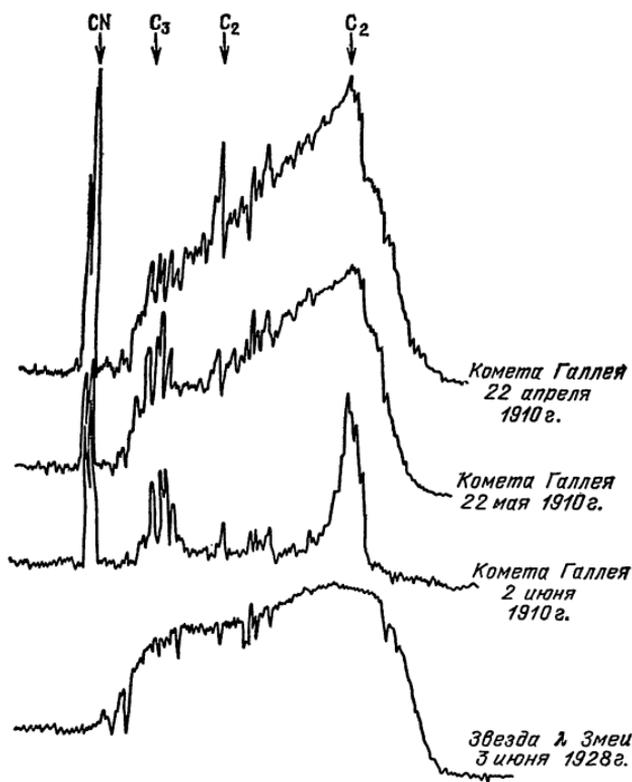


Рис. 74. Регистрограммы спектров кометы Галлея 22 апреля, 22 мая и 2 июня 1910 г. Хорошо видны эмиссии CN, C_2 и C_3 . Внизу приведен спектр звезды сравнения λ Змеи 3 июня 1928 г.

и NH_2 , наблюдающиеся в более ограниченной области головы кометы вблизи ядра. На расстоянии $\sim 1,8$ а. е. становится заметным излучение углерода — полосы Свана, которые видны сразу во всей голове кометы — и вблизи ядра, и у границ видимой головы. Когда комета пересекает орбиту Марса ($r \approx 1,5$ а. е.) в голове появляются эмиссии радикалов OH, NH, CH и др., а в хвосте — полосы ионов CO^+ , N_2^+ , CO_2^+ , CH^+ , OH^+ , H_2O^+ и др. С уменьшением гелиоцентрического расстояния

интенсивности молекулярных полос возрастают. После пересечения кометой орбиты Земли, т. е. на расстоянии ~ 1 а. е. от Солнца начинает светиться натрий, который легко обнаруживается по желтому дублету D_1 и D_2 ($\lambda\lambda$ 5890—5896 Å). А еще ближе к Солнцу, когда комета пронесется через солнечную корону, вблизи ядра кометы наблюдаются линии различных металлов: железа Fe, никеля Ni, меди Cu, кобальта Co, хрома Cr, марганца Mn, ванадия V и др., характерных для спектров метеоритов, что указывает на связь между ядрами комет, метеорным и метеоритным веществом, а следовательно, на общность происхождения этой группы малых тел Солнечной системы.

Механизм свечения кометных молекул как резонансный был расшифрован П. Н. Лебедевым. В 1911 г. К. Шварцшильд и Е. Крон, изучая эмиссионные спектры кометы Галлея, пришли к заключению, что молекулы кометных атмосфер резонансно переизлучают солнечный свет. Это свечение аналогично резонансному свечению паров натрия в известных опытах американского физика Дж. Вуда, который первым заметил, что при освещении светом, имеющим частоту желтого дублета натрия, пары натрия сами начинают светиться на той же частоте характерным желтым светом. Это — механизм резонансной флюоресценции, являющийся частным случаем более общего механизма люминесценции. Всем известно свечение люминесцентных ламп в витринах магазинов, ламп дневного света и т. п. Аналогичный механизм заставляет светиться и газы в кометах. Правда, в рекламных люминесцентных трубках свечение газов возникает от ударов электронов, ускоряемых электрическим полем. Люминесценция же комет вызывается фотонным излучением Солнца. Молекулы кометных газов поглощают энергию солнечных лучей и сразу же излучают ее без изменения длины световых волн. Такое холодное свечение кометных молекул и называется резонансной флюоресценцией.

Образование головы кометы — сложный процесс, мощность которого зависит от расстояния кометы до Солнца (рис. 75). При приближении ядра кометы к Солнцу на гелиоцентрических расстояниях порядка 7—11 а. е. начинается испарение наиболее летучих веществ с поверхности ледяного кометного ядра. Поток газов увлекают за собой ледяные и пылевые частички и образуют постепенно вокруг ядра туманную оболоч-

ку — ко́му, которая вместе с ядром составляет голову кометы.

На расстояниях, больших 2,5 а. е. от Солнца, развитие атмосферы вокруг ядра регулируется испарением «сухого льда» CO_2 и других родительских молекул, наиболее летучих составляющих ядра. На расстояниях, меньших 2 — 2,5 а. е., развитие атмосферы кометы и активность ее ядра регулируется уже испарением водяного льда. На расстоянии в 1 а. е. от Солнца ядро кометы

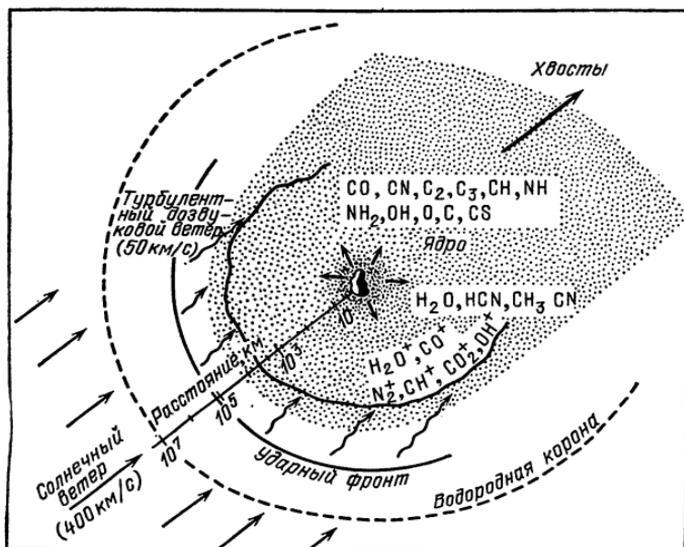


Рис. 75. Модель головы кометы (схема).

нагревается до температуры 200 К и начинает испаряться со всей поверхности примерно $2 \cdot 10^{30}$ молекул в секунду. Молекулы воды H_2O распадаются (фотодиссоциируют) под действием солнечного ультрафиолетового излучения (с длиной волны λ 1365—1680 Å) на атомарный водород Н и гидроксил ОН. Затем и гидроксил в поле солнечной радиации распадается на Н и О. В результате таких фотохимических реакций вокруг головы кометы образуется протяженная водородная корона, которая сильно излучает в ультрафиолетовой области в линии Лайман-альфа (L_α) ($\lambda = 1216 \text{ Å}$). Впервые это интенсивное излучение водорода в линии L_α было обнаружено у кометы Таго — Сато — Косака (1969 IX) с помощью спектрографа, установленного на борту спутника ОАО-2 в январе 1970 г.; 25 января 1970 г. было

получено первое изображение кометы, в линии L_{α} , диаметр которого оказался $D \sim 10^7$ км, что на порядок превышает диаметр видимой комы ($\sim 10^6$ км) и сравнимо с длиной хвоста кометы. Это важное открытие показало, что видимые размеры кометы гораздо меньше ее истинных размеров, определяемых ультрафиолетовым излучением водорода ($\lambda = 1216 \text{ \AA}$) и гидроксила ($\lambda = 3090 \text{ \AA}$).

Водородная корона, окружающая видимую голову кометы, формируется под действием двух потоков атомарного водорода, расширяющегося в межпланетное пространство со скоростями 20 км/с (такую скорость водород приобретает при распаде молекулы воды) и 8 км/с (при распаде гидроксила). Водородная корона и видимая кома, расширяясь в межпланетном пространстве, постепенно рассеиваются в нем, пополняя межпланетную среду кометным газом и пылью. На смену улетучившимся газам в кому и корону из ядра поступают все новые и новые порции газа. Непрерывное возобновление и поддержание в огромном объеме газовой пылевой кометной атмосферы в течение довольно длительного интервала времени (иногда в течение нескольких лет, как у кометы Боуэлла (1980 b) или у короткопериодической кометы Швассмана—Вахмана-1, которая движется по круговой орбите вблизи орбиты Юпитера и поддерживает свою атмосферу уже в течение 60 лет) является основным свойством ядра кометы.

Ионизованные кометные газы под действием солнечного ветра формируют плазменный хвост I бредихинского типа, в котором образуются различные структуры: лучи, спирали, конденсации. Мельчайшие пылевые частицы, размерами в I микрометр и мельче, под действием силы светового давления образуют более широкие диффузные хвосты II и III типов. Частицы же более крупные, подвергаясь притяжению Солнца, образуют хвосты IV бредихинского типа, т. е. аномальные хвосты. В комете Галлея в течение последних двух ее появлений наблюдались хвосты I, II и III типов. Весь этот расход кометного вещества на кому, корону и хвосты естественно не восполняется. Поэтому кометное ядро от одного прохождения через перигелий до другого постепенно уменьшается в размерах и, когда со временем весь лед сублимирует, вдоль прежней орбиты кометы будет рассеяна ее тугоплавкая минеральная компонента — метеорный рой, порожденный «угасшей» кометой.

К настоящему времени по теоретическим оценкам масса ядра кометы Галлея составляет:

$$M_{\text{я}} = \frac{4}{3} \pi \rho R^3 = 11,5 \text{ миллиардов тонн } (1,15 \cdot 10^{16} \text{ г})$$

при $\rho = 1,3 \text{ г/см}^3$ (водяной лед с примесями), $R = 1,4 \text{ км}$.

За 29 наблюдавшихся возвращений (с 240 г. до н. э.) поперечник ядра кометы Галлея уменьшился примерно на 1 км, т. е. ее первоначальная масса уменьшилась почти в 2,5 раза. Постепенно теряя свою массу, ядро кометы Галлея под действием реактивной отдачи испаряющихся с его поверхности газовых струй стало вращаться и делает в настоящее время, согласно исследованию Уиппла, один оборот вокруг своей оси за 10,3 часа.

Каково же происхождение кометы Галлея?

Элементы орбит комет претерпевают значительные изменения при сближениях кометы с планетами. Особенно же сильная трансформация кометной орбиты происходит при тесных сближениях комет с одной из планет-гигантов. Это обстоятельство необходимо обязательно учитывать при исследовании вековых изменений элементов орбит комет как в прошлом, так и в будущем. Такие расчеты позволяют установить, откуда кометные ядра приходят во внутренние области Солнечной системы, а также решить проблему происхождения короткопериодических комет. Совместными усилиями таких выдающихся астрономов, как Эпик, Оорт, Марсен, Секанина, Эверхарт, К. А. Штейнс, Е. И. Казимирчак-Полонская была доказана реальность существования на периферии Солнечной системы (на расстоянии 50 000 — 150 000 а. е. от Солнца) неистощимого резервуара кометных ядер, которое получило название «облака Эпика — Оорта».

Как образовалось кометное облако Эпика — Оорта на окраинах Солнечной системы? В настоящее время общепринятой является гипотеза гравитационной конденсации всех тел Солнечной системы из первичного газово-пылевого облака, имевшего такой же химический состав, что и Солнце. В холодной зоне протопланетного облака сконденсировались планеты-гиганты Юпитер, Сатурн, Уран и Нептун со своими многочисленными спутниками. Остатки протопланетного вещества, возможно, наблюдаются и сейчас вблизи этих планет в

виде колец. Планеты-гиганты вобрали в себя наиболее обильные элементы протопланетного облака, и массы их возросли настолько, что они легко стали захватывать не только пылевые частицы, но и газы. В этой же холодной зоне образовались и ледяные ядра комет (кометозимали), которые частично пошли на формирование планет-гигантов, а частично, по мере роста масс планет-гигантов, стали отбрасываться последними на периферию Солнечной системы, где и образовали грандиозный источник комет — облако Эпика — Оорта.

Согласно исследованиям Эпика, Оорта, Фесенкова и других ученых кометные орбиты в облаке могут быть существенно трансформированы под действием звездных возмущений: перигелии почти параболических орбит могут быть введены в зону планетных возмущений или, напротив, удалены за ее пределы. В первом случае начинается процесс постепенной диффузии кометных орбит, которая представляет собой медленное накопление малых планетных возмущений в обратных значениях больших полуосей ($1/a$) почти параболических комет. Штейнс установил три закона диффузии кометных орбит. Казимирчак-Полонская утверждает, что в результате диффузии кометные орбиты начинают в масштабе тысяч и миллионов лет постепенно концентрироваться вокруг орбиты наиболее удаленной от Солнца планеты-гиганта — Нептуна. Уиппл предполагает, что вокруг этой планеты простирается широкий пояс таких комет, содержащий, по его оценке, около 10^9 кометных ядер.

В пределах этого пояса, согласно теории Казимирчак-Полонской, начинается очень длительный, но достаточно интенсивный процесс воздействия на кометы непрерывных возмущений со стороны планет-гигантов. В результате часть кометных ядер постепенно продвигается внутрь планетной системы и располагается между орбитами Нептуна — Урана, Урана — Сатурна, Сатурна и Юпитера, подобно астерийному кольцу, заключенному между орбитами Марса и Юпитера. В случае очень близкой эффективной встречи кометного ядра с одной из планет-гигантов, особенно с Юпитером, происходит захват кометы этой планетой; в таких случаях долгопериодические орбиты катастрофически преобразуются в более близких к Солнцу кометных поясах Казимирчак-Полонской или даже вблизи орбиты Земли, что делает комету уже доступной земным наблюдениям.

Становится понятным происхождение периодических комет. Серия последних открытий короткопериодических комет после их тесных сближений с Юпитером (кометы Кирнса — Кви, Гунна, Кодзимы, Чурюмова — Герасименко, Герельса-3 и др.) является сильным аргументом в пользу существования кометных поясов между планетами-гигантами, а, следовательно, и облака Эпика — Оорта и подтверждает влияние Юпитера на движение комет.

Ядро кометы Галлея в далеком прошлом, вероятно, было одним из бесчисленного множества ледяных кометных ядер облака Эпика — Оорта. Обращаясь вокруг Солнца по почти параболической орбите с периодом 10^6 — 10^7 лет, это ядро не могло наблюдаться с Земли даже в перигелии, который должен был находиться далеко за планетной системой. Но однажды, возможно, в результате существенной трансформации первичной орбиты какой-то звездой нашей Галактики, проходившей недалеко от облака Эпика — Оорта, ядро кометы Галлея оказалось в непосредственной близости от Нептуна и было захвачено им в свое кометное семейство. Сейчас нам известно 10 комет этого семейства, и, конечно, их значительно больше, однако вследствие наблюдательной селекции мы видим только те из них, перигелии которых располагаются вблизи Земли.

Среди 10 известных комет семейства Нептуна три из них, в том числе и комета Галлея, характеризуются обратным движением по орбите. Самый короткий период у кометы Понса — Гамбара (57,5 года), а самый длинный, 120 лет, у кометы Свифта — Туттля. Таким же периодом как у кометы Галлея, т. е. 76 лет, обладает еще одна комета из этого семейства — комета де Вико, но она наблюдалась только при одном появлении (в 1846 г.) и с тех пор ее больше не видели. Одна из комет семейства Нептуна была открыта в 1921 г. советским астрономом А. Д. Дубяго. Ее период около 62 лет, так что следует ожидать ее возможного переоткрытия в ближайшие годы. Пять комет из этого семейства наблюдались по одному разу, две — по два раза, две — по три раза, и только комета Галлея наблюдалась уже при 30 возвращениях к перигелию (а возможно, и больше, если удастся найти исторические свидетельства о ее наблюдениях раньше 240 г. до н. э.)

Существуют и другие гипотезы о происхождении комет. Согласно одной из них кометные ядра также

захватываются, но из межзвездного пространства гравитационным полем Солнца при взаимодействии межзвездной кометы с одной из планет Солнечной системы. Эта гипотеза была разработана французским астрономом и математиком Пьером Лапласом и в настоящее время имеет горячих сторонников в лице советского астронома В. В. Радзиевского и его ученика В. П. Тома-нова.



Рис. 76. Столкновение кометы с Землей (карикатура XIX века).

Выдвинута также гипотеза об эруптивном происхождении комет, т. е. образовании их путем выбросов ледяных фрагментов с поверхности планет-гигантов или их спутников в результате мощной вулканической деятельности. Родоначальником вулканической гипотезы происхождения комет был французский математик и астроном Жозеф Лагранж. Горячими приверженцами этой идеи в настоящее время в СССР являются астроном С. К. Всехсвятский и физик Э. А. Дробышевский.

Поскольку Земля неоднократно пересекала хвосты гигантских комет, то естественно возникает вопрос: не сталкивалась ли Земля когда-либо с ядром кометы? Многие ученые считают, что 30 июня 1908 г. Земля столкнулась с ядром небольшой кометы (вернее, микро-

кометы или кометоида) в районе реки Подкаменной Тунгуски. Свидетели, которые находились за сотни километров от места падения, рассказывают, что тогда в небе рано утром появилось светящееся тело, напоминавшее огненный шар, яркость которого можно было сравнить с яркостью Солнца. В течение нескольких минут оно пересекло небосвод приблизительно с юго-востока на северо-запад и затем взорвалось. Грохот взрыва был слышен на расстоянии 1200 км, а на расстоянии 500 км вылетали стекла в окнах. Ударная волна в земной атмосфере дважды обогнула Землю, ее зарегистрировали все метеорологические наблюдательные станции планеты. Ближайший живой свидетель, который находился на расстоянии 100 км, был отброшен на 6 м и потерял сознание.

Место падения исследовала экспедиция Л. А. Кулика уже после Октябрьской революции. Были найдены разительные следы Тунгусской катастрофы, например, миллионы поваленных деревьев на площади 6000 км². Этот факт, яркое свечение неба, которое наблюдалось на всем земном шаре на протяжении трех ночей после взрыва, а также ряд других фактов являются возможным свидетельством того, что в сибирском небе высоко над Землей произошел взрыв рыхлого, ледяного ядра небольшой кометы и кометное вещество было распылено на огромной площади. Поэтому-то и не находят остатков вещества Тунгусского тела. Причиной взрыва явилась, по-видимому, химическая реакция между водородом кометной короны и атмосферным кислородом, в результате которой образовалась гремучая смесь. При взрыве гремучей смеси, возможно, и выделилась колоссальная энергия Тунгусской катастрофы.

Как показывают расчеты, столкновения Земли с ядром кометы радиусом в 1 км происходят один раз в 50 млн. лет. Может ли такое столкновение оказать влияние на глобальный ход земных процессов? Исследования последних лет позволяют положительно ответить на этот вопрос. Так, в некоторых слоях осадочных пород обнаружена повышенная концентрация иридия, по всей вероятности, космического происхождения. Этим слоям соответствовали резкие изменения животного мира Земли.

Таким образом, имеются некоторые свидетельства того, что на эволюцию форм жизни на Земле возможно влияли ядра комет, сталкивавшиеся с Землей. За

жем только о таких структурах, как лучи и галосы, и о самых активных процессах в хвостах и ядрах комет (отрывы плазменных хвостов и деление ядра).

Лучи. Лучевые системы довольно часто наблюдаются в хвостах I типа и представляют собой «связку» тонких прямолинейных лучей, иногда слегка искривленных, выходящих под различными углами к оси симметрии хвоста из ядра (рис. 77).

Наиболее характерные свойства лучей: 1) ширина луча $\sim 2 \cdot 10^3$ км; 2) длина лучей может достигать $\sim 10^7$ — 10^8 км; 3) лучи располагаются симметрично относительно оси хвоста и приблизительно в направлении продолженного радиус-вектора; 4) первые (короткие) лучи появляются под большими углами ($\sim 60^\circ$ и

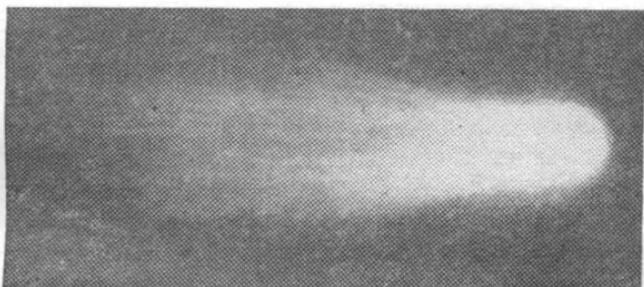


Рис. 77. Лучистая структура хвоста кометы Галлея 1 мая 1910 г.

больше) и удлиняются по мере приближения к оси хвоста; 5) движение лучей перпендикулярно оси хвоста носит характер захлопывания, напоминая «складывающийся веер»; редко наблюдается противоположное движение лучей от оси хвоста; 6) часто лучи приобретают спиральную форму (например, в кометах Морхауза, Галлея, Таго—Сато—Косака, Беннета, Когоутека, Веста и др.); 7) иногда лучи сильно искривлены, как это, например, наблюдалось в комете Юмассона.

В спектре лучистых хвостов в основном наблюдаются ионы CO^+ , N_2^+ , H_2O^+ и др., непрерывный спектр отсутствует. Таким образом, лучи — это чисто плазменное образование. 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 в хвосте кометы Беннета (1970 II) 2 апреля 1970 г. В ночь с 3 на 4 апреля структура хвоста стала еще запутаннее; в конце концов весьма активный процесс, происходивший в указанное время в атмосфере кометы Беннета, увенчался образованием плазменного облака, обладавшего сложной волокнистой структурой.

Наблюдаются лучевые системы и в оторвавшихся хвостах. Например, у кометы Морхауза (1908 III) 15—17 октября 1908 г. были видны лучевые системы и у нескольких оторвавшихся хвостов и у основного хвоста.

Х. Альвен — выдающийся шведский физик, лауреат Нобелевской премии, предложил следующий физический механизм образования лучевых систем в хвостах комет. Солнечный ветер с «вмороженными» в него магнитными силовыми линиями, сталкиваясь с нейтральной головой кометы, ионизует часть газа в ней, в результате чего происходит торможение солнечного ветра и силовые линии начинают загибаться с двух сторон на голове кометы. При этом некоторые силовые линии загибаются почти на 90° по отношению к первоначальному 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 магнитного поля, возможно, объясняет также появление спиралеобразных, винтовых лучей.

Однако следует учесть, что кометная плазма диамагнитна, как любая сильно проводящая плазма, поэтому межпланетное магнитное поле не может проникнуть в комету. Движущиеся магнитные поля солнечного ветра генерируют электрические поля, которые поляризуют внешние слои плазмы головы кометы. Это приводит к тому, что силовые линии межпланетного магнитного поля соскальзывают с комы и никакого загибания силовых линий на самом деле не происходит.

Лучевые структуры в хвостах 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 тогда с «падающей» характеристикой, т. е. электрическое поле, необходимое для поддержания тока, будет убывающей функцией тока. При постоянстве полной плотности тока локализация токов в лучах требует более слабого поля, чем тогда, когда ток равномерно заполняет весь объем хвоста кометы. Таким образом, развитие лучевой системы, в которой по лучам распространяются токи, делает электрическое поле в хвосте минимальным. Аналогичный процесс имеет место в газоразрядной трубке, когда распадение светящегося столба на полосы приводит к уменьшению напряженности электростатического поля.

Галосы. Галосообразование в кометах заключается в появлении на фоне диффузного свечения комы системы расширяющихся концентрических светящихся колец. Расширяясь со скоростью 1—2 км/с, 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 Донати (1858 VI). Он измерил диаметры 18 галосов, наблюдавшихся в этой комете в интервале 2—17 октября 1858 г. После этого галосы были обнаружены в кометах Понса — Брукса (1884 I), Галлея (1910 II), Олкока (1963 V), Хонда (1955 V) и др.

В таблице 9 приведены некоторые данные о галосах, наблюдавшихся в головах ярких комет (период галосообразования и скорость расширения галоса).

Таблица 9. Характеристики галосов в кометах

Комета	Период галосообразования и число галосов (в скобках)	Скорость расширения галосов, км/с
Донати (1858 VI)	Октябрь 2—17, 1858 (18)	0,41—2,0
Понса — Брукса (1884 I)	Сентябрь 22, 1883 (1)	0,28
Холмса (1892 III)	Ноябрь 4, 1892 — январь 16, 1893 (4)	0,40—1,50
Галлея (1910 II)	Апрель 16 — июнь 2, 1910 (5)	0,30—0,70
Олкока (1963 V)	Май 27—28, 1963 (1)	1,0—1,5

Галосообразование, как показывают наблюдения, обычно происходит в период сильных изменений блеска

кометы — вспышек. Особенно наглядно эта связь проявилась у кометы Холмса (1892 III), открытой Холмсом в Лондоне 6 ноября 1892 г. во время сильной вспышки блеска, не будь которой, комета могла бы остаться неизвестной, так как после прохождения ею перигелия прошло уже 4,5 месяца. Ее блеск в это время достиг $m_1 = 4 - 5^m$, и в течение всего ноября комету можно было видеть невооруженным глазом. При этом наблюдалось постепенное расширение головы и падение поверхностной яркости (6 ноября диаметр головы составлял $D = 5'$, а 5 декабря $D = 42'$). В начале января 1893 г. комета стала слабой и была доступна только светосильным телескопам. 16 января произошла новая сильная вспышка блеска амплитудой $\Delta m \approx 4 - 5^m$, и комета вновь могла наблюдаться невооруженным глазом. Диаметр головы во время вспышки составлял $D = 29''$, а через 4 часа после вспышки достиг $D = 47''$. Увеличиваясь в размерах, комета стала ослабевать. Систематическое увеличение размеров головы кометы свидетельствовало об интенсивной генерации галосов в комете Холмса. Сильные вспышки блеска 4 ноября 1892 г. и 16 января 1893 г. с одновременным появлением движущихся в голове галосов произошли в результате двух взрывов в ядре, приведших к выбросу двух пылевых облаков, из которых сформировались галосы. Спектр галосов кометы Холмса по наблюдениям с широкой спектральной щелью был непрерывным. Спектральные же наблюдения галосов комет Галлея (1910 II) и Олкока (1963 V) указывали на присутствие в галосах-излучений CN и C₂. Однако в отличие от молекул CN и C₂, наблюдавшихся в других структурных образованиях комет, например, оболочках, которые заметным образом подвергаются отталкивательным силам, на те же молекулы в галосах лучевое давление Солнца не действует. Поэтому С. В. Орлов предложил считать галосы аномальным образованием в кометах.

Как показывают расчеты, в среднем пылевые галосы имеют массу $\sim 10^{12}$ г и обладают кинетической энергией $\sim 10^{21}$ эрг. Галос виден до тех пор, пока его поверхностная яркость не достигнет значения 22^m с одной квадратной секунды небесной сферы. Это позволяет оценить время жизни галоса, которое оказывается в среднем ~ 30 суток. Для того чтобы из ядра кометы был выброшен галос с кинетической энергией $\sim 10^{21}$ эрг, такого же порядка энергия должна быть получена яд-

ром из потока фотонной или корпускулярной радиации Солнца. Полагая, что ядро имеет радиус 1 км, получим на гелиоцентрическом расстоянии $r = 2$ а. е. (среднее расстояние, на котором происходят вспышки блеска комет) поток фотонной радиации Солнца $\sim 10^6$ эрг/с с учетом дилуции (или степени «разрежения» солнечного излучения на таком расстоянии). Отсюда характерное время для накопления необходимой энергии, чтобы выбросить галос массой $5 \cdot 10^{11}$ г со скоростью $\sim 0,8$ км/с, будет равно ~ 120 дням. При больших размерах ядер время накопления энергии для выброса галоса будет составлять от нескольких часов до нескольких дней. Например, для кометы Швассмана — Вахмана-1, показывающей вспышечную активность с периодом порядка одного оборота Солнца вокруг оси при радиусе ее ядра $\sim 70 \pm 30$ км, на гелиоцентрическом расстоянии 6 а. е. будет подводиться и поглощаться энергия $\sim 10^8$ эрг/с и время накопления энергии будет всего ~ 3 часа.

Отрывы плазменных хвостов. Ранее это явление называлось движением облачных образований, по которым были определены все наиболее надежные значения больших отгаликвательных ускорений в кометах. Всего в настоящее время зафиксировано более 70 случаев отрывов хвостов у комет. Впервые подобное явление было обнаружено Гюссеем 13 июля 1893 г. у кометы Рордама — Кениссе (1893 II). Ф. А. Бредихин по скоростям движущихся конденсаций (оторвавшихся хвостов) в этой комете определил значение отгаликвательной силы, в 36 раз превышающей притяжение Солнца. Вещество оторвавшегося хвоста кометы находится в плазменном состоянии, так как спектрально в них наблюдались только эмиссии CO^+ и N_2^+ . Наблюдения оторвавшегося хвоста в комете Морхауза (рис. 78) показали, что он двигался с огромной скоростью — отгаликвательные силы в 2000 раз превышали притяжение Солнца. Отрывы плазменных хвостов в комете Галлея наблюдались при появлении 1910 г, не менее 5 раз (рис. 79, 80).



Рис. 78. Отрыв хвоста у кометы Морхауза в 1908 г.

Бобровников исследовал более 30 последовательных положений оторвавшихся хвостов в комете Галлея и пришел к выводу, что и для них отталкивательные силы более, чем в 2000 раз превышали силу притяжения

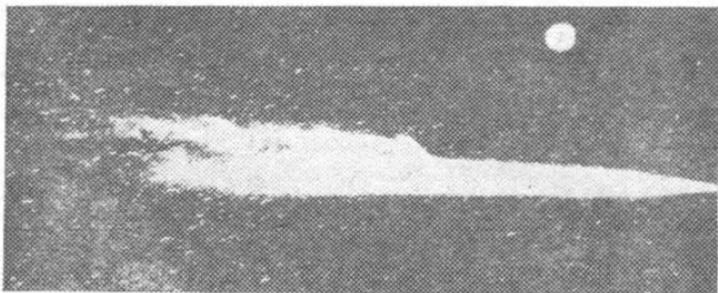


Рис. 79. Отрыв хвоста у кометы Галлея 13 мая 1910 г.

Солнца. Природа отрыва плазменного хвоста у кометы в настоящее время до конца не выяснена, однако обнаружен интересный факт, что отрывы обычно происходят при пересечении кометой границы секторной структуры межпланетного магнитного поля. Ниднер и Брандт полагают, что плазменный хвост у кометы отрывается вследствие пересоединения магнитных силовых линий межпланетного и кометного магнитных полей, подобно тому,

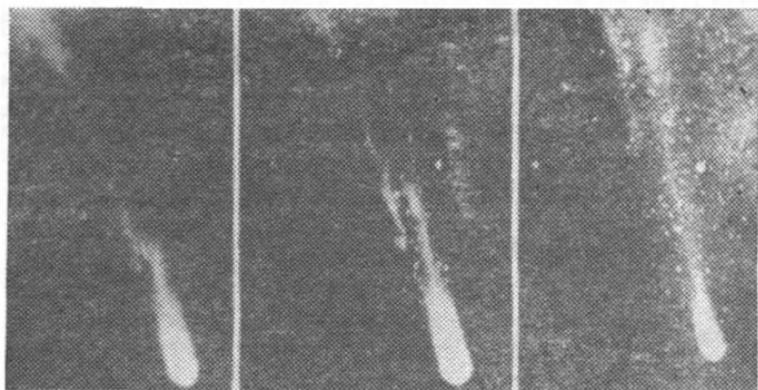


Рис. 80. Отрыв хвоста у кометы Галлея 6—7 июня 1910 г.

как это происходит во время солнечной вспышки в хромосфере Солнца согласно известному механизму Сыроватского. В такой момент магнитное поле в голове коме-

ты на некоторое время как бы выключается и плазменный хвост кометы, потеряв связь с головой, уносится в межпланетное пространство солнечным ветром (рис. 81). А у кометы вместо оторвавшегося хвоста через несколько часов образуется новый плазменный хвост и в голове солнечным ветром наводится новое магнитное поле, которое удерживает плазменный хвост на «привязи» до очередного пересечения кометой границы секторной структуры межпланетного магнитного поля. Правда, существуют и другие мнения по поводу причины отрывов хвостов. О. В. Добровольский полагает, что возможным механизмом отрыва хвоста кометы является развитие в его плазме разрывной неустойчивости, хорошо известной в плазменных жгутках, а также наблюдающейся в

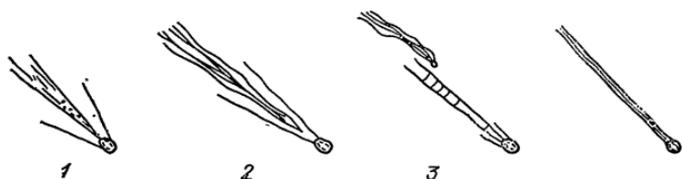


Рис. 81. Схема отрыва плазменного хвоста кометы: 1 — в хвосте сильно развита лучевая система, иногда наблюдаются конденсации; 2 — отрыв хвоста; иногда в оторвавшемся хвосте наблюдаются спиральные структуры, лучи захлопываются к оси хвоста; 3 — отделение оторвавшегося хвоста, лучи захлопываются к оси и формируют новый хвост; происходит динамическое взаимодействие между старым и новым хвостом; 4 — исчезновение оторвавшегося хвоста, наблюдаются диффузные конденсации, прекращается или заметно уменьшается лучевая активность: возвращение к нормальному виду.

магнитном хвосте земной магнитосферы. К. Йокерс считает, что возможной причиной явления отрыва хвоста является изменение направления фронта набегающего на комету солнечного ветра. По мнению одного из авторов, явление отрыва хвоста может быть связано с неожиданной остановкой или резким замедлением процесса газовыделения из ядра кометы. Когда ядро снова «заработает», у кометы образуется новый хвост. А старый к этому времени будет заметно снесен солнечным ветром в антисолнечном направлении, и некоторое время будет наблюдаться одновременно с новым, пока полностью не рассеется в межпланетном пространстве. Кроме того, от поверхности ледяного ядра вследствие дробления могут отделяться ледяные глыбы, которые будут вести себя как самостоятельные кометные ядра, образуя свои головы и хвосты. Когда же эти небольшие

ледяные фрагменты полностью сублимируют, образовавшиеся из них плазменные головы и хвосты уносятся солнечным ветром вдоль хвоста, развившегося из основной части ядра кометы.

Деление ядра. Самым активным процессом, происходящим в ядрах комет, является внезапное разделение первичного, кажущегося монолитным, ядра на вторичные фрагменты: от двух до восьми. В настоящее время известно 25 комет, в том числе и комета Галлея, у которых наблюдался этот редкий и загадочный феномен. Ввиду редкости этого явления перечислим кометы, у которых оно наблюдалось. Это — кометы: Биелы (1846 II), Лье (1860 I), Большая сентябрьская комета 1882 II, Савертала (1888 I), Давидсона (1889 IV), Брукса-2 (1889 V), Джакобини (1896 V), Свифта (1889 I), Копфа (1905 IV), Галлея (1910 II), Кемпбелла (1914 IV), Меллиша (1915 II), Тейлора (1916 I), Уиппла — Федтке — Тевзадзе (1943 I), Южная комета (1947 XII), Хонда (1955 V), Виртанена (1957 VI), Икейя — Секи (1965 VIII), Вилда (1968 III), Белли — Клейтона (1968 VII), Таго — Сато — Косака (1969 IX), Когоутека (1970 XII), Веста (1976 VI), Бредфилда (1979 X), Дю Туа — Хартли (1982 b).

Самая знаменитая из этого списка — короткопериодическая комета Биелы (1846 II), единственная из всех комет, наблюдавшаяся двойной при двух появлениях.

Весьма эффектно выглядел также распад кометы Веста в 1976 г. Первоначально ядро кометы разделилось на четыре фрагмента, но вскоре один из фрагментов полностью исчез, а из трех оставшихся вторичных ядер развились длинные хвосты, и многие наблюдатели видели редкостное по красоте зрелище тройной кометы — три кометы, каждая со своим хвостом, движущиеся в космосе по близким орбитам.

Деление ядра происходило и у кометы Галлея в 1910 г. Как показала специальная машинная обработка астронегатива кометы Галлея, полученного 31 мая 1910 г. в Австрии Р. Крумпхольцем с помощью 30-сантиметрового астрографа, ядро кометы Галлея в этот момент состояло из трех частей. Расстояние между двумя нижними ядрами на снимке (рис. 82) порядка 40". Верхнее ядро также оказалось состоящим из двух частей, т. е. фактически ядро кометы Галлея разделилось на четыре видимых фрагмента. Это подтверждают и визуальные

наблюдения Дж. Редена на полевой станции Зоннвендштейн в Австрии, видевшего с помощью 13,5-сантиметрового рефрактора четыре ядра у кометы Галлея. То, что в это время в комете Галлея происходил активный процесс, подтверждается также визуальными оценками ее интегрального блеска: 23 мая суммарный блеск ядра и комы был $\sim 2^m$, а 24 мая их суммарный блеск возрос на 1^m ; 26 мая блеск резко уменьшился до $2^m,5$ и продолжал уменьшаться в последующие дни, достигнув 3 июня значения $\sim 4^m$, когда ядро уже выглядело монолитным. Разделение ядра у кометы Галлея в мае 1910 г. было совершенно непохоже на четкое разделение ядра у кометы Веста в марте 1976 г.

Большинство из перечисленных комет разрушилось вследствие тесного сближения с Солнцем. Так, кометы 1882 II и Икея — Секи (1965 VIII) из кометного семейства Крейца в перигелии пронесли через внутренние области солнечной короны. В результате действия значительных приливных сил на ядро кометы, а также вследствие существенного прогрева ледяного ядра внутри него могли образоваться многочисленные микротрещины, что затем могло привести к взрывному выходу газов из полостей в ядре.

Аналогичное явление наблюдается с айсбергами в океанах, которые могут порой с оглушительным взрывом рассыпаться на мелкие кусочки прямо на глазах экипажей кораблей, плавающих в Арктике и Антарктике.

Однако часть комет, у которых также наблюдался развал ядра, разрушилась не под действием приливных сил и не в результате притока солнечного тепла. Распад таких комет мог произойти вследствие динамической нестабильности (вращательной неустойчивости) рыхлых снежно-ледяных ядер или в результате столкновения

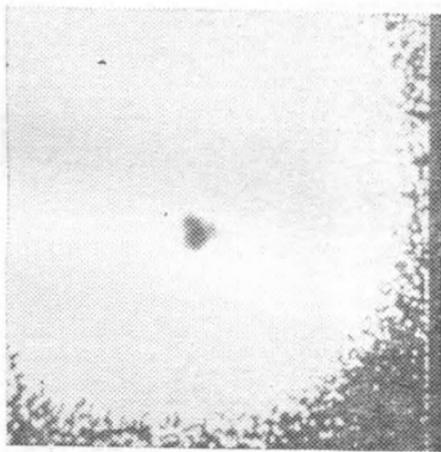


Рис. 82. Деление ядра кометы Галлея на 3—4 вторичных фрагмента.

их с другими небесными телами—метеорными роями и астероидами.

Интересно отметить, что перед разделением ядра у кометы Галлея наблюдался интенсивный непрерывный спектр с резкими фраунгоферовыми линиями Солнца. Весьма сходный с этим спектр был недавно получен при наблюдении короткопериодической кометы Чурюмова—Герасименко (1982f) в Ассах под Алма-Атой с помощью 1-метрового телескопа системы Ричи—Кретьена. Опираясь на аналогию с явлениями в комете Галлея, наблюдатели К. И. Чурюмов и Д. И. Городецкий предположили, что в данной комете также произошел активный процесс, судя по спектру 12 декабря 1982 г., возможно, связанный с дроблением поверхностного слоя ядра этой кометы. И действительно, через две недели у кометы 1982f наблюдатели обнаружили аномальный хвост, состоящий из крупных пылевых частиц, образовавшихся в результате активного процесса, действовавшего в поверхностном слое ледяного ядра кометы (сброс верхнего слоя ядра и его последующее дробление). Таким образом, подобные спектры комет могут служить своеобразными индикаторами происходящего в ядрах активного взрывного процесса.

Следует ожидать, что не меньшую активность ядро кометы Галлея проявит и при предстоящем появлении. Поэтому весьма важной задачей визуальных и фотографических наблюдений, выполняемых любителями астрономии, является по-возможности непрерывное патрулирование кометы в период ее наибольшей яркости с целью составления полной картины развития в комете различных структур и активных процессов.

НАБЛЮДЕНИЕ КОМЕТЫ ГАЛЛЕЯ

КОМЕТА ГАЛЛЕЯ НА ЗЕМНОМ НЕБОСКЛОНЕ В 1983—1986 гг.

Можно надеяться, что и на этот раз комета Галлея поведаст нам какую-нибудь новую тайну природы, осветит, чего мы не знаем, и вместе с Гершелем мы повторим: «Добро пожаловать, небесная гостья!»

М. Субботина. «История кометы Галлея»

Астрономы задолго начали готовиться к встрече кометы. Предстояло обработать заново весь старый наблюдательный материал и громадное количество новых наблюдений. В 1965 г. появляется статья П. Задунайского с подробным анализом 2800 наблюдений 63 обсерваторий в 1909—1911 гг.—закладываются основы будущих вычислений орбиты кометы для нового появления.

Качественно новый шаг в этом направлении был сделан в 1967—1971 гг. американскими исследователями Ж. Брэди и Е. Карпентер. Они собрали и обработали несколько тысяч наблюдений, относящихся к двум последним появлениям 1835 и 1910 гг., и впервые в истории кометы Галлея провели выравнивание этих наблюдений методом наименьших квадратов. Ранее производился лишь учет возмущений, а исходная орбита вычислялась по наблюдениям одного появления. Затем, учитывая возмущения от всех планет за два оборота кометы, они предвычислили момент прохождения через перигелий ($T = 1986$ февраль 5,37). Другой американский ученый, Мишельсон, в 1968 г. по большому числу прежних возвращений кометы уточнил предсказанную ими дату и получил $T = 1986$ февраль 9,77. Еще через три года (в 1971 г.) была опубликована работа Кванга, в которой дается новое значение $T = 1986$ февраль 9,37. Одновременно Брэди и Карпентер опубликовали продолжение своих исследований. На этот раз они попытались объединить четыре последних появления кометы — 1682, 1759, 1835, 1910 гг. На основе чисто гравитационной теории им это не удалось и они ввели в уравнения дви-

жения добавочный эмпирический член. Хотя этот член создавал нереальный эффект уменьшения солнечного притяжения (очень незначительный), но тем не менее позволил им удачно представить все наблюдения одной системой элементов, которую они проэкстраполировали вперед по времени и получили значение $T = 1986$ февраль 9,39. Анализируя остающиеся небольшие расхождения между наблюдениями и вычислениями, Брэди пытался объяснить их влиянием неизвестной трансплутоновой планеты, движущейся по орбите с наклоном $i = 120^\circ$. Но это предположение оказалось неоправданным.

В 1976—1977 гг. американский исследователь Йоманс опубликовал работы, в которых убедительно показал, что причины уклонений могут быть качественно и количественно хорошо объяснены негравитационными эффектами. Незадолго до того полученные формулы для учета этих эффектов, основанные на ледяной модели кометного ядра и предположении о непрерывном, но изменяющемся по величине действии эффектов (в зависимости от величины гелиоцентрического расстояния кометы), позволили определить численно и соответствующие параметры теории. Вычисленное им время прохождения через перигелий $T = 1986$ февраль 9,66 \pm 0,25. Величина ошибки определяется неточностью негравитационных параметров, которые могут изменяться в определенных пределах, представляя одни из появлений лучше, а другие хуже. На основе наиболее точной системы элементов Йоманс вычислил эфемериду кометы на 1982—1987 гг.

Уже опубликовано несколько работ об условиях видимости кометы, а Йоманс издал для наблюдателей специальное руководство в рамках международной службы кометы Галлея (International Halley Watch — IHW). В этом руководстве Йоманс приводит элементы орбиты кометы Галлея, которые мы воспроизводим с несколько меньшей чем у него точностью: $i = 162^\circ,24$; $\omega = 58^\circ,15$; $\Omega = 111^\circ,85$; $e = 0,967$; $q = 0,587$ а. е.; $T = 1986$ февраль 9,66, (т. е. комета должна пройти перигелий 9 февраля 1986 г. в $15^{\text{h}}52^{\text{m}}$ по всемирному времени). Уточненный по первым наблюдениям после открытия кометы момент прохождения через перигелий $T = 1986$ февраль 9,43. Большая полуось орбиты $a = 17,94$ а. е., а период обращения кометы вокруг Солнца в предстоящем появлении близок к 75,96 года.

Элементы орбиты кометы Галлея независимо вычислены в Институте теоретической астрономии АН СССР и других научных учреждениях нашей страны. Перигелий орбиты кометы находится в созвездии Водолея вблизи точки с координатами: $\alpha = 21^{\text{h}}01^{\text{m}},6$ и $\delta = -10^{\circ}30'$.

По элементам орбиты кометы научные сотрудники Института теоретической астрономии АН СССР Н. А. Беляев и В. А. Извеков вычислили эфемериду кометы — таблицу, в которой даны экваториальные координаты, блеск, гелиоцентрические и геоцентрические расстояния кометы (см. Приложение III). Эти сведения позволяют проследить путь кометы в пространстве, ее видимый путь на небе и возможности наблюдений.

В 1986 г. комета Галлея не будет столь красивым объектом, как при предыдущем ее прохождении вблизи Солнца в апреле — мае 1910 г. Тогда путь кометы в пространстве пролегал между Солнцем и участком земной орбиты, по которому перемещалась Земля. Комета проходила недалеко от Солнца и Земли и поэтому была очень яркой. При предстоящем же появлении кометы условия ее видимости будут мало удобными для визуальных наблюдений, и более того, судя по всему, самыми неблагоприятными за все 2000 лет, на протяжении которых удалось проанализировать ее движение. Комета пройдет далеко от Земли, а вблизи своего перигелия будет находиться в соединении с Солнцем (рис. 83, 84). Восходящий узел орбиты комета пройдет 9 ноября 1985 г., а нисходящий узел — 10 марта 1986 г. С Землей комета сблизится дважды, но в обоих случаях — вне земной орбиты. Первое сближение до расстояния $\Delta_{\text{min}} = 0,623$ а. е. (93,2 млн. км) произойдет 26 ноября 1985 г., когда комета окажется в созвездии Овна на гелиоцентрическом расстоянии $r = 1,561$ а. е. (233,5 млн. км) и ее блеск не превысит $6^{\text{m}},5$. Перед этим, 18 ноября, на границе созвездий Тельца и Овна, наступит противостояние кометы с Солнцем ($\Delta = 0,691$ а. е. и $r = 1,679$ а. е.). Второе сближение с Землей до $\Delta_{\text{min}} = 0,415$ а. е. (62,1 млн. км) произойдет 11 апреля 1986 г., на гелиоцентрическом расстоянии $r = 1,329$ а. е. (198,8 млн. км), когда комета (блеск около 5^{m}) перейдет в южное небесное полушарие и будет в созвездии Волка. Через четверо суток, 15 апреля, она, находясь уже в созвездии Центавра, снова окажется в противостоянии с Солнцем ($\Delta = 0,437$ а. е., $r = 1,390$ а. е., блеск около 5^{m}). Таким образом, даже при наибольших

сближениях с Землей геоцентрическое расстояние кометы превысит соответственно в 4,0 и в 2,7 раза то

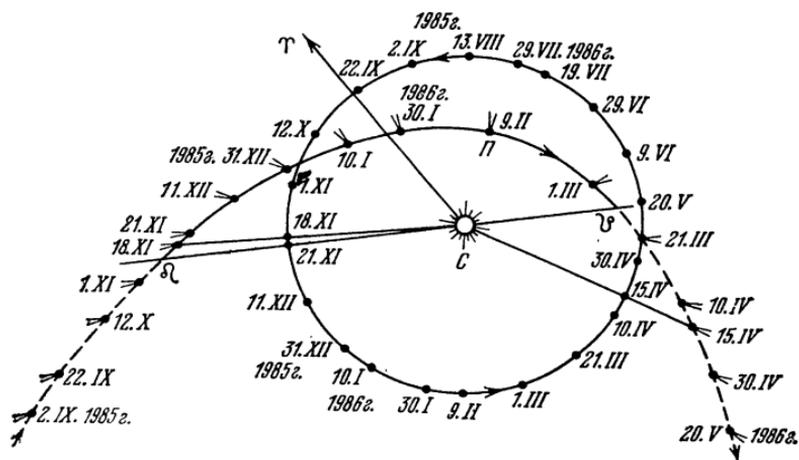


Рис. 83. Орбита Земли и часть орбиты кометы Галлея (сент. 1985 — май 1986 г., С — Солнце, П — перигелий, даты — положения Земли и кометы).

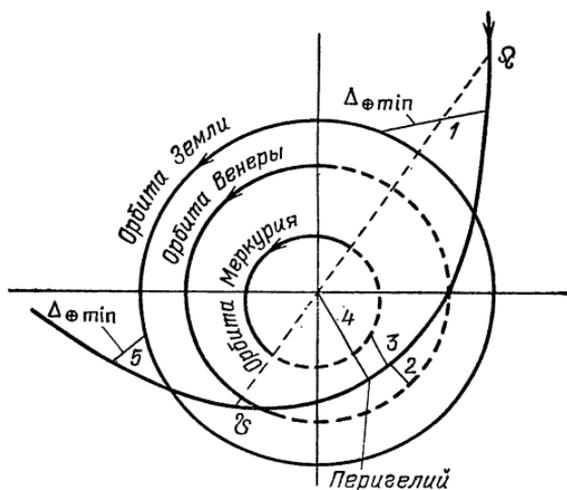


Рис. 84. Появление кометы Галлея в 1986 г. и даты сближений с планетами. Цифрами обозначены сближения (в скобках — даты и расстояния в а.е.): 1 — с Землей (26.XI.1985, 0,62), 2 — с Венерой (3.II.1986, 0,27), 3 — с Меркурием (3.II.1986, 0,29), 4 — с Солнцем (9.II.1986, 0,59), 5 — с Землей (11.IV.1986, 0,42).

наименьшее расстояние ($\Delta_{\min} = 0,154$ а. е.), на котором она проходила вблизи Земли 19 мая 1910 г. Поэтому

и блеск кометы будет значительно слабее, чем в предыдущем ее появлении. Однако указанный блеск кометы вычислен по предварительным данным и может несколько отличаться от действительного.

3 февраля 1986 г., в один и тот же день, комета сблизится с Меркурием до наименьшего расстояния в 0,29 а. е. и с Венерой до 0,27 а. е., но эти сближения не будут доступны наблюдениям, так как произойдут вблизи перигелия и соединения кометы с Солнцем, которое наступит 4 февраля незадолго до гринвичского полдня.

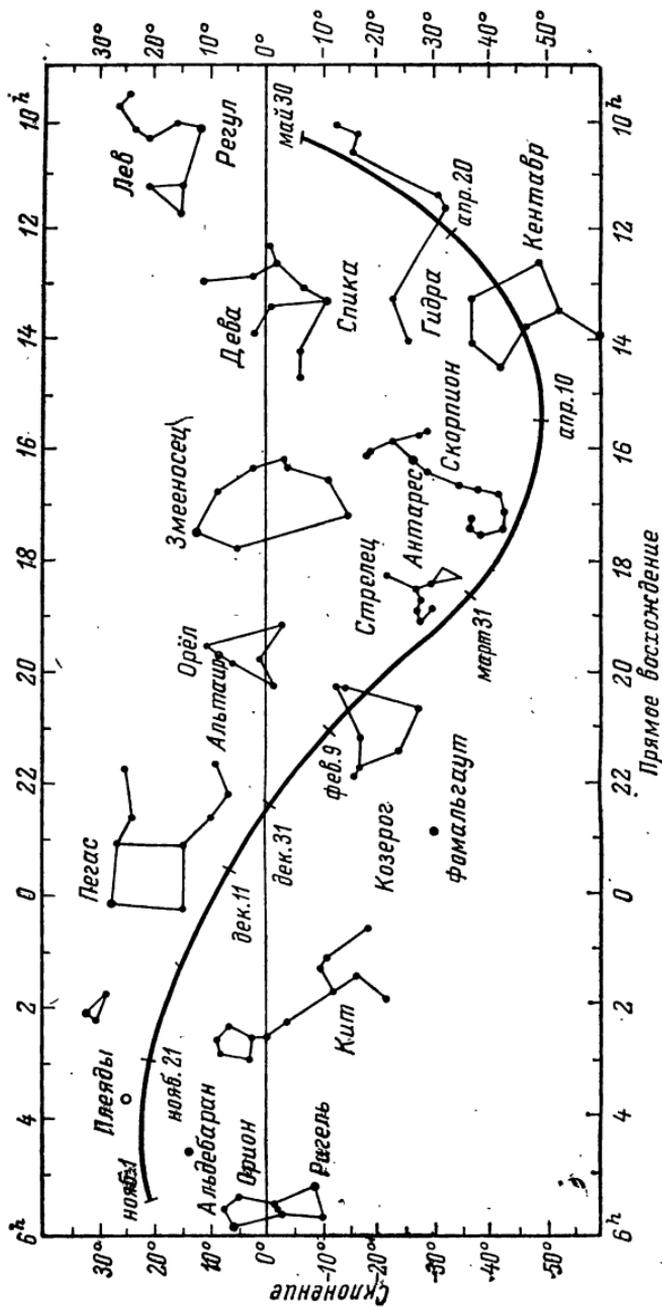
Как уже упоминалось, движение кометы Галлея в пространстве обратное (наклонение орбиты $i = 162^\circ,24$) и поэтому большую часть времени она перемещается по созвездиям с востока к западу. Но иногда видимое движение кометы на небе происходит попятно, т. е. с запада к востоку, — явление, аналогичное петлеобразному движению верхних планет.

Условия видимости кометы Галлея в северных и умеренных широтах территории Советского Союза будут малоблагоприятными, но в южных районах — удовлетворительными (рис. 85, 86)*).

В начале января 1985 г. (рис. 86) комета будет находиться в созвездии Ориона, вблизи его границы с созвездием Тельца, на расстоянии $\Delta = 4,34$ а. е. от Земли и на $r = 5,28$ а. е. от Солнца, т. е. немного дальше орбиты Юпитера ($r_{\text{Ю}} = 5,20$ а. е.). В январе за ней можно следить в сильные телескопы на протяжении всей ночи, в феврале — вечером и часть ночи, в марте и апреле она видна только вечером, в западной стороне неба. В самом конце марта начнется попятное движение кометы по созвездию Тельца, но в середине мая ее видимость прекратится, так как в середине июня она вступит в соединение с Солнцем.

В южных районах страны с середины августа, а в средней полосе с начала сентября комету можно разыскать в восточной стороне неба во второй половине ночи, когда она продолжает попятное движение по созвездию Ориона, около самой границы с созвездием Близнецов. После дня осеннего равноденствия комета снова начнет движение по небу в направлении с востока к западу.

*) Рисунки 83, 86, 87 любезно предоставил в наше распоряжение М. М. Дагаев, за что мы приносим ему сердечную благодарность.



Вяз. 85. Путь кометы Галлея по небесной сфере с ноября 1985 г. по май 1986 г.

В начале октября 1985 г. она подойдет к Земле на расстояние $\Delta = 2,01$ а. е., а к Солнцу — на $r = 2,33$ а. е., блеск ее возрастет примерно до 11^m , комета станет доступной наблюдениям в небольшие телескопы и будет видна с вечера до рассвета, сначала в созвездии Ориона, а в последнюю неделю октября перейдет в созвездие Тельца, которое покинет в конце третьей недели ноября. В ноябре ежедневная видимость кометы наиболее продолжительна — с раннего вечера до рассвета, так как 18 ноября, на 4° юго-западнее звездного скопления Плеяд, произойдет ее противостояние с Солнцем. В эти дни комета быстро смещается к западу, проходя по $2^\circ,5$ за сутки. Но видеть ее невооруженным глазом пока нельзя, так как ее блеск в течение ноября увеличится с 9^m лишь до $6^m,3$.

Быстро пройдя по созвездию Овна, комета в самом конце ноября перейдет в созвездие Рыб и с середины декабря будет видна только вечером в западной стороне неба. В начале последней недели декабря комета переместится в созвездие Водолея и окажется в южном небесном полушарии, в связи с чем продолжительность ее вечерней видимости станет быстро сокращаться. Но зоркий глаз уже сумеет отыскать комету, так как во второй половине декабря она будет немного ярче 6^m . На протяжении всего января 1986 г. комета будет проходить по созвездию Водолея; к концу месяца ее блеск возрастет до 3^m , но видимость прекратится, так как 4 февраля 1986 г. она вступит в верхнее соединение с Солнцем и не будет наблюдаться до конца месяца.

В начале марта комета появится в созвездии Козерога, но ее можно будет отыскать в восточной области неба только в южных районах страны (незадолго до восхода Солнца). Хвост кометы должен протянуться на 20° — 30° , а блеск достигнет 4^m , но с каждым днем станет уменьшаться, так как комета, пройдя перигелий 9 февраля, удаляется от Солнца. Условия ее видимости ухудшаются еще и потому, что она быстро уходит к югу от небесного экватора и, пройдя во второй половине марта по созвездию Стрельца, в первой половине апреля пересечет созвездия Южной Короны. Жертвенника, Наугольника, Волка и к середине месяца окажется в созвездии Центавра, где 15 апреля вступит в противостояние с Солнцем. Комета будет видна ночью, но ее низкое положение над горизонтом и слабый блеск (5^m) не позволят проводить успешных наблюдений.

Выполнение скоординированных программ наземных и космических исследований кометы Галлея будет способствовать значительному прогрессу в понимании сложных физико-химических процессов, происходящих в ядрах комет и их атмосферах, их физической эволюции в поле солнечной радиации и межпланетной среде, их природы и происхождения, имеющих непосредственное отношение к происхождению и эволюции всех тел Солнечной системы.

Поэтому особое значение приобретает уже упоминавшаяся Международная программа наблюдений кометы Галлея (INW), которая выполняется совместными усилиями ученых разных стран. Региональной частью этой программы является советская комплексная программа наблюдений кометы Галлея (СОПРОГ АН СССР), одобренная Академией наук СССР в 1982 г.

76-летняя ритмичность появления кометы Галлея на земном небосклоне и ее значительный блеск, необычный для периодических комет, еще перед первым предсказанным возвращением в 1758—1759 гг. пробудили у ученых мысль об объединении усилий для всестороннего изучения этой кометы. Математик А. Клеро, астроном Ж. Лаланд и вычислительница Николь Лепот проделали грандиозную работу по определению орбиты кометы и ее эфемериды на 1759 г., по которой комета была успешно обнаружена вблизи предсказанного учеными места на небе. Первая научная программа астрономических наблюдений и исследований кометы Галлея была сформулирована В. Я. Струве для ее появления 1835—1836 гг. Итогом этой программы было создание Ф. А. Бредихиным классической теории образования и развития кометных голов и хвостов, на основании которой была построена знаменитая бредихинская классификация кометных хвостов, не потерявшая своего научного значения и в наши дни. К появлению кометы Галлея в 1901—1911 гг. такие известные астрономы как Комсток, Барнард, Перрайн и другие в США, К. Д. Покровский, А. А. Михайлов и др. в России провели ряд важных мероприятий, имеющих целью организацию Международной службы кометы Галлея еще в 1910 г. На многие обсерватории мира были разосланы подробные инструкции по наблюдению кометы, ученые также призывали и любителей астрономии принять активное участие в визуальных наблюдениях кометы с помощью имеющихся у них телескопов, биноклей, подзорных труб

и просто невооруженным глазом. Это в значительной мере способствовало получению довольно большого наблюдательного материала. Однако координацию всех исследований кометы в те времена осуществить было довольно трудно, поскольку еще не было подходящей международной научной организации. Сейчас же существует Международный астрономический союз (МАС), объединяющий астрономов мира в их стремлении познать тайны Вселенной. И вот только к предстоящему появлению кометы Галлея была разработана детальная международная программа наблюдений и исследований этой кометы как с Земли, так и из космоса, в которой принимают участие астрономы всех стран мира.

После многочисленных обсуждений и уточнений проекта IHW на различных международных астрономических конференциях, в том числе и на XVIII Генеральной Ассамблее МАС в Греции в г. Патрасе в августе 1982 г., проект получил всеобщую поддержку и одобрение руководства МАС. Была принята специальная резолюция МАС об установлении в 1985—1987 гг. специальных Дней кометы Галлея, во время которых будут выполняться всевозможные скоординированные наблюдения кометы, и о признании IHW Международной программой наблюдений кометы Галлея.

Каковы же цели и задачи Международной программы наблюдений кометы Галлея?

Во-первых, стимулирование, поощрение и координация всех научных наблюдений и исследований кометы Галлея во время ее предстоящего появления.

Во-вторых, всемерное содействие стандартизации методов наблюдений и используемой для этой цели научной аппаратуры.

В-третьих, обеспечение правильной записи данных и результатов наблюдений по единому образцу.

В-четвертых, получение, использование и распределение всей информации о комете среди заинтересованных в ее исследованиях ученых и представление необходимой информации для прессы и широкой общественности.

В-пятых, стимулирование разработок и изготовления новых научных приборов для наблюдений кометы Галлея.

Международная программа наблюдений кометы Галлея (IHW) призвана активно пропагандировать изучение кометы Галлея, а также обеспечить тесные кон-

такты между различными направлениями ее исследований. Большое значение для выполнения всей программы ИНУ будут иметь наблюдения и исследования кометы, проведенные непосредственно вблизи ее ядра с помощью специальных научных космических зондов, направляемых к комете Галлея.

Основные усилия программы ИНУ будут сосредоточены на координации наземных наблюдений. Имеются в виду как прямое фотографирование кометы с помощью телескопов, так и использование чувствительной электрографической аппаратуры для решения самых разнообразных научных задач. В настоящее время принята структура ИНУ, показанная на схеме (рис. 88).

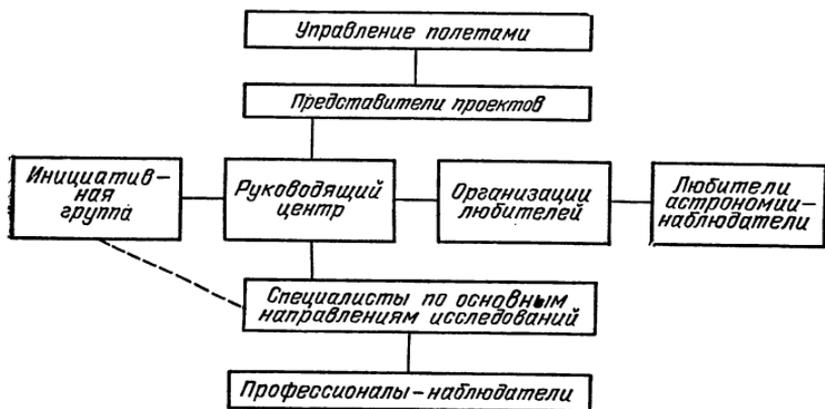


Рис. 88. Структура ИНУ.

Во главе ИНУ стоят два соруководителя — Рей Ньюберн, возглавляющий один из центров ИНУ в Пасадине (США) — западное полушарие, и Юрген Рае, возглавляющий другой центр ИНУ в Бамберге (ФРГ) — восточное полушарие.

В административную группу в Пасадине также входят, кроме Ньюберна: М. Геллер (заместитель), Л. Карлс (администратор), С. Эдберг (координатор любительских наблюдений), З. Секанина (редактор архива ИНУ), Л. Элсон (специалист по компьютерам); в Бамберге кроме Рае — Х. Дрешель (заместитель) и Р. Книгге (координатор любительских наблюдений).

Для сети ИНУ в Европе, Азии и Африке оперативная связь будет осуществляться через Бамберг, для наблюдательной сети ИНУ западного полушария, включая также Японию, Филиппины, Индонезию, Австралию

и Новую Зеландию, связь будет осуществляться через Пасадину. Все данные по программе INW будут накапливаться в компьютерах и в Пасадине, и в Бамберге.

Руководящий центр INW отвечает за публикацию полного архива данных о комете Галлея, который будет издан в Пасадине и передан в Бамберг. Архив будет содержать только редуцированные (калиброванные) данные без их интерпретации. Интерпретация данных наблюдений кометы Галлея будет публиковаться в научных журналах в обычном порядке. Спектральные наблюдения кометы Галлея с целью сохранения содержащейся в них ценной научной информации будут записаны на видеодиск.



Участники Международного рабочего совещания по комете Галлея.

INW планирует подготовить и опубликовать весь архив, связанный с кометой Галлея, к концу 1989 г. В Пасадине будут регулярно выходить два периодических издания (в том числе Бюллетень любителя астрономии INW). Редактором обоих изданий назначен Стефен Эдберг, который в 1982 г. подготовил специальное пособие по различным видам любительских наблюдений. Это пособие будет переведено на русский язык и выпущено издательством «Мир» в 1985 г.

Все вопросы организации INW руководящие центры INW согласуют со специальной инициативной группой

МАС, в состав которой входят 22 астронома из 10 стран мира. От Советского Союза — Я. С. Яцкив и А. Г. Масевич, от США — М. Белтон, Дж. Бриггс, А. Дельземм, Б. Донн, Дж. Хербиг, Ц. О'Делл, Дж. Веверка, К. Уайлер, Дж. Уезерилл, Ф. Уиппл, Л. Вилкнинг, от ФРГ — Х. Фехтиг, Р. Люст, от Франции — Дж. Бламон, от Голландии — Р. Рейнард, от ЧССР — В. Ванысек, от Канады — И. Халлидей, от Японии — Й. Козан, от Чили — Х. Шустер. Наши представители в ИНВ — Я. С. Яцкив — вице-президент МАС, директор Главной астрономической обсерватории АН УССР, и А. Г. Масевич — заместитель председателя Астросовета АН СССР. Участвуют в ИНВ и представители космических агентств стран, планирующих полеты к комете Галлея (от СССР — академик Р. З. Сагдеев).

Руководство ИНВ предполагает, что все данные, полученные в результате космического зондирования кометы, также будут полностью включены в архив кометы Галлея ИНВ.

Каковы же задачи и цели основных предстоящих исследований кометы Галлея?

Астрометрия. Наблюдатели астрометрической сети должны будут проводить точные астрометрические (позиционные) наблюдения кометы Галлея и определять звездные величины ее ядра. Эти данные необходимы для вычисления элементов орбиты и эфемериды, для оценки фотометрического поперечного сечения ядра кометы, а также для определения реактивных сил, действующих на ядро кометы и возникающих в результате истечения потоков газа из ядра. Астрометрические наблюдения будут производиться с момента переоткрытия кометы Галлея вплоть до ее возможного последнего наблюдения после прохождения перигелия. Позиционные наблюдения будут оперативно использоваться для вычисления улучшенной орбиты кометы и эфемериды, что важно как для обеспечения всей программы наземных наблюдений кометы Галлея, так и для обеспечения трех космических миссий к комете — советской, европейской и японской. Так как комета Галлея будет находиться в соединении с Солнцем с середины января по конец февраля 1986 г., а космические зонды будут пролетать вблизи ядра кометы в интервале с 6 по 13 марта, особую ценность для успеха миссий будут иметь точные положения кометы, полученные за одну-две недели до подлета космических аппаратов к ядру ко-

меты, т. е. сразу же после выхода кометы из соединения с Солнцем. Для решения этой важной задачи астрометрическая сеть ИВВ большие надежды возлагает на опытных наблюдателей-астрометристов. Планируется создать опорный каталог звезд для определения координат кометы и осуществлять оперативную передачу точных положений в центры по вычислению эфемерид.

Крупномасштабные явления. Цель службы крупномасштабных явлений: 1. Обеспечение получения изображений кометы с хорошим разрешением, необходимым для детального изучения быстрых изменений в плазменном хвосте. 2. Сопоставление явлений в плазменном хвосте с динамическими характеристиками солнечного ветра для уверенного использования комет в дальнейшем в качестве естественных зондов солнечного ветра. 3. Получение в комбинации со снимками с пролетной траектории космических аппаратов объемных изображений кометы (первые стереоскопические изображения кометы). 4. Получение данных об абсолютном распределении пылевых частиц и газа в зависимости от гелиоцентрического расстояния и от расстояния от ядра кометы с целью проверки существующих теоретических моделей головы и хвоста кометы и их уточнения или построения новых, более реальных моделей. 5. Детальное исследование развития кометных форм с целью обнаружения явлений типа отрыва кометного плазменного хвоста и др. и установления физического механизма, управляющего крупномасштабными явлениями в кометах. 6. Создание Международного атласа кометы Галлея.

Околоядерные явления. Так как ядро кометы Галлея структурно неоднородно, оно является источником асимметричного истечения газов с его поверхности. Эта асимметрия отражается в анизотропном распределении газа и пыли в атмосфере кометы и наблюдается в виде дискретных структур комы, таких как галосы, лучи, оболочки и др., которые существенно изменяют свой вид с течением времени. Анализ эволюции этих структур позволяет сделать вывод о крупномасштабной морфологии поверхности ядра кометы, о его теплофизических свойствах, об ориентации оси вращения в пространстве, а также о периоде вращения ядра кометы вокруг своей оси. Целью службы исследования околоядерных явлений является получение высококачественных изображений внутренних областей комы, характеризующихся высоким временным и пространственным разрешением.

Фотометрия и поляриметрия. Одна из главных задач этой службы — совместный анализ наземных электрополяриметрических наблюдений кометы с аналогичными данными, полученными с пролетной траектории космических зондов. На основе наземных поляризационных наблюдений определяется фазовая функция поляризации и блеска для разных длин волн с целью установления природы пылевых частиц кометной атмосферы. Непрерывное поляриметрическое патрулирование кометы Галлея позволит установить ряд закономерностей, важных для понимания природы пылевых атмосфер и поверхностного слоя ядра кометы.

Спектроскопия и спектрофотометрия. Цель службы — получение тщательно прокалиброванных спектрограмм с высоким спектральным и пространственным разрешением (секунды дуги), а также получение большого числа спектрограмм с меньшим разрешением, но охватывающих значительный интервал гелиоцентрических расстояний для решения следующих задач: 1) определение скорости производительности отдельных газовых эмиссий и ее изменения с изменением гелиоцентрического расстояния; 2) получение профилей линий для анализа условий возбуждения и оценки роли ударного возбуждения; 3) изучение дифференциальных движений в коме и выяснение их природы; 4) отождествление неизученных эмиссионных полос и обнаружение новых эмиссий; 5) поиск нестационарностей в спектрах с максимально доступным разрешением; 6) выяснение природы структурных деталей головы путем их спектрографирования.

Радиоастрономия. Целью радиоастрономических наблюдений кометы Галлея является поиск собственного теплового излучения ядра в микроволновой области, спектроскопия кометных молекул в сантиметровом и дециметровом диапазонах с целью выяснения механизма накачки излучения гидроксила, сопоставление спектров радикалов (СН, СN) с оптическими, обнаружение новых эмиссий, поиск аминокислот, цианополиионов и других сложных органических соединений. Радиолокационные же наблюдения позволяют получить данные о диаметре ядра кометы, о его вращении, а также о физической природе поверхности ядра и др.

Инфракрасная астрономия. Цель инфракрасных наблюдений кометы Галлея: 1) получение тепловых характеристик, температуры и энергии теплового излучения пылевого облака в области от 1 до 500 мкм с целью

выяснения его природы; 2) определение размеров, состава и пространственного распределения пыли в функции от гелиоцентрического расстояния; 3) поиск новых эмиссий в инфракрасной области спектра и др.

Визуальные наблюдения любителей астрономии. Организации и проведению согласованных визуальных наблюдений кометы Галлея, в основном силами любителей астрономии, уделяется большое внимание в рамках программы ИНУ и национальных программ. Об этих задачах мы расскажем в разделе о визуальных и фотографических наблюдениях кометы Галлея, в котором также будет изложена методика таких наблюдений, доступная многим любителям, предполагающим принять непосредственное участие в наблюдениях кометы Галлея.



Рис. 89. Структура СОПРОГ АН СССР.

В нашей стране разработана комплексная программа наземных наблюдений и исследований кометы Галлея СОПРОГ (рис. 89). Головным учреждением программы назначена Главная астрономическая обсерватория АН УССР, известная своим существенным вкладом в кометную астрономию. Для руководства программой СОПРОГ (являющейся частью Международной программы ИНУ) создана Специальная комиссия СОПРОГ под председательством Я. С. Яцкива. В состав этой комиссии, являющейся высшим органом по организации наземных исследований кометы Галлея в СССР, вошли следующие специалисты: О. В. Добровольский (заместитель председателя СОПРОГ по астрофизической сети, Душанбе), С. П. Майор (заместитель по астрометрической сети,

Киев), Л. М. Шульман (заместитель по теоретическим моделям, Киев), К. И. Чурюмов (координатор по визуальным наблюдениям любителей астрономии и по связи с прессой, Киев); Э. А. Аким (Москва), Ю. В. Батраков (Ленинград), С. К. Всехсвятский (Киев) и А. Г. Масевич (Москва).

В наблюдениях кометы Галлея по программе СОПРОГ примут участие все ведущие советские астрономические обсерватории и учреждения, все отделения ВАГО и многие любители астрономии.

В рамках советской программы планируется также создание двух специализированных станций наблюдения кометы, оснащенных однотипной аппаратурой. Одна из этих станций будет размещаться на горе Майданак в Узбекистане, а другая — в южном полушарии Земли в Боливии (г. Ториха). На обеих станциях будут установлены 60-сантиметровые рефлекторы, оснащенные фотоэлектрической, спектральной, поляриметрической и другой аппаратурой.

Так как комета Галлея за период с 1983 по 1987 г. несколько раз будет находиться в соединении с Солнцем, программа будет выполняться, естественно, во время нескольких дискретных периодов оптической видимости кометы.

I период. От переоткрытия 16 октября 1982 г. до мая 1985 г. В этот период блеск кометы будет постепенно возрастать от $24^m,2$ до 17^m . Комета приблизится к Солнцу с 11 а. е. до 5 а. е., расстояние кометы от Земли изменится с 11 а. е. до 4 а. е. Будут испытаны возможности самых больших отечественных телескопов — шестиметрового БТА и двух 2,6-метровых рефлекторов Крымской астрофизической обсерватории АН СССР и Бюраканской астрофизической обсерватории АН Армянской ССР.

II период. С августа 1985 г. до середины января 1986 г. Блеск кометы возрастет с $\sim 14^m,5$ до $\sim 4^m,5$; гелиоцентрическое расстояние изменится с 5 а. е. до 1 а. е., а геоцентрическое расстояние с 4 а. е. до 0,6 а. е., но затем вновь возрастет до 1,5 а. е. В программу СОПРОГ включатся телескопы всех размеров на всех обсерваториях страны. Это период наиболее активных любительских визуальных и фотографических наблюдений кометы Галлея.

III период. Середина марта — середина июня 1986 г. Блеск кометы начнет уменьшаться с 4^m до 9^m и у ко-

меты разовьется максимальной длины хвост ($\sim 15-20^\circ$); геоцентрическое расстояние уменьшается с 1 а.е. до 0,4 а.е., а затем возрастет до 2,3 а.е. В наблюдениях участвуют южные обсерватории и сеть станций ИСЗ Астросовета АН СССР. В визуальных наблюдениях активно участвуют любители из южных районов нашей страны.

IV период. Март — начало августа 1986 г. Блеск кометы будет изменяться с 4^m до 11^m , гелиоцентрическое расстояние r с 0,7 а.е. до 3 а.е. Это период наиболее активной работы боливийской экспедиции СОПРОГ АН СССР.

V период. С ноября 1986 г. и до конца оптической видимости кометы с помощью светосильных телескопов. Наш крупнейший шестиметровый телескоп, в случае оснащения его чувствительной электронографической аппаратурой, мог бы следить за удаляющейся кометой вплоть до 1990 г.

Когда будут введены в строй еще более мощные телескопы, комету Галлея, вероятно, удастся наблюдать в любой точке ее орбиты и даже в афелии, где ее блеск уменьшается до 32^m .

ДО ВСТРЕЧИ НА КОСМИЧЕСКОЙ ОРБИТЕ, КОМЕТА ГАЛЛЕЯ!

Пусть невозможного в стремительной
погоне

Достичь ты хочешь, человек, —
Не бойся, что замедлят бег
Дерзання золотые кони!

Твой ум уклончивый ведет тебя в обход,
Ища проторенных тропинок,
Но ты вступи с ним в поединок!
Дать радость может только взлет!

Э. Верхарн

Посылка космических зондов, несомненно, позволит заметно продвинуться в решении таких загадок комет, как химическая природа родительских молекул, из которых состоит ядро, физическое строение ядра и, естественно, проблема происхождения. При сближении космического аппарата с ядром кометы можно будет детально изучить физические и геометрические параметры ядра, что недостижимо для наземной аппаратуры ни сейчас, ни в ближайшем будущем.

Много новой научной информации дают орбитальные астрономические обсерватории, еще больше можно ожи-

дать от астрономических обсерваторий на Луне, спутниках Марса, астероидах, но ничто не заменит для исследования комет пролета космического аппарата сначала вблизи ядра, а затем и осуществление мягкой посадки зонда на кометное ядро. Аппаратура, установленная на борту такого космического зонда, позволит, в первую очередь, проверить факт наличия твердого ядра у кометы, определить его плотность, форму (в случае шарообразной формы установить его точный диаметр, если ядро «сигарообразное», — измерить его длину, ширину, толщину), массу, альбедо, особенности рельефа кометного ядра, степень загрязненности поверхности ядра (процент открытых ледяных поверхностей), химический состав слагающих ядро льдов и других пород, скорость вращения ядра вокруг его оси, направление оси вращения в пространстве, исследовать ударные кратеры на поверхности ядра, участки преимущественного выделения газа и пыли, точно измерить скорость производительности газов с поверхности ядра и др.

При пролете сквозь голову и хвост кометы приборы должны будут выявить обилие и пространственное распределение кометных ионов, атомов, молекул, радикалов и других частиц, являющихся обломками первичных родительских молекул; установить природу взаимодействия солнечного ветра с атмосферой кометы; измерить ионную и электронную концентрации и распределение заряженных частиц в коме по энергиям, чтобы понять механизм ионизации кометных частиц; исследовать характеристики пылевой компоненты в атмосфере кометы: распределение пылинок по размерам, по скоростям, их химический состав, относительное содержание пыли и газа, а также выполнить ряд других важных научных задач.

Космическое путешествие естественно совершить к одной из известных короткопериодических комет, движение которой, учитывая и надежное определение негравитационных эффектов, хорошо исследовано в настоящее время. Желательно, чтобы скорость пролета космического аппарата мимо ядра такой кометы не превышала 10 км/с. Ядро кометы должно обладать достаточной активностью, чтобы из него развивались протяженные головы и хвосты значительной протяженности.

В результате обсуждения данной проблемы как в СССР, так и за рубежом, был намечен список из 11

периодических комет, возможных кандидатов для их исследования с помощью космических аппаратов до конца второго тысячелетия. Это кометы: Галлея, Джакобини — Циннера, Энке, Темпеля-2, Хонда — Мркоса — Пайдушаковой, Туттля — Джакобини — Кресака, Д'Арре, Борелли, Аренда — Риго, Чурюмова — Герасименко и Кроммелина.

Первой кометой из этого списка, с которой, по-видимому, сблизится космический зонд, окажется короткопериодическая комета из семейства Юпитера — комета Джакобини — Циннера. Эта комета наблюдалась уже при 10 появлениях, так что ее орбита изучена достаточно хорошо. Кроме того, это одна из наиболее ярких короткопериодических комет, причем ее абсолютная величина в отличие от многих других комет не уменьшается, а остается постоянной, и, возможно, даже увеличивается со временем! У нее довольно часто наблюдаются нерегулярные колебания яркости, т. е. она является активной кометой. Начиная с расстояния от Солнца 1,7 а. е., у нее развивается тонкий ионный хвост, который со временем достигает длины 350 000 км, а кома имеет протяженность 50 000 км. В спектре кометы наблюдаются эмиссии CN (наиболее сильная и заметная), C₂ и C₃. Комета Джакобини — Циннера — одна из самых «запыленных» короткопериодических комет: содержание пыли у нее в 50 раз больше, чем у кометы Энке. Комета породила метеорный поток Драконид, который при встречах с Землей наблюдается в виде «звездного» дождя (например, в 1933 и 1946 гг.).

11 сентября 1985 г. к ядру кометы Джакобини — Циннера на расстояние меньше 1000 км должен подойти космический зонд ISEE-3, запущенный в США 12 августа 1978 г. с целью исследования изотопного состава солнечных и галактических космических лучей, а также для изучения межпланетной среды и солнечного ветра. Зонд значительную часть времени двигался по устойчивой орбите, находясь в точке Лангранжа (L₁) земной орбиты. В настоящее время зонд ISEE-3 выведен из этой точки и в течение 5 месяцев 1983 г. находился в хвосте магнитосферы Земли с целью его всестороннего исследования. Проведя исследование кометы Джакобини — Циннера, зонд ISEE-3 пролетит на расстоянии 0,21 а. е. от ядра кометы Галлея и будет изучать ее хвост, который к этому времени достигнет максимальной длины.

Комета Галлея считалась малоудобным для космического зондирования объектом из-за некоторых особенностей ее орбиты. Мы знаем, что комета имеет обратное движение, т. е. движется навстречу Земле и, следовательно, космическому аппарату, запускаемому с нее. Отсюда нетрудно подсчитать, что при больших собственных скоростях кометы и космического аппарата вблизи самой «быстрой» точки орбиты кометы скорость их встречи (а эта встреча должна произойти вблизи одного из узлов кометной орбиты, где плоскость орбиты кометы пересекается с плоскостью эклиптики), должна быть порядка 60—70 км/с. Чтобы получить полезную информацию, встреча должна быть достаточно продолжительной и достаточно тесной, а время встречи — точным. Сегодня, после открытия кометы, мы можем сказать, что ошибка положения кометы на орбите составляет несколько тысяч километров. Поэтому без уточнения системы элементов по наблюдениям вблизи места встречи эта задача трудновыполнима. В то же время ученых привлекает то, что она, пожалуй, единственная из периодических комет, обладающая достаточно надежно определенной орбитой и одновременно сохраняющая свою молодость (так было, по крайней мере, до 1910 г.), т. е. все признаки «настоящей», живущей активной жизнью кометы (голова, хвосты, оболочки, взрывы и т. п.). Это обстоятельство перевесило все остальные трудности, которые сопряжены с решением столь сложной технической задачи, но внесло таким образом в этот проект для всех его участников элемент повышенного риска. В настоящее время принято решение о посылке четырех космических аппаратов к ядру кометы Галлея, из которых два советских аппарата «Венера — Галлей» («Вега»), один — европейский — «Джотто» и один японский — «Планета-А».

В таблице 10 приведены некоторые данные о планируемых полетах космических аппаратов к двум периодическим кометам Солнечной системы: Галлея и Джакони — Циннера.

Японские ученые планируют отправить в направлении к комете Галлея два космических аппарата, задачи которых в этой программе будут несколько отличаться друг от друга. Первым 31 декабря 1984 г. примет старт автомат «MS-T5», который, находясь на расстоянии в 0,1 а. е. от ядра кометы Галлея, в момент пролета вблизи него основного кометного зонда

Т а б л и ц а 10. Космические полеты к кометам

Проект	Страна, Космическое агентство	Объект исследования	Запуск	Встреча
«Вега-1»	СССР, Интеркосмос	Комета Галлея	декабрь 1984	6.03.1986
«Вега-2»	СССР, Интеркосмос	Комета Галлея	декабрь 1984	9.03.1986
«Планета-А»	Япония, ИСАС	Комета Галлея	август 1985	8.03.1986
«MS-T5»	Япония, ИСАС	Солнечный ветер, хвост кометы Галлея	декабрь 1984	8.03.1986
«Джотто»	11 стран, ЕСА	Комета Галлея	июль 1985	13.3.1986
«ISEE-3» (В 1984 г. переименован в ICE)	США, НАСА	Комета Джако- бини — Цин- нера, комета Галлея	август 1978	11.9.1985 28.3.1986

«Планета-А», будет исследовать физические параметры плазмы хвоста и, в основном, солнечного ветра вблизи хвоста кометы, что весьма важно для понимания процессов, которые будут происходить в это же время и в комете Галлея. Основной же аппарат «Планета-А» (рис. 90) будет стартовать 14 августа 1985 г. и в расчетной точке достигнет околоядерной области кометы, находящейся примерно в 100 000 км от самого ядра (рис. 91). Пролетая 8 марта 1986 г. мимо ядра со скоростью 70 км/с, зонд произведет запланированные исследования ядра кометы, газовой и пылевой составляющих ее атмосферы, сфотографирует водородную корону с помощью ультрафиолетовой камеры в линии L_{α} , измерит напряженность и направление магнитного поля с помощью магнитометра, а также проведет исследование других физических параметров головы кометы.

Космический проект 11 европейских стран получил название «Джотто» (рис. 92), и его реализация начнется запуском ракеты «Ариан» 13 июля 1985 г. с космическим аппаратом на ее борту. С аппарата будет стартовать специальный научный зонд, который сконструирован в виде платформы, вращающейся вокруг трех осей. На платформе размещаются научные приборы: многоцветная камера, нейтральный масс-спектрометр,

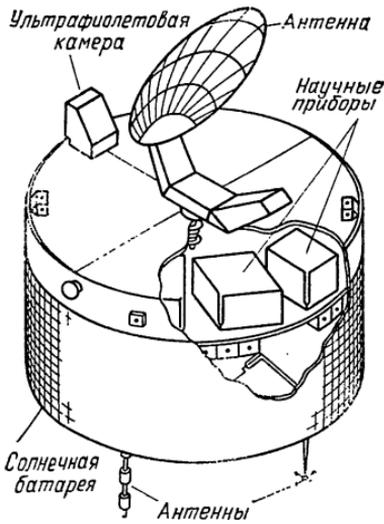


Рис. 90. Зонд «Планета-А» (Япония).

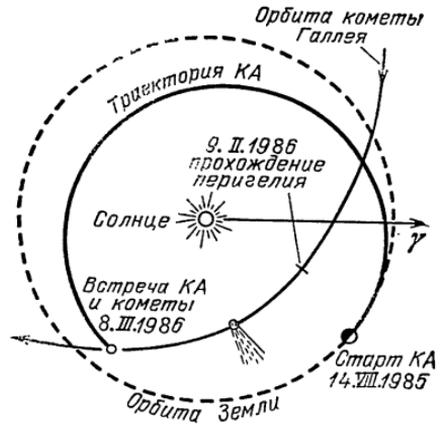


Рис. 91. Схема полета зонда «Планета-А» к комете Галлея.

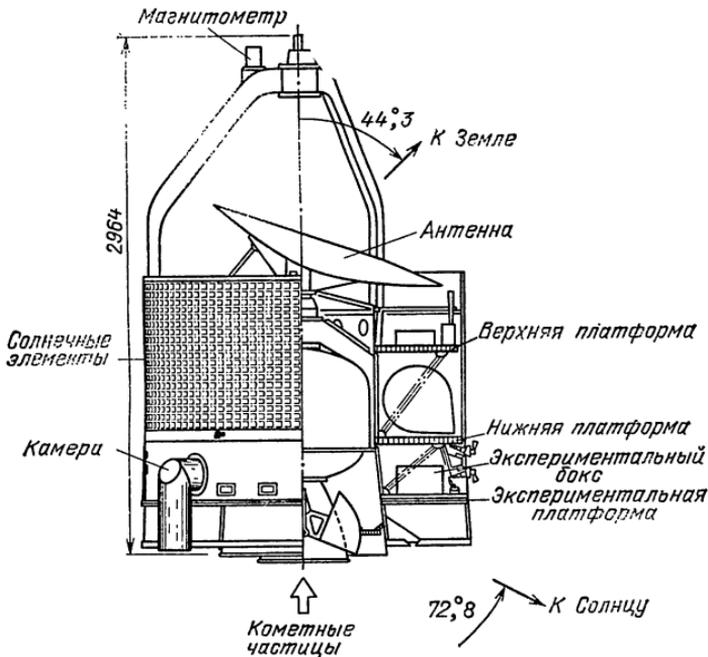


Рис. 92. Космический зонд «Джотто» (конструкция)

ионный масс-спектрометр, пылевой масс-спектрометр, детектор пылевых частиц, детектор быстрых ионов, зонд кометных ионов, захваченных солнечным ветром, магнитометр, радиоастрономическая аппаратура. Основные научные задачи, поставленные перед «Джотто» при пролете через голову кометы Галлея в самой непосредственной близости от ее ядра, заключаются в следующем: 1. Определение элементного и изотопного состава

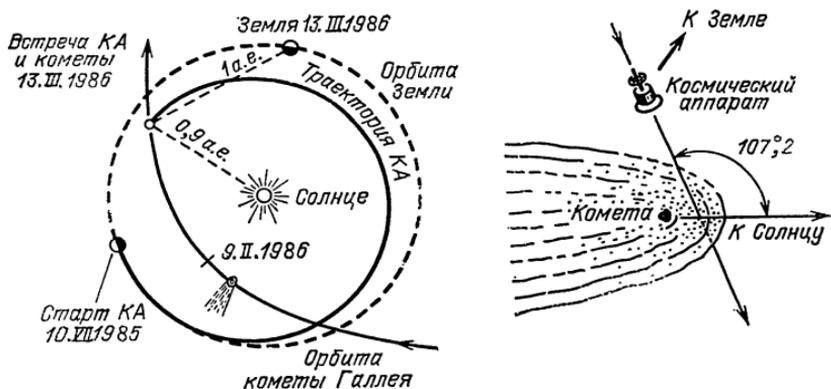


Рис. 93. Полет «Джотто» к комете Галлея и схема его пролета через голову кометы.

летучей компоненты в коме и идентификация родительских молекул. 2. Изучение характера физических процессов и реакций, происходящих в кометных атмосфере и ионосфере. 3. Определение изотопного и элементного состава кометных пылинок. 4. Измерение полной скорости производительности кометных газа и пыли, а также исследование распределения пылинок по размерам и массе и относительного содержания пыли и газа в комете. 5. Исследование макроскопических потоков плазмы в голове, как результата взаимодействия кометной плазмы и солнечного ветра. 6. Получение многочисленных изображений кометного ядра с разрешением менее 50 м, что позволит определить размеры и скорость вращения ядра, а следовательно, точно оценить его массу (рис. 93, 94).

В связи с тем, что «Джотто» будет осуществлять пролет через голову кометы Галлея после того, как там уже побывают советские космические аппараты «Вега-1» и «Вега-2», своеобразные первопроходцы кометы, возникает интересная проблема возможного взаимо-

действия между «первопроходцами» и «послепроходцами», получившая название концепции пастфайндера (рис. 95). Суть концепции пастфайндера заключается в том, что «Джотто» получает уникальную возможность откорректировать траекторию своего подлета к ядру

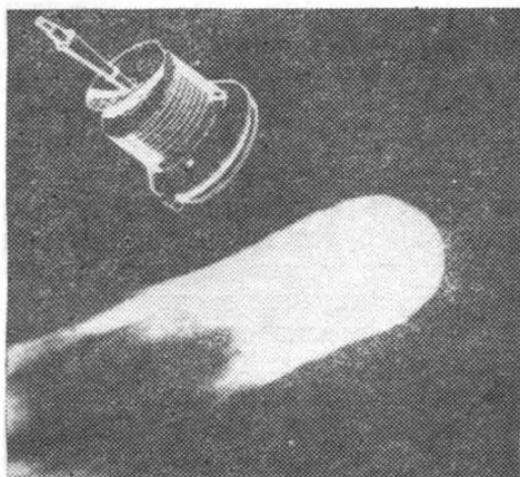


Рис. 94. «Джотто» приближается к комете.

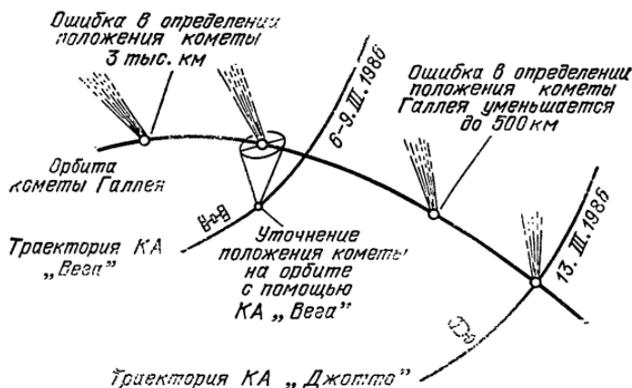


Рис. 95. Концепция «пастфайндера» («следопыта»).

кометы Галлея по траекторным данным, полученным с борта советских аппаратов. Для такой беспрецедентной корректировки орбиты «Джотто» могут быть использованы высокоточные методы дифференциальной радиоинтерферометрии с помощью удаленных друг от друга радиотелескопов на Земле (например, в Аресибо и в

Мадриде или Канберре), принимающих радиопульсы от аппаратов «Вега-1» и «Вега-2», «Джотто» и от расположенных в их направлениях квазаров на одних и тех же частотах. При этом ошибка в определении местоположения кораблей относительно квазаров не будет превышать $0'',01$. Это позволит обеспечить приближение «Джотто» к ядру кометы Галлея на расстояние, меньшее 500 км, что даст возможность получить фотографии поверхности ядра кометы с разрешением, меньшим 10 м!

Предполагается, что зонд «Джотто» пролетит на ближайшем расстоянии от ядра 13 марта 1986 г. Так как скорость пролета «Джотто» вблизи ядра составит 68 км/с, сближение будет продолжаться в течение четырех часов — за это время должны быть выполнены все запланированные научные эксперименты.

Наиболее оригинальным проектом из всех космических миссий к ядру кометы Галлея представляется советский проект «Вега» (названный так по начальным буквам слов Венера и Галлей) (рис. 96, 97). Его автором и научным руководителем является академик Р. З. Сагдеев, который предложил использовать пролет и маневр космического аппарата в гравитационном поле Венеры для вывода его на оптимальную траекторию полета к комете Галлея. Такой маневр оказался возможным вследствие удобного расположения Венеры вблизи перигелия орбиты кометы Галлея, что позволяет удачно использовать одну и ту же ракету для доставки научных зондов к Венере и к комете Галлея. А это экономически значительно выгоднее, чем посылка научных зондов с помощью отдельных ракет к обоим близко расположенным в космическом пространстве небесным телам.

15 и 21 декабря 1984 г. на советском космодроме Байконур был произведен запуск двух автоматических межпланетных станций «Вега-1» и «Вега-2». В июне 1985 г. обе АМС достигнут Венеры и от них отделятся спускаемые зонды, которые, преодолев 70-километровую толщу атмосферы Венеры, опустятся на поверхность горячей планеты и передадут новую научную информацию о нашей загадочной соседке, многие тайны которой были разгаданы, благодаря успешным полетам 16 предыдущих советских «Венер». Сами же АМС с кометными зондами на борту, пролетев от Венеры на расстоянии 30 000 км и совершив баллистический маневр

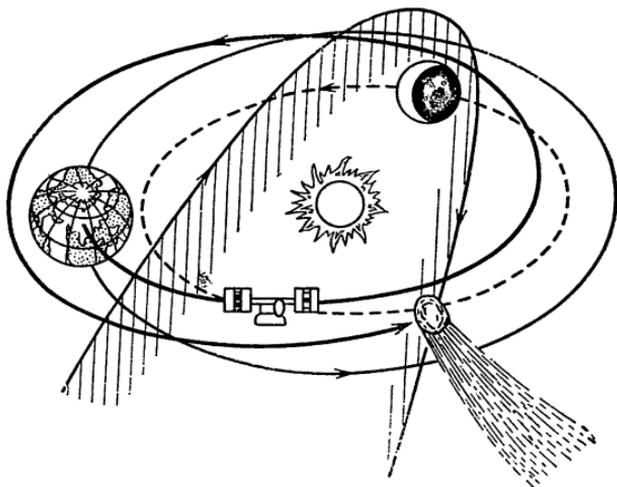


Рис. 96. Полет КА «Вега-1» и «Вега-2» к комете Галлея.

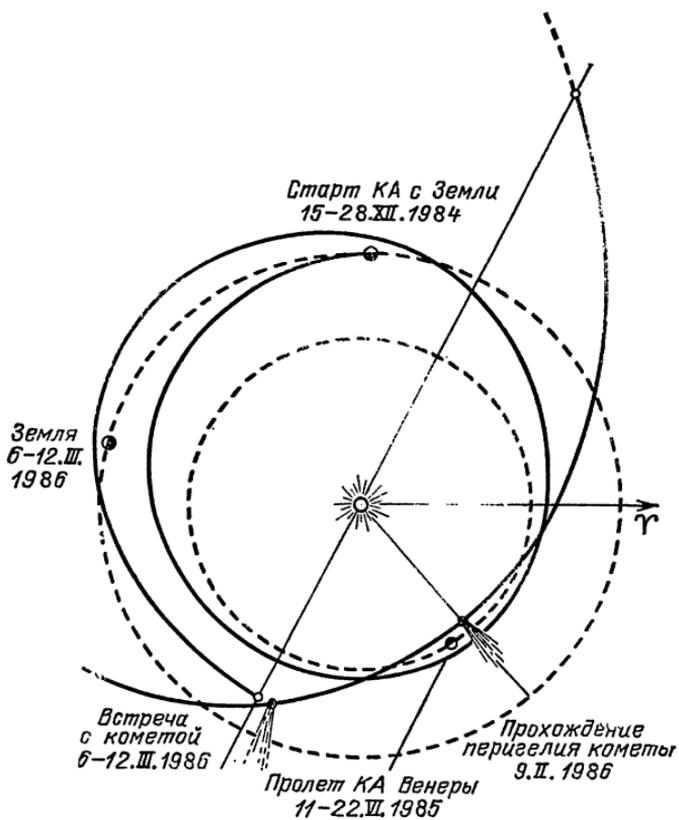


Рис. 97. Проект «Венера-Галлей» — «Вега».

в ее гравитационном поле, устремятся к своей конечной цели — к ледяному ядру кометы Галлея. А еще через 8 месяцев полета обе АМС приблизятся к комете. Первый кометный зонд пролетит мимо ядра кометы Галлея 6 марта 1986 г. на расстоянии около 10 000 км, второй зонд — на три дня позже, после 9 марта 1986 г., примерно на расстоянии 3000 км. На борту советских кометных зондов будут установлены не только отечественные приборы, но и научная аппаратура из стран социалистического содружества, а также из Франции, Австрии и ФРГ. В состав научной аппаратуры, устанавливаемой на обоих зондах, входят: широкоугольная и узкоугольная астрокамеры, спектрофотометр для регистрации спектров в ультрафиолетовой и видимой области, инфракрасный спектрометр, пылевой масс-спектрометр, нейтральный масс-спектрометр, ионный масс-спектрометр, пылевой ударный детектор, анализатор плазмы, анализатор плазменных волн, магнитометр, фотополяриметр и др.

При пролете кометных зондов сквозь голову кометы Галлея в окрестностях ее ядра с помощью перечисленной выше аппаратуры будут проведены все запланированные эксперименты и наблюдения для разрешения некоторых неясных и загадочных вопросов физики, химии и происхождения комет, а также с целью проверки существующих теоретических моделей ядра, головы и хвоста кометы, разработанных на основе наземных и внеатмосферных наблюдений комет.

Одной из важных задач космического зондирования комет с пролетных траекторий космических аппаратов является обнаружение твердого ядра у кометы, так как до сих пор некоторые ученые придерживаются мнения, что ядро кометы — это рой снежинок (Литтлтон) или метеорный рой (Альвен). Однако следует иметь в виду, что получению четких изображений ядра с расстояния 10 000 км может помешать плотная газово-пылевая оболочка, окружающая ядро. Даже для зонда «Джотто», который, по-видимому, подойдет к ядру кометы Галлея ближе всех, эта околядерная пыль все еще может оставаться довольно серьезной помехой для фотографирования ядра. Более того, возле трехкилометрового ледяного ядра кометы Галлея может кружиться рой небольших глыб, отколовшихся в разное время от основного ядра при столкновении с метеорными телами, или сохранившихся остатков процесса образования

ядра. Они могут представлять серьезную опасность для зонда «Джотто».

Большое значение для понимания природы газовой пылевой атмосферы кометы будут иметь данные, полученные приборами кометного зонда о химическом составе, физических свойствах и изотопном составе кометных пыли и газа. Это позволит, например, проверить значение вклада в общую массу кометной пылевой компоненты пылинок, образующихся путем конденсации из пересыщенных газов в околоядерной области согласно механизму, предложенному ленинградским физиком А. З. Долгиновым. Возможно, удастся также получить некоторые данные о кометных родительских молекулах, которые несомненно содержатся в пылинках кометной атмосферы, и проверить гипотезы об аминокислотах, цианополиинах или кластерах в ядрах комет. Эти данные наряду с данными о физико-химических свойствах кометного ядра помогут нам также понять обнаруженное советскими астрофизиками О. В. Добровольским, Г. П. Черновой и Н. Н. Киселевым явление аномальной поляризации света в кометах при малых фазовых углах (угол «Земля — комета — Солнце»). Предполагается, что аномальная поляризация вызывается вытянутыми пылинками в кометной атмосфере.

Измерение ионной и электронной концентрации, а также распределения заряженных частиц по энергиям в голове кометы, вместе с данными о параметрах электрических и магнитных полей в хвостах комет даст возможность установить природу взаимодействия ионизованных хвостов комет (I бредихинского типа) с солнечным ветром, понять механизм отрыва кометных плазменных хвостов и др. Информация об электрических и магнитных полях в хвостах комет, о параметрах кометной плазмы позволит, по-видимому, понять природу синхрон (параллельных светящихся полос в пылевых хвостах II типа), которые по мнению С. К. Всехсвятского формируются под действием электромагнитных сил, а не являются пылевыми структурами, образовавшимися в результате синхронного выброса вещества из ядра кометы. Также, возможно, станет ясной причина заметных отклонений прямолинейных плазменных хвостов комет в направлении движения кометы от продолженного радиус-вектора при пересечении границ секторной структуры межпланетного магнитного поля.

Несомненно, первые в истории науки полеты космических аппаратов к ядрам комет поднимут наши знания о «хвостатых» светилах на качественно новый уровень. А так как кометы, по-видимому, являются сгустками «первозданного» вещества той первичной около-солнечной туманности, которая послужила строительным материалом для всех тел Солнечной системы, ученые путем их космического зондирования, вероятно, получат весьма ценную информацию о самых начальных стадиях протопланетного облака. Ведь кометные ядра, обладая небольшой массой и находясь большую часть своей «жизни» на огромном удалении от Солнца в облаке Эпика — Оорта, не могли существенно изменить своих физико-химических свойств за прошедшие 4,6 миллиарда лет существования Солнечной системы! Таким образом, кометные ядра, вскрытые космическим «скальпелем», возможно, позволят ученым уточнить ту грандиозную теоретическую картину рождения Солнечной системы, которую в 40-х годах нашего столетия нарисовал выдающийся советский ученый О. Ю. Шмидт.

Помимо зондирования кометы Галлея с помощью четырех космических аппаратов, в 1985—1986 гг. планируются также ее комплексные исследования с борта орбитальных станций.

ВИЗУАЛЬНЫЕ И ФОТОГРАФИЧЕСКИЕ НАБЛЮДЕНИЯ КОМЕТЫ ГАЛЛЕЯ

...Огромная Вселенная до дна
Обшарена пытливыми
глазами...

Э. Верхарн

Основной задачей любителей астрономии и особенно тех, которые живут на юге нашей страны (широта 40° и меньше), является проведение регулярных наблюдений кометы Галлея с помощью имеющихся у них визуальных средств — телескопов, биноклей и бинокюляров. Некоторым коллективам любителей, а также отдельным любителям астрономии под силу проведение наблюдений кометы Галлея с помощью фото- и кинокамер, телекамер, камер с ЭОПами или фотоэлектрической регистрацией блеска кометы, спектральных и других приборов.

Основную информацию о поведении комет в межпланетном пространстве астрономы получают на основе наблюдений приблизившихся к Солнцу и Земле комет визуальными, фотографическими, фотоэлектрическими, спектральными, поляриметрическими, радиоастрономическими, телевизионными и др. методами. Цель таких наблюдений комет заключается в регистрации следующих параметров: видимой визуальной звездной величины кометы, интегральных фотографических и фотовизуальных звездных величин, звездных величин кометы в многоцветной фотометрической системе с помощью специальных кометных фильтров, центрированных на основные кометные эмиссии CN , C_2 и C_3 и на участки непрерывного спектра, звездных величин ядра, диаметров комы и центрального сгущения (ядра), направления хвоста (позиционного угла и угла отклонения оси хвоста от продолженного радиус-вектора), длины хвоста, типа хвоста, типа головы, характера непрерывного и эмиссионного спектров, структурных особенностей фотометрического ядра, головы и хвоста кометы, степени поляризации, ориентации плоскости поляризации, регистрации кратковременных колебаний яркости, фиксирования различных фаз больших вспышек блеска и т. п. При этом можно отметить особо важную роль данных фотометрии — классического раздела кометной физики. Конечная цель фотометрии заключается в определении общего числа светящихся частиц и их распределения в кометной атмосфере, что позволяет судить о механизмах истечения вещества из ядер комет, о мощности источников истечения, скорости газопроизводительности, определить физические параметры пылевых частиц (распределение по размерам, оптические свойства и др.), определить скорости газовых частиц в голове кометы, время их существования до исчезновения в поле солнечной радиации, ускорений и кинетических температур кометных молекул и др.

Одной из частных задач кометной фотометрии является установление закономерностей изменения блеска комет при их движении во внутренних частях Солнечной системы. При учете атмосферной экстинкции, зависящей от зенитного расстояния и коэффициента прозрачности атмосферы, объективными причинами, приводящими к изменениям блеска комет, являются: 1) геоцентрическое расстояние кометы Δ ; 2) гелиоцентрическое расстояние r или $T_{\text{я}}$ — поверхностная температура

кометного ядра; 3) состояние Солнца в период наблюдений кометы; 4) структура и физические особенности ядра кометы, определяемые физическими условиями в межпланетном пространстве; 5) химическая активность кометного ядра (радикалы, сложные углеродно-водородные соединения, обладающие взрывчатыми свойствами); 6) интервал времени Δt , в течение которого кометное ядро подвергается воздействию солнечной радиации (вековые изменения).

И. Ньютон в 1687 г. исследовал проблему вариаций интегрального блеска комет с целью их использования при определении «фотометрического параллакса» комет. При этом он считал, что кометы светят только отраженным светом и вычислял видимый блеск J по формуле:

$$J = J_0 \Delta^{-2} r^{-2}.$$

Здесь J_0 — постоянная блеска, т. е. блеск кометы при $\Delta = r = 1$ а. е.

В конце XIX в. Голечек показал, что наблюдения комет лучше представляются законом:

$$J = J_0 \Delta^{-2} r^{-n},$$

где n — фотометрический параметр, принимающий значения от 2 до 6 и больше. Среднее значение n для всего ансамбля наблюдавшихся комет равно 3,3.

С. В. Орлов в 1911 г. предложил определять показатель n совместно с фотометрическим параметром H_0 (абсолютная величина кометы) по формуле

$$m = H_0 + 5 \lg \Delta + 2,5 n \lg r.$$

Эта формула позволяет по наблюдаемым видимым визуальным величинам кометы m определять совместно H_0 и n .

Н. Ф. Бобровников на основании 252 оценок видимой звездной величины кометы Галлея, используя данные более 30 наблюдателей, получил следующие фотометрические параметры кривой блеска кометы: $H_0 = 5^m,70 \pm 0^m,13$ и $n = 3,31 \pm 0,65$ для интервала гелиоцентрических расстояний 2,75—0,59—1,47 а. е. Следует отметить, что на значение фотометрических параметров для любой кометы заметно влияет выбор интервала гелиоцентрических расстояний, в котором производились оценки блеска кометы. Например, если для ко-

меты Галлея взять интервал r от 2,75 до 1,06 а. е. (до перигелия), то $H_0 = 5^m,27 \pm 0^m,15$, $n = 5,52 \pm 0,21$; в интервале r от 0,59 до 0,89 а. е. (после перигелия) $H_0 = 6^m,31 \pm 0^m,10$, $n = 5,30 \pm 0,24$; в интервале r от 0,92 до 1,47 а. е. (после перигелия) $H_0 = 5^m,22 \pm 0^m,03$, $n = 5,40 \pm 0,20$.

Недавно Ч. Моррис и Д. Грин, используя более точную эфемериду кометы Галлея, по ее визуальным оценкам блеска в 1910 г. вычислили более точные фотометрические параметры кометы Галлея:

$$H_0 = 5^m,74 \pm 0^m,04 \quad n = 4,47 \pm 0,08$$

(для r 2,76 — 0,59 — 1,61 а. е.)

Для доперигелийной и послеперигелийной ветвей кривой блеска они получили следующие фотометрические параметры кометы Галлея:

$$H_0 = 5^m,49 \pm 0^m,07, \quad n = 5,15 \pm 0,17$$

(для r от 2,76 до 0,59 а. е.),

$$H_0 = 5^m,44 \pm 0^m,05, \quad n = 2,70 \pm 0,17$$

(для r от 0,59 до 1,61 а. е.).

Эти результаты показывают, что если значения H_0 до и после перигелия практически не изменились, то показатель степени при r после перигелия стал почти в 2 раза меньше, чем до перигелия.

Б. Ю. Левин, исходя из предположения о десорбции газов с поверхности твердого ядра и закона для изменения температуры поверхности $T = T_0 r^{-1/2}$, получил следующую формулу для кривой блеска кометы:

$$m_{\Delta} = A + B \sqrt{r},$$

где m_{Δ} — приведенная к $\Delta = 1$ а. е. видимая звездная величина кометы, A и B — фотометрические параметры. Имея ряд видимых звездных величин кометы, приведенных к $\Delta = 1$ а. е., можно вычислить методом наименьших квадратов фотометрические параметры A и B кривой блеска кометы.

Большая часть фотометрических параметров, вычисленных для многих комет, основана, в первую очередь, на визуальных оценках блеска комет, полученных любителями астрономии с помощью короткофокусных телескопов. Основные преимущества визуальных методов: быстрота, дающая возможность производить опре-

деления блеска в условиях переменной видимости, простота, доступность, экономичность, сравнительно высокая точность внутри индивидуальных рядов наблюдений.

В период визуальной видимости кометы Галлея основной задачей любителей астрономии является определение следующих ее физико-геометрических параметров: m_1 — интегральной визуальной звездной величины кометы, m_2 — визуальной величины фотометрического ядра (центрального сгущения), D — диаметра головы, d — диаметра ядра, DC — степени конденсации (или диффузности), C — длины хвоста, p — позиционного угла хвоста, положения и угловых размеров различных структурных деталей в голове и хвосте [галосов, лучей, оторвавшихся плазменных хвостов, темных промежутков («тени» от ядра) и др.], расстояния между узлами в спиральном плазменном хвосте и изменения ширины хвоста от ядра к концу, позиционных углов лучей, «тени» и других структур в хвосте кометы Галлея.

Все эти параметры и описание структур и явлений необходимо аккуратно записывать в журнал наблюдений или бланк наблюдателя в соответствии с прилагаемым образцом, где нужно также указывать фамилию, имя и отчество наблюдателя, адрес, место наблюдений (желательно указать приближенную широту и долготу), момент наблюдения с точностью до ± 5 минут или 0,003 суток, характеристики телескопа (апертуру и увеличение); в примечании следует указать предельную звездную величину звезды, видимой в телескоп вблизи кометы, а также отметить адаптировался ли на темноту или нет глаз наблюдателя перед наблюдением кометы Галлея; важно также указать метод, с помощью которого определялись визуальные звездные величины головы и ядра кометы.

Методы визуальной фотометрии комет сводятся к двум принципам: а) принцип приведения блеска кометы и звезды сравнения к промежуточному блеску путем ослабления в известном отношении; б) принцип фотометрического интерполирования, когда находится звездная величина кометы в интервале, задаваемом двумя звездами сравнения (рис. 98).

Ниже приводятся описания методов визуальных оценок блеска комет, применяемых в настоящее время как любителями астрономии, так и профессионалами для

определения интегральной визуальной звездной величины кометы (суммарного блеска головы и хвоста) и звездной величины центрального сгущения (фотометрического ядра).

1. *Метод Волохова — Бейера* (рис. 98.4). Заключается в последовательном выведении из фокуса окуляра

1. изображения кометы и звезды сравнения до полного исчезновения на фоне неба. С этой целью подбираются три или больше звезд сравнения таким образом, чтобы комета по блеску занимала промежуточное положение между значениями блеска звезд сравнения, т. е. чтобы часть звезд сравнения была бы немного ярче кометы, а остальные — слабее. Для сравнения блеска кометы и звезд необходимо выбрать самый слабый окуляр (с наибольшим полем зрения), навести телескоп (бинокляр) на комету и вывести окуляр из фокуса до полного исчезновения изображения кометы на фоне неба. После этого необходимо снять отсчет n_k по линейной шкале кремальеры окулярной трубки (если такой шкалы нет, то ее можно нанести самому).

Затем наводят последовательно телескоп на каждую из звезд сравнения и так же выводят окуляр из фокуса до полного исчезновения звезды на фоне неба и так же снимают отсчеты $n_a, n_b, n_c...$ по линейной шкале на окулярной трубке. Пусть, для примера, были выбраны такие звезды сравнения: $m_a = 7^m,5$, $m_b = 6^m,0$ и $m_c = 4^m,0$. При выведении этих звезд из фокуса до их исчезновения были сняты следующие отсчеты: $n_a = 1$ см,

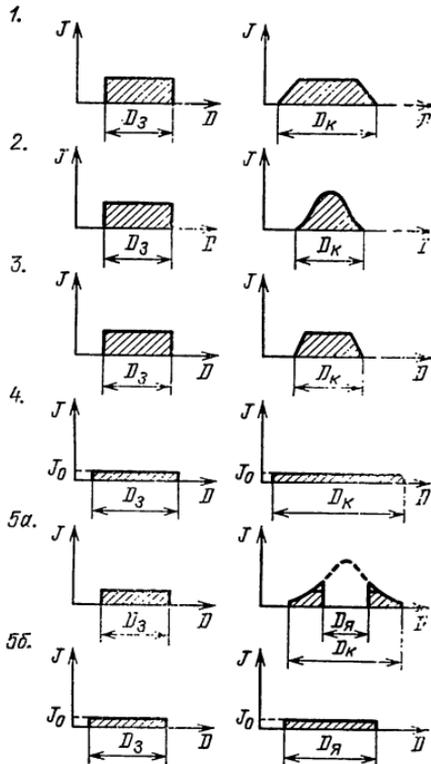


Рис. 98. Методы определения визуальных величин комет. J — поверхностная яркость, D — диаметр изображения звезды — з или кометы — к, J_0 — пороговая чувствительность глаза.

$n_b = 2$ см, $n_c = 3,5$ см (чем ярче звезда, т. е. меньше значение m , тем больше будет степень выдвижения окуляра из фокуса и будет сниматься больший отсчет n). На миллиметровой бумаге строим график функции $m = f(n)$ в прямоугольной системе координат, в которой осью абсцисс служат значения линейных отсчетов по окулярной трубке, а осью ординат — значения звездных величин (рис. 99). По значению отсчета n_k при наведении на комету по графику функции $m = f(n)$ находим значение звездной величины кометы. Предположим, что линейный отсчет при выведении из фокуса кометы равен 2,5 см. Тогда по графику легко находим $m_k = 5^m,2$. Это значение визуальной звездной величины кометы записываем в журнал и бланк наблюдателя. Если интервал звездных величин звезд сравнения небольшой ($\sim 1^m$) и блеск кометы лежит внутри этого интервала, то для определения

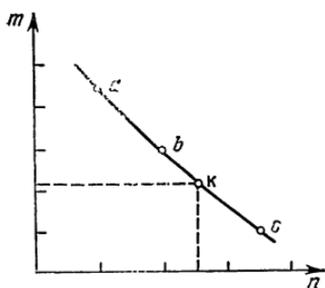


Рис. 99. Пример определения визуальной звездной величины кометы методом Волохова — Бейера; a, b, c — звезды, k — комета.

звездной величины кометы можно воспользоваться формулой (в предположении линейной зависимости m от n)

$$m_k = m_1 + \frac{m_2 - m_1}{n_1 - n_2} (n_1 - n_k).$$

Здесь $m_1 < m_2$ и $n_1 > n_2$.

В журнале наблюдателя также необходимо указать высоту, на которой наблюдалась комета, и состояние атмосферы (прозрачность, ее спокойствие и др.). Также необходимо определить значение предельной звездной величины, видимой в телескоп. Для этой цели телескоп наводится на какое-либо скопление звезд (Плеяды, Ясли, Волосы Вероники и др.), находящееся на той же высоте над горизонтом, что и комета, и определяется, какая самая слабая звезда еще видна в телескоп.

Метод Волохова — Бейера является пороговым методом, т. е. достаточно объективным методом оценок блеска комет. Но он довольно чувствителен к изменению фона неба. Поэтому его лучше применять для оценок интегрального визуального блеска кометы Галлея в период, когда она еще будет иметь компактный звездный вид и кóму малых размеров.

2. Метод Бахарева — Бобровникова — Всехсвятского (рис. 98.1) заключается в выведении окуляра телескопа или бинокля из фокуса до тех пор, пока внефокальные изображения кометы и звезды сравнения не окажутся имеющими одинаковый диаметр. При этом следует учитывать то, что звезды расфокусируются в более или менее равномерный кружочек, а комета выглядит неоднородным пятном с размытыми краями. Наблюдатель должен натренироваться усреднять блеск кометы по всему ее внефокальному диску и этот средний блеск сравнивать с блеском внефокальных дисков звезд. Это сравнение лучше производить по методу Найланда — Блакко, в котором используются две звезды сравнения: одна ярче, другая слабее кометы. Мысленно разбивают интервал между звездами на несколько степеней (2, 3, 4, 5 и т. д.); сравнивая комету попеременно с обеими звездами, определяют в личной шкале число таких-же степеней между кометой и каждой звездой сравнения. Пусть две звезды имеют звездные величины a и b , а комета — величину k . Разобьем интервал звездных величин на пять степеней — запись $a5b$ показывает, что звезда a на 5 степеней ярче звезды b ; предположим, что одна степень в личной шкале оказалась равной $0^m,2$, тогда запись $a5b$ показывает, что звезда a ярче звезды b ровно на 1^m . Далее, внимательно сравнивая комету с каждой звездой, визуально определяют, сколько таких же степеней укладывается между блеском кометы и каждой звезды. Предположим, что комета слабее звезды a на 3 степени и ярче звезды b на 2 степени. Тогда можно сделать следующую запись: $a3k2b$. Предположим, что мы выбрали звезды так, что $a = 5^m$, $b = 6^m$; тогда эта запись означает, что $k = 5^m,6$. Подбирая несколько пар звезд сравнения, определяют среднее значение звездной величины кометы, добиваясь при этом точности $\pm 0^m,1$. Наиболее продолжительные ряды визуальных оценок блеска нескольких десятков комет в СССР были получены А. М. Бахаревым в Душанбе и С. К. Всехсвятским в Киеве.

Ошибки в определении звездной величины кометы с помощью этого метода связаны с тем, что внефокальный диск кометы будет всегда чуть больше внефокальных изображений звезд сравнения. Это объясняется тем, что фокальное изображение кометы имеет значительный диаметр, и хотя при расфокусировке окуляра мы пытаемся добиться сравнимых диаметров внефо-

кальных изображений кометы и звезды, диаметр изображения кометы всегда будет больше диаметра расфокусированной звезды. Однако вследствие простоты его использования метод Бахарева — Бобровникова — Всехсвятского получил наибольшее распространение среди любителей и профессионалов.

Метод Бахарева — Бобровникова — Всехсвятского можно с успехом использовать и для оценок блеска кометы Галлея в ее настоящем появлении.

3. *Метод Сигдвика* (рис. 98.2). Метод заключается в сравнении фокального изображения кометы с внефокальными изображениями звезд, имеющими такие же диаметры, что и комета в фокусе. Наблюдатель сначала внимательно изучает изображение кометы, находящейся в фокусе, и запоминает ее средний блеск. Затем он выводит окуляр из фокуса до тех пор, пока размеры внефокальных изображений звезд не станут сравнимыми с размером фокального изображения кометы. Блеск этих внефокальных звездных изображений сопоставляется с «записанным» в памяти наблюдателя средним блеском кометы. При этом достигается точность в оценке звездной величины кометы $\pm 0^m,1$. Метод пригоден для наблюдений кометы Галлея в период ее максимального блеска — в январе, марте, апреле 1986 г. Однако он требует развития определенных навыков у наблюдателя, позволяющих держать в памяти блеск сравниваемых объектов — кометы в фокусе и внефокальных дисков звезд. Эти навыки могут быть развиты путем проведения регулярных тренировочных наблюдений.

4. *Метод Морриса* (рис. 98.3). Этот метод комбинирует особенности методов Бахарева — Бобровникова — Всехсвятского и Сигдвика, однако частично устраняет их недостатки: 1) различие размеров внефокальных изображений кометы и звезды сравнения в методе ББВ и 2) вариации поверхностной яркости кометной комы, когда фокальное изображение кометы сравнивается с внефокальными изображениями звезд по методу Сигдвика. В методе Морриса используется следующая последовательность приемов: а) выводят изображение кометы из фокуса до получения приблизительно однородной яркости изображения; б) запоминают размер и поверхностную яркость внефокального изображения кометы; в) выводят звезды сравнения из фокуса таким образом, чтобы они имели такой же размер, как у за-

помнившейся внефокальной кометы; г) оценивают блеск кометы, сравнивая поверхностные яркости внефокальных звезд сравнения и запомнившуюся поверхностную яркость внефокальной кометы; д) повторяя приемы а) — г), оценивают несколько раз блеск кометы и выводят среднее. С помощью метода Морриса можно достичь точности в оценке блеска кометы $\pm 0^m,1$.

5. *Метод, являющийся комбинацией методов Волохова — Бейера и Сигдвика* путем следующей последовательности приемов (рис. 98.5): а) определяют блеск фотометрического ядра кометы по методу Волохова — Бейера $m_{\text{я}}$; б) внимательно изучают фокальное изображение кометы, запоминают среднюю яркость комы без учета яркости фотометрического ядра $m_{\text{я}}$; в) сравнивают среднюю яркость кольца комы, мысленно удалив из нее фотометрическое ядро, с внефокальными изображениями звезд такой же площади, как у кольца комы без ядра; находят $m_{\text{к}}$; г) интегральный блеск кометы m_1 находят по звездным величинам фотометрического ядра $m_{\text{я}}$ и условной кольцевой комы, $m_{\text{к}}$, пользуясь соответствующими таблицами (см., например, П. Г. Куликовский. *Справочник любителя астрономии*. — М.: Наука, 1971, табл. 80, с. 569). Предлагаемый метод менее чувствителен к фону неба, чем метод Волохова — Бейера. Метод можно с успехом применять не только для небольших по размерам комет, но и для комет, обладающих довольно протяженными комами.

При проведении визуальных оценок блеска кометы Галлея с помощью перечисленных выше методов, наблюдатель должен всегда учитывать яркость фона неба, на котором производятся оценки: яркий фон неба является источником больших ошибок в определении интегрального блеска кометы. Оценки интегрального блеска кометы Галлея следует проводить с помощью инструментов, имеющих небольшие апертуры и малые увеличения. Например, хорошим инструментом для надежного определения блеска кометы Галлея, когда она будет ярче 9^m , является бинокль БП 7×50 ; когда блеск кометы Галлея будет находиться между 9^m и $11^m,5$, хорошим инструментом для оценок ее блеска является бинокляр «Ассемби» (20×88) народного предприятия Цейс или наш отечественный бинокляр БМТ-110 (20×110), часто используемый при наблюдениях ИСЗ.

Звезды сравнения следует выбирать на той же высоте над горизонтом, на какой находится в данный мо-

мент комета Галлея или какая-либо другая. Желательно также подбирать звезды сравнения, имеющие спектральный класс, близкий к спектральному классу Солнца,— звезды спектральных классов F, G, K.

При использовании звездных величин звезд сравнения, взятых из различных каталогов, следует учитывать, что визуальные звездные величины не эквивалентны величинам V , которые обычно приводятся в каталогах. Чтобы перейти от величин V к визуальным величинам $m_{\text{виз}}$, следует ввести поправку по следующей формуле:

$$m_{\text{виз}} = V + 0,16 (B - V),$$

где B и V — звездные величины в системе UBV Моргана — Джонсона. В качестве источников звездных величин B и V нужно обращаться к следующим каталогам: 1) каталогу Смитсоновской астрофизической обсерватории; 2) Йельскому каталогу ярких звезд; 3) каталогу Атласа Цели (Coeli); 4) каталогу обсерватории Аризона и Тонанцитла (AT); 5) каталогу звездного атласа академика А. А. Михайлова со звездами до $8^m,25$ и другими. Все эти каталоги можно достать в библиотеках почти всех астрономических обсерваторий и учреждений.

Во время визуальных наблюдений комет необходимо сделать в течение ночи несколько оценок блеска кометы, учитывая то обстоятельство, что кометы могут неожиданно «вспыхнуть» на глазах у наблюдателей на несколько звездных величин, как это периодически происходит с кометой Швассмана — Вахмана-1, а иногда совершенно неожиданно случается и с другими кометами, например с кометой Олкока (1963 III), которая 27 мая 1963 г. неожиданно резко увеличила свой блеск на 6^m , или с кометой Туттля — Джакобини — Кресака, дважды в 1973 г. «вспыхнувшей» на 10^m . При обнаружении такой вспышки кометы важно проследить за различными фазами ее развития, фиксируя при этом изменения в структурах головы и хвоста. Подобные колебания блеска не раз отмечались и у кометы Галлея при различных ее появлениях. Не исключено, что их обнаружат при появлении кометы в 1985—1986 гг. Поэтому весьма важно следить за кометой в период ее визуальной видимости в 1985—1986 гг., для чего необходимо создать на территории СССР сеть станций визуального наблюдения за кометой Галлея от Уссурий-

ска до Ужгорода силами любителей астрономии на основе существующих местных отделений Всесоюзного астрономо-геодезического общества АН СССР (ВАГО).

Визуальные оценки блеска кометы Галлея, полученные любителями астрономии, позволят детально изучить характер кривой блеска кометы Галлея (ее фотометрические параметры H_0 — абсолютную звездную величину кометы при данном появлении и n — показатель степени при гелиоцентрическом расстоянии, фазы активности — нерегулярного изменения яркости и др.). Важно сравнить полученную кривую блеска кометы Галлея с кривыми блеска при ее предыдущих появлениях (для изучения векового изменения яркости кометы, связанного с постепенным уменьшением диаметра ее ледяного ядра), а также с кривыми блеска других комет, чтобы выявить ее возможные нетипичные особенности. Кроме того, характер кривой визуального блеска кометы Галлея при наличии соответствующих спектральных наблюдений можно связать с действием особого физического механизма, ответственного, например, за разрушение родительской молекулы H_2O и приводящего к образованию молекул гидроксила ОН. При установлении подобной связи большой научный интерес представит анализ кривых блеска всех комет, как наблюдавшихся в прошлом, так и тех, которые наблюдаются в настоящее время и будут наблюдаться в будущем.

Однако к оценкам блеска комет, полученных различными наблюдателями и с разными инструментами, следует подходить с большой осторожностью. Некоторые исследователи производили обширные сопоставления колебаний блеска комет с солнечной и геомагнитной активностью, используя для этой цели неоднородные ряды визуальных оценок блеска, полученные различными наблюдателями с помощью инструментов, имеющих различные диаметры объективов (апертуры). Такие ряды визуальных оценок блеска могут быть отягощены большими ошибками, порой трудно поддающимися учету. Изменения блеска кометы, выводимые из таких наблюдательных рядов, когда амплитуды колебаний звездной величины кометы невелики, чаще всего нереальны. Возможные же реальные колебания блеска редко превышают уровень ошибок измерений. Поэтому нет смысла связывать полученные таким образом вариации блеска комет с явлениями на Солнце, в геомагнитном поле и в межпланетном пространстве. Как по-

лагает американский исследователь комет Ф. Миллер, кометы следует рассматривать как довольно грубые зонды, неоднозначно реагирующие на изменение ситуации в межпланетном пространстве. Визуальные оценки блеска комет, полученные различными наблюдателями, можно использовать для построения кривой блеска кометы и определения ее фотометрических параметров, но для этого нужно все оценки блеска привести к одной апертуре, принятой условно за стандартную. В качестве такой стандартной апертуры была предложена апертура, равная 6,78 см. Редукционная формула имеет вид:

$$m' = m - a(D - D_0),$$

где m' — значение визуальной величины кометы, исправленное с учетом апертуры инструмента, m — наблюденное значение визуальной величины кометы, D — апертура данного инструмента в см, $D_0 = 6,78$ см — оптимальное значение апертуры инструмента, к которой следует приводить оценки блеска комет, полученные с помощью инструментов, имеющих различные отверстия. Коэффициент a выведен на основе анализа большого числа оценок блеска комет, полученных с помощью различных телескопов: в среднем он составляет для рефракторов 0,066 звездной величины на каждый сантиметр объектива ($m \cdot \text{см}^{-1}$); для рефлекторов $a = 0,019 m \cdot \text{см}^{-1}$. Неучет апертуры инструмента, как указывала выдающаяся наблюдательница комет Э. Ремер (на ее счету 76 переоткрытий периодических комет, повторно возвращающихся к Солнцу), может привести к большим различиям в оценке звездной величины кометы. Эти различия порой могут достигать нескольких звездных величин, но это вовсе не означает, что внезапно произошло реальное изменение блеска кометы на столько же величин. Например, если один наблюдатель оценивает блеск кометы с помощью небольшого рефрактора, имеющего диаметр объектива $D_1 = 6,78$ см, а другой — с помощью рефрактора с диаметром объектива $D_2 = 56,78$ см, то их оценки блеска кометы в один и тот же момент времени будут отличаться на величину $\Delta m = 0,066 \cdot (56,78 - 6,78) = 0,066 \cdot 50 = 3^m,3$.

Кроме этого, на точность визуальных оценок может влиять разный в различных местах фон неба, выбор звезд сравнения, имеющих спектральный класс, сильно отличающийся от спектрального класса Солнца, а также использование в качестве звезд сравнения звезд,

находящихся на значительных зенитных расстояниях от кометы. Поэтому многие результаты, полученные при сопоставлении колебаний блеска комет с солнечной активностью, на поверку оказываются несостоятельными. Нереальным, например, оказался так называемый «сезонный эффект» во вспышках блеска комет, а также связь вспышек блеска комет с фазой 11-летнего цикла солнечной активности.

Даже такой чувствительный индикатор как ионизованный хвост кометы, не всегда может оказаться надежным зондом солнечного ветра, так как помимо абберационного эффекта хвоста на солнечном ветре (обычно используемого для определения скорости солнечной плазмы по хвостам I типа), в таких хвостах могут возбуждаться различные плазменные неустойчивости, могущие существенно изменить амплитуду колебаний хвоста относительно линии Солнце — комета.

Глаз наблюдателя наиболее чувствителен к зеленому участку спектра ($\lambda = 520$ нм в ночное время; $\lambda = 555$ нм — в дневное время), а в этой спектральной области наибольший вклад в яркость кометы дают углеродные эмиссии (полосы Свана). Поэтому по визуальной звездной величине кометы можно оценить число N светящихся молекул углерода в атмосфере кометы по следующей формуле:

$$N = \frac{10^{-0,4(m_k - m_{\text{лк}})} \Delta^2 r^2}{1,37 \cdot 10^{-38} \cdot f(C_2)} \text{ частиц,}$$

где m_k — видимая визуальная величина кометы, $m_{\text{лк}}$ — звездная величина одного люкса, $f(C_2)$ — сила осциллятора для полосы Свана. Для значений $m_{\text{лк}} = -13^m,78$ и $f(C_2) = 0,031$ формула для числа светящихся частиц — молекул углерода в комете примет вид

$$N = \frac{10^{-0,4(m_k + 13,78)} \Delta^2 r^2}{4,25 \cdot 10^{-40}} \text{ частиц.}$$

Например, пусть мы оценили визуальный блеск кометы $m_k = 6^m,22$ на расстояниях $\Delta = r = 1$ а. е. Тогда по приведенной выше формуле число светящихся молекул углерода в голове такой кометы будет

$$N = \frac{10^{-0,4 \cdot 20} \cdot 1 \cdot 1}{4,25 \cdot 10^{-40}} = 2,35 \cdot 10^{31} \text{ молекул.}$$

Так как масса одной молекулы C_2 равна $\sim 5 \cdot 10^{23}$ г, то можно оценить мгновенную массу углеродной атмосферы:

$$M(C_2) = 5 \cdot 10^{-23} \cdot 2,35 \cdot 10^{31} = 1,17 \cdot 10^9 \text{ г.}$$

Следовательно, мгновенная масса углеродной атмосферы такой кометы может, по-видимому, превышать 1000 тонн.

Определив по визуальным оценкам блеска абсолютную величину кометы H_0 (методом наименьших квадратов по формуле Орлова), можно оценить диаметр ядра кометы по формуле Л. Кресака:

$$\lg D = 2,1 - 0,2 H_0 \text{ (км).}$$

При визуальных наблюдениях комет важно также измерять визуальную величину фотометрического ядра (центрального сгущения), диаметры головы и ядра, длину хвоста, положение и угловые размеры различных структурных деталей в голове и хвосте (галосов, лучей, оболочек, деталей оторвавшихся хвостов, темных промежутков, «тени» ядра), расстояния между узлами в спиральном хвосте и изменение ширины хвоста, позиционные углы хвоста, лучей и других кометных структур.

Одной из важных физических характеристик кометы является видимый диаметр комы, сильно зависящий от гелиоцентрического расстояния кометы. Этот параметр также в основном определяется визуально.

По мере приближения кометы к Солнцу диаметр видимой головы сначала ото дня ко дню растет и в среднем для всех комет голова достигает максимальных размеров в интервале гелиоцентрических расстояний от 0,9 до 1,6 а. е. и затем постепенно уменьшается с уменьшением гелиоцентрического расстояния. После прохождения кометой перигелия опять наблюдается постепенное увеличение размеров головы и достижение ею максимальных размеров между орбитами Земли и Марса.

Диаметр головы кометы Галлея в 1910 г. достигал максимального значения, равного 200 000 км, когда комета находилась на расстоянии 0,8—0,9 а. е. от Солнца (рис. 100). В целом для всей совокупности комет диаметры их голов могут заключаться в широких пределах: от 6000 км до 1 млн. км. Не следует забывать, что речь здесь идет о диаметрах видимых го-

лов — в ультрафиолетовом свете диаметры голов простираются до ~ 10 млн. км. Наибольшее число комет соответствует значению диаметра голов $D = 50\,000$ км; комет с меньшим диаметром головы было открыто мало.

При движении комет по орбите их головы принимают разнообразные формы. Вдали от Солнца головы комет круглые, что объясняется слабым воздействием солнечных излучений на частицы головы, и ее очертания определяются изотропным расширением кометного

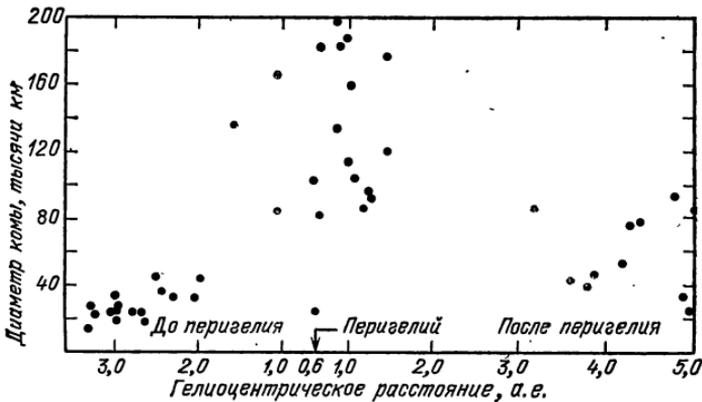


Рис. 100. Изменение диаметра головы кометы Галлея в 1910 г. в зависимости от гелиоцентрического расстояния.

газа в межпланетное пространство. 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. Подобно струйкам фонтана, принимающим форму параболы в поле тяжести Земли, «струйки» кометного вещества, бьющие с поверхности ядра под действием отталкивательной силы, также принимают форму параболы. Образование голов в форме цепной линии связано с плазменной природой кометной атмосферы и воздействием на нее солнечного ветра и «вмороженным» в него магнитным полем. Иногда голова столь мала, что хвост кажется выходящим непосредственно из ядра. Кроме изменения очертаний, в головах комет то появляются, то исчезают различные структурные образования: галосы, оболочки, лучи, изливания из ядра и т. п.

С. В. Орлов предложил следующую условную классификацию кометных голов, исходя из их формы и внутренней структуры:

Тип Е — наблюдается у комет с яркими комами, обрамленными со стороны Солнца светящимися параболическими оболочками, фокус которых лежит в ядре кометы.

Тип С — наблюдается у комет, головы которых в 4 раза слабее голов типа Е и по внешнему виду напоминают луковицу.

Тип п — наблюдается у комет, у которых отсутствуют кома и оболочки.

Тип 0 — наблюдается у комет, имеющих слабый выступ в сторону Солнца (т. е. аномальный или псевдоаномальный хвост).

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

Тип f — наблюдается у комет с веером излиний из ядра; это очень важный тип, так как наблюдения за эволюцией веера излиний позволяют судить о вращении кометного ядра.

Тип d — наблюдается у оторвавшихся хвостов комет.

Если в голове кометы Галлея появятся оболочки (тип Е), то необходимо, пользуясь самыми большими увеличениями, зарисовать их

форму и измерить два параметра (рис. 101): V — расстояние от вершины каждой оболочки до ядра кометы, или вертекс, и P — поперечник оболочки, измеряемый через ядро кометы в перпендикулярном направлении к вертексу V . Важно также проследить за эволюцией оболочек и отмечать моменты времени последовательных измерений оболочек с точностью до 5 с времени.

Наблюдатели комет чаще всего используют три наиболее распространенных метода визуальной оценки диаметра комы.

1. При неподвижном телескопе комета, вследствие вращения небесной сферы вокруг оси мира, будет медленно пересекать поле зрения окуляра, проходя за 1 секунду времени 15 секунд дуги. Поэтому, если в окуляре имеется крест нитей, то, замечая моменты пер-

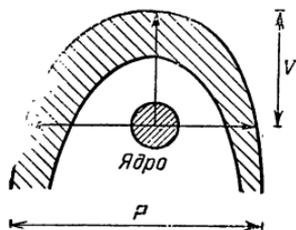


Рис. 101. Определение геометрических параметров головы и оболочек кометы.

вого и последнего контакта кометы с нитью, ориентированной по меридиану (север — юг), можно определить промежуток времени Δt , за который голова кометы пересекает эту нить. Тогда диаметр ко́мы можно определить по формуле: $D = 0,25 \Delta t \cos \delta$, где δ — склонение кометы. Этот метод нельзя применять для комет, находящихся в близполярной области при $\delta < -70^\circ$ и $\delta > +70^\circ$. Метод применим для комет умеренных размеров (D от 0 до $5'$).

2. Диаметр ко́мы определяется по известному угловому расстоянию между звездами, видимыми в поле зрения окуляра. Используя крупномасштабные атласы и карты звездного неба (например, атлас Михайлова со звездами до $8^m,25$ или Atlas Coeli), наблюдатель определяет угловые расстояния между близкими звездами в окрестностях кометы и сравнивает их с видимым диаметром ко́мы. Этот метод лучше всего использовать в тех случаях, когда диаметр комы превышает $5'$.

3. Наблюдатели, у которых окуляр телескопа оснащен микрометром, измеряют диаметр ко́мы, последовательно наводя нить (по касательной) на один и другой края головы кометы и снимая соответствующие отсчеты по шкале микрометра. Это наиболее точный и надежный метод определения диаметра головы кометы, более предпочтительный, чем методы «дрейфа» кометы через поле зрения окуляра и сравнения размеров головы кометы с угловым расстоянием между близкими звездами, видимыми в окуляре вместе с кометой.

Так же как и интегральная звездная величина комет, ее видимый размер (диаметр ко́мы или головы) сильно подвержен апертурному эффекту, т. е. зависит от диаметра объектива, используемого при наблюдениях телескопа. Этот факт иллюстрируется наблюдениями кометы Бредфилда (1979 X), проведенными Ч. Моррисом 4 февраля 1980 г. в одно и то же время с помощью различных инструментов (с апертурами от 1,5 до 25 см); 1,5 см — $18'$, 5 см — $15'$, 8 см — $12'$, 25 см — $7'$.

Приведенный пример показывает, что оценки диаметра ко́мы, сделанные с помощью различных инструментов, могут отличаться друг от друга в несколько раз. Какой же диаметр ко́мы из приведенных выше для кометы Бредфилда (1979 X) следует считать истинным? Естественно, наибольший диаметр, полученный с помощью небольшого инструмента, — в данном случае би-

нокуляра с диаметром объективов 1,5 см, т. е. 18'. К сожалению, зависимость диаметра ко́мы от апертуры инструмента не исследована, поэтому при изучении вариации диаметров голов комет следует применять небольшие инструменты и малые увеличения.

Параллельно с определением диаметра головы кометы наблюдатель также должен оценивать и степень конденсации кометы (DC), которая дает представление

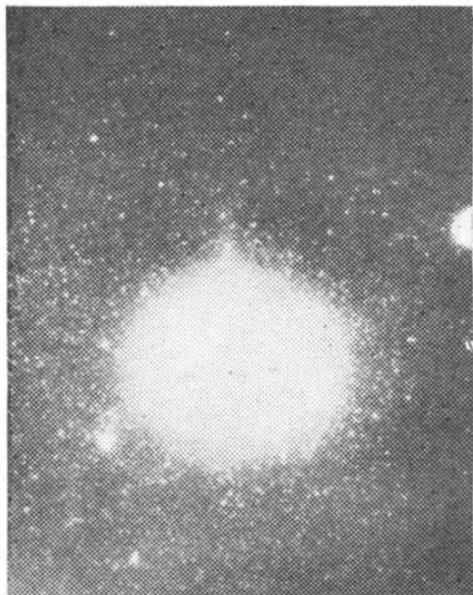


Рис. 102. Комета ИРАС — Араки — Олкока (1983d) 9 мая 1983 г.

о внешнем виде кометы. Степень конденсации имеет градацию от 0 до 9. Если $DC = 0$, то комета кажется светящимся объектом с малым или отсутствующим изменением поверхностной яркости от центра головы к периферии. Это полностью диффузная комета. Если $DC = 9$, то комета выглядит как полностью звездообразный объект. Промежуточные значения DC от 0 до 9 показывают различную степень диффузности кометы. На особом счету находятся кометы, имеющие протяженную диффузную ко́му с резкой центральной конденсацией.

Если не принимать во внимание звездообразного ядра, то DC должно быть равно 0; если же учитывать только звездообразное ядро без комы, то $DC = 9$. Такой кометой, например, оказалась комета ИРАС — Араки — Олкока (1983d), пронесшаяся недавно вблизи Земли на расстоянии всего в 4,5 млн. км (рис. 102). На наблюдателей эта комета произвела сильнейшее впечатление своей огромной (в шесть диаметров Луны) головой, крайне разреженной, с резкой центральной конденсацией. Степень конденсации для этой кометы для всей комы $DC = 0$, а для центральной конденсации $DC = 9$. Приведенный снимок получен на светосильной

камере Шмидта в Абастумани и заметно отличается от того, что было видно наблюдателю визуально невооруженным глазом или в бинокль. А степень конденсации — это характеристика кометы, получаемая визуально. Ясно, что степень конденсации зависит от применяемого для ее оценки инструмента.

К основным физическим характеристикам кометы относится также длина хвоста, его позиционный угол и абберационный угол — между осью хвоста и продолженным радиус-вектором кометы. Для определения длины хвоста можно использовать те же методы, что и при определении диаметра головы. Если хвост имеет длину больше 10° , то ее следует вычислять по формуле:

$$\cos C = \sin \delta' \sin \delta + \cos \delta' \cos (\alpha - \alpha') \cos \delta,$$

где C — длина хвоста в градусах, α и δ — прямое восхождение и склонение кометы, α' и δ' — прямое восхождение и склонение конца хвоста (можно определить по координатам звездочки, располагающейся вблизи конца хвоста).

Важной физической характеристикой кометы является позиционный угол хвоста, так как по нему можно рассчитать абберационный угол хвоста (его отклонение от продолженного радиус-вектора), который, в свою очередь, служит своеобразным мерилем скорости распространения солнечной плазмы (солнечного ветра) в той области межпланетного пространства, где находится данная комета. Если удастся подобрать две звезды, располагающиеся вдоль оси хвоста и имеющие координаты (α_1, δ_1) и (α_2, δ_2) , то позиционный угол хвоста p можно вычислить по формуле

$$\sin p = \frac{\sin [(\alpha_2 - \alpha_1)^\circ \cos \delta_2]}{\sin \{[(\alpha_2 - \alpha_1)^\circ]^2 \cos^2 \delta_2 + [(\delta_2 - \delta_1)^\circ]^2\}^{1/2}},$$

причем α_2, δ_2 — координаты звезды, более удаленной от ядра (квадрант p определяется знаком разностей α).

Позиционный угол продолженного радиус-вектора вычисляется по формуле

$$\operatorname{tg} p' = \frac{\sin (\alpha - \alpha_0)}{\cos \delta_0 \operatorname{tg} \delta - \sin \delta_0 \cos (\alpha - \alpha_0)},$$

где α_0, δ_0 — координаты ядра кометы, α и δ — координаты произвольной точки радиус-вектора.

Координаты любой точки радиус-вектора (α, δ) должны удовлетворять уравнению большого круга, про-

ходящего через Солнце и ядро кометы:

$$\sin(\alpha_0 - \alpha) \operatorname{tg} \delta_{\odot} = \sin(\alpha - \alpha_{\odot}) \operatorname{tg} \delta_{\odot} - \sin(\alpha_0 - \alpha) \operatorname{tg} \delta,$$

где α_{\odot} , δ_{\odot} — координаты Солнца по Ежегоднику.

Позиционные углы отсчитываются от направления на север через восток: $p = 0^{\circ}$ — хвост направлен на север, $p = 90^{\circ}$ — на восток, $p = 180^{\circ}$ — на юг, $p = 270^{\circ}$ — на запад.

Любителям астрономии под силу проведение и фотографических наблюдений кометы Галлея. С помощью любой фотографической камеры («Зенит», «ФЭД», «Киев», «Салют», «Ленинград», «Любитель» и др.) при полностью открытом отверстии можно получить прекрасные фотографии хвоста кометы со сравнительно небольшими выдержками (не более 30 с), чтобы избежать заметного смещения кометы и звезд на негативе. Для фотографирования комет следует использовать наиболее чувствительные типы пленок (250—350 единиц ГОСТа), и в случае небольших экспозиций (несколько секунд) проявлять пленки необходимо в чувствительных проявителях (например, подогретых фенидоновых проявителях). Для получения на негативе более слабых деталей хвостов необходимы выдержки в несколько минут. А это уже требует обязательного гидрирования. С этой целью фотоаппарат необходимо укрепить на экваториальной установке, например, школьного телескопа, и осуществлять гидрирование вокруг часовой оси, пользуясь трубой телескопа как гидом. При отсутствии креста нитей можно держать какую-либо звезду вблизи края поля зрения телескопа или наводить ее на какой-нибудь приметный дефект на объективе, видимый в окуляр. После фотографирования кометы (обязательно нужно сделать несколько снимков) на ту же пленку следует внефокально снять звезду, находящуюся на том же зенитном расстоянии, что и комета (звезду желательно выбрать класса F, G или K); звезду следует фотографировать несколько раз с разными экспозициями, увеличивая каждую последующую экспозицию в 2 раза по сравнению с предыдущей: 1, 2, 4, 8 с и т. д. Этот ряд внефокальных звездных изображений будет служить калибровочными марками для построения характеристической кривой эмульсии. Такая стандартизация и калибровка позволяют провести научную обработку полученного негатива кометы.

Если есть возможность перемещать фотоаппарат за суточным движением небосвода (параллактическая установка с моторчиком), то желательно, кроме съемок в интегральном свете, также фотографировать комету через различные фильтры (типа УФС, ОС, ЖС и др.). Это позволяет исследовать комету в более узких спектральных областях, в которых свечение кометы определяется излучением какого-либо одного сорта молекул (CN , C_2 , C_3). А по монохроматическим распределениям яркости в комете можно определить ряд физических параметров кометной атмосферы (скорости и ускорения частиц, времена их существования в поле солнечной радиации).

Для выяснения картины физических процессов, происходящих в ядрах и атмосферах комет, необходимо получить данные об интегральной яркости и цвете, форме, распределении относительной и абсолютной интенсивности по поверхности, о размерах объекта в интегральном свете и монохроматических излучениях.

Фотографическая фотометрия комет как протяженных объектов характеризуется следующими особенностями: 1) отсчеты при измерении поверхностной яркости отличаются высокой стабильностью, за исключением измерения деталей, сравнимых по величине с радиусом кружка рассеяния или абберационного кружка, на которых сказывается влияние структуры изображения; 2) почти не играют роли ошибки поля, исключая виньетирование, но ошибки пластинок остаются; 3) при измерениях существенно сказывается влияние хроматической абберации; 4) влияние фона устраняется, так как измеренная плотность негатива соответствует суммарному воздействию засветки от неба и объекта. При измерениях на микрофотометре необходим правильный выбор диафрагмы. Щель должна быть небольшой, но не меньше радиуса рассеяния или среднего расстояния между зернами эмульсии. Применение большей щели может существенно уменьшить влияние зернистости эмульсии («гранулярного» шума). Так как интегрирование по плотности не эквивалентно интегрированию по интенсивности, размеры щели должны быть несколько меньше деталей объекта.

Интегральные звездные величины кометы находятся путем суммирования яркостей площадок, расположенных вдоль последовательных фотометрических разрезов, что является довольно трудоемким процессом,

особенно для таких протяженных объектов как кометы, занимающие порой большие площади.

Распределение яркости в комете и ее структура нагляднее всего представляются при помощи замкнутых кривых одинаковой яркости, называемых изофотами. При наличии калибровки и стандартизации интегральная яркость кометы может быть получена суммированием интенсивностей по площадям изофот.

Очень эффективным при построении детальной картины изофот оказался метод эквиденсит, принцип которого основан на фотографическом эффекте обращения Сабатье. Суть метода состоит в следующем. На контрастную фотопластинку (особенно хорошо для этой цели использовать пластинки фирмы «Орво» FU-5) накладывается исследуемый негатив кометы и производится его засветка (начиная с небольших экспозиций в 10 — 15 с) от источника, создающего равномерную освещенность ~ 30 люкс. Затем пластинка проявляется 45 с в контрастном проявителе, после чего процесс проявления прерывается, пластинка моется в течение 1 мин и затем вторично подвергается засветке (пластинка лежит в кювете с водой) экспозицией 10 с от того же источника. После этого пластинка проявляется вновь до полного проявления (2 — 3 мин), моется 1 мин и фиксируется. На пластинке образуется негативное изображение широкой внешней эквиденситы 1-й ступени, повторяющей контуры кометы. Из эквиденситы первой ступени делается 2-я ступень: засветка 120 с, первое проявление 45 с, промывка 1 мин; вторая засветка 20 с, второе проявление, промывка, фиксирование и окончательная промывка. В результате такой обработки эквиденсита 1-й ступени разделяется на две более узкие эквиденситы. Можно также получить четыре эквиденситы 3-й ступени из эквиденсит 2-й ступени. Меняя первые экспозиции для получения эквиденсит 1-й ступени, равномерно покрывают все изображение кометы достаточно узкими линиями равной плотности, а следовательно, и равной яркости, которая определяется по характеристической кривой. Обычно на построение детальной картины изофот яркой кометы затрачивается очень много времени (несколько дней, а то и недель). Метод эквиденсит позволяет получить детальную картину изофот яркой кометы за несколько часов.

Прикрепив к объективу фотоаппарата поляриод, можно получить снимки кометы в поляризованном све-

те, поворачивая поляриод после каждой экспозиции на угол 60° (достаточно три положения). Определив интенсивности J_1, J_2, J_3 путем фотометрии, можно вычислить степень поляризации и плоскость преимущественного колебания светового вектора по формулам В. Г. Фесенкова:

$$p = \frac{\sqrt{3A^2 + B^2}}{C}, \quad \operatorname{tg} 2\alpha = \sqrt{3} \frac{A}{B},$$

$$A = J_1 - J_2, \quad B = 2J_1 - J_2 - J_3, \quad C = J_1 + J_2 - J_3;$$

здесь p — коэффициент поляризации, α — угол преимущественного колебания светового вектора. Особенно важно провести подобные наблюдения поляризации кометы при ее малых фазовых углах. Как показали исследования О. В. Добровольского, Н. Н. Киселева и Г. П. Черновой, степень поляризации при угле фазы, равном 20° , стремится к 0 %, затем она начинает возрастать и достигает максимума между фазовыми углами от 20° до 0° , — именно в этот период у кометы наблюдается аномальная ветвь поляризации, характеризующаяся поворотом плоскости поляризации на 90° относительно плоскости рассеяния. При фазовом угле 0° степень поляризации также становится равной 0° . Исследование характера аномальной поляризации кометы Галлея при малых фазовых углах позволит судить о физических и минералогических свойствах поверхностного слоя ядра кометы.

Визуальные и фотографические наблюдения кометы Галлея, которые будут проведены любителями астрономии в СССР, позволяет значительно расширить фонд наблюдений этой кометы. Использование данных любительских наблюдений, наряду с наблюдениями кометы, проведенными на астрономических обсерваториях, с борта орбитальных космических лабораторий, с космических аппаратов «Вега-1», «Вега-2», «Джотто» и «Планета-А» дадут возможность составить наиболее полную картину развития активных процессов в ядре, голове, хвосте кометы, получить представление об изменениях ее яркости с изменением гелиоцентрического расстояния, о возбуждении различных молекулярных, атомных и ионных эмиссий в атмосфере кометы, о ее взаимодействии с межпланетной средой и солнечным ветром и о многом другом.

НОВЫЕ СТРАНИЦЫ ИСТОРИИ КОМЕТЫ ГАЛЛЕЯ

Не забуду комету, что неожиданно явилась с севера, полыхая в небесах..

Уолт Уитмен (1859—1860)

Астрономы всего мира прекрасно понимали важность как можно более раннего переоткрытия кометы Галлея при ее предстоящем появлении. Ведь первые точные положения возвращающейся к Солнцу кометы сразу позволят существенно уточнить элементы ее орбиты и, в первую очередь, момент прохождения кометой перигелия, от чего зависят даты запусков к комете космических зондов. Конечно, речь могла идти только о попытках наблюдений еще предельно слабой кометы Галлея с помощью самых крупных телескопов.

Одна из первых попыток раннего обнаружения кометы Галлея была предпринята 17 ноября 1977 г. с помощью пятиметрового телескопа обсерватории Маунт Паломар. Однако несмотря на новейшую высокочувствительную приемную электрографическую аппаратуру комету обнаружить не удалось. Тем не менее поиски продолжались, а в 1982 г. к ним подключились советские астрономы, используя для этой цели 6-метровый телескоп Специальной астрофизической обсерватории АН СССР, расположенной на Северном Кавказе вблизи поселка Нижний Архыз. На полученных И. Д. Караченцевым и А. Н. Щербановским астронегативах в ночь с 26 на 27 января 1982 г. хорошо были видны изображения звезд до $\sim 23^m$, но сама комета Галлея была в этот момент намного слабее этих звезд.

Единственным утешением для астрономов было обнаружение в этой области неба слабого астероида, имевшего блеск $\sim 19^m$, в 100 раз более яркого, чем комета Галлея в этот момент.

Но вот, наконец, настойчивые попытки астрономов сфотографировать комету Галлея увенчались успехом. Переоткрывателями кометы Галлея в настоящем, 30-м, ее появлении оказались молодые астрономы из Калифорнийского технологического института в США Давид Джюитт и Эдвардс Даниельсон, которые первыми получили ее негативные изображения 16 октября 1982 г. с помощью 5-метрового телескопа обсерватории Маунт Паломар. В этот день было сделано 5 экспозиций продолжительностью 6 минут каждая через широкополосный фильтр, центрированный на длину волны, равную 500 нм.

В результате машинной обработки было выявлено несколько четких изображений кометы Галлея в положениях, предсказанных наиболее точной из всех существующих эфемеридой Д. Йоманса. В момент переоткрытия комета Галлея находилась в созвездии Малого Пса и имела следующие координаты:

1982	UT	α_{1950}	δ_{1950}
Октябрь	16,47569	$7^{\text{h}}11^{\text{m}}01^{\text{s}},9$	$+9^{\circ}33'03''$
	16,49097	7 11 01,8	$+9^{\circ}33'02''$
	16,52153	7 11 01,7	$+9^{\circ}33'00''$

Визуальный блеск кометы был в это время равен $\sim 24^{\text{m}},2$, а фотографический $B = 25^{\text{m}}!$ Это рекордное достижение при фотографировании комет! Еще никогда в истории астрономии не наблюдались более слабые кометы! Комета оказалась всего в $9''$ западнее положения, предвычисленного Йомансом.

На рис. 103 показаны положения кометы (крестики) относительно эфемериды кометы Галлея (прямая линия), исправленной по первому наблюдению (крестик в начале координат); на рис. 104 в кружке хорошо видно изображение кометы Галлея, находящейся в окружении слабых звезд из созвездия Малого Пса. Самая яркая звезда на приведенной фотографии (на ее нижнем срезе справа) имеет блеск $\sim 8^{\text{m}}$; ее изображение вышло передержанным, с характерными для передержек лучами. В момент переоткрытия комета находилась на расстояниях 11,04 а. е. от Солнца и 10,93 а. е. от Земли. Ошибка в предсказании ее положения Йомансом составляла примерно 70 000 км.

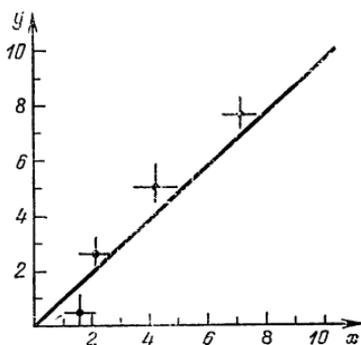


Рис. 103. Наблюдаемые (крестики) и теоретические (сплошная линия) положения кометы Галлея во время переоткрытия в 1982 г.

Если предположить, что альbedo ледяного ядра кометы Галлея такое же, как у спутников Сатурна, т. е. $\sim 0,5$, то для того, чтобы мы видели только отраженный от ядра солнечный свет, определяющий на таком большом расстоянии визуальную звездную величину кометы $V = 24^{\text{m}},2$, необходимо, чтобы радиус ядра кометы Гал-

ля был равен $\sim 1,4 \pm 0,2$ км. Если же мы видим также свет, переизлученный уже образовавшейся вокруг ядра атмосферой, то радиус ядра кометы Галлея должен быть и того меньше. Скорее всего это действительно так, поскольку при предыдущем появлении кометы ее ядро не удалось увидеть на фоне солнечного диска, по которому ядро проходило 19 мая 1910 г. Таким образом, можно предполагать, что уже в момент настоящего пере-

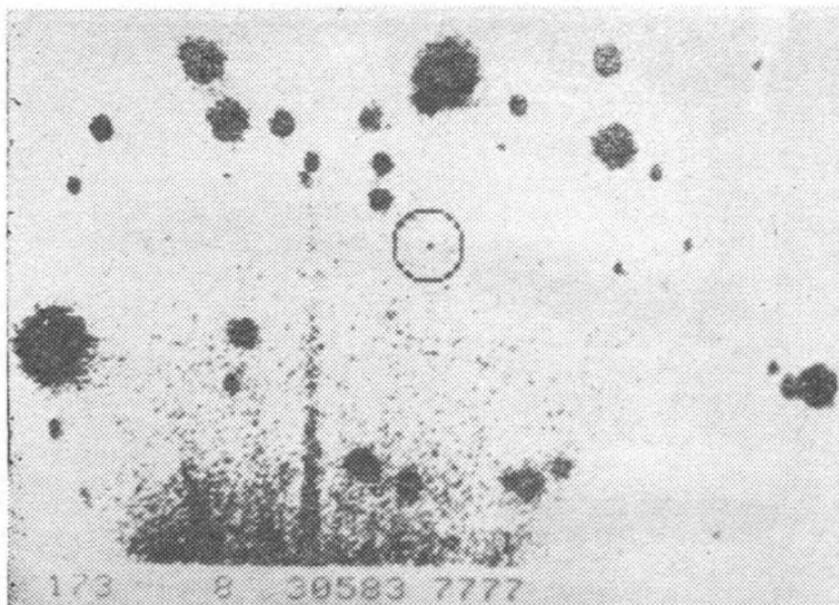


Рис. 104. Первое изображение кометы Галлея, полученное 16 октября 1982 г.

открытия ядро кометы Галлея было окружено газовой атмосферой.

М. Белтон и Х. Батчер на Национальной обсерватории Китт Пик (США) подтвердили переоткрытие Джюиттом и Даниельсоном кометы Галлея: 18 и 20 октября они получили четкие изображения кометы, блеск которой в визуальных лучах также был меньше 24^m . В тот же день, когда комету Галлея обнаружили паломарские астрономы, ее сфотографировала группа астрономов, наблюдавших на большом Канадско-французско-гавайском телескопе (Гавайские острова) с помощью

электрографической камеры. В период с 16 октября по 16 ноября они получили пять точных положений кометы:

	1982	UT	α_{1950}	δ_{1950}
Октябрь	16,5799		$7^{\text{h}}11^{\text{m}}01^{\text{s}},18$	$+9^{\circ}31'11''7$
	17,5532		7 10 57,12	$+9 32 00,3$
Ноябрь	15,5576		7 06 01,03	$+9 09 22,3$
	16,4896		7 05 45,77	$+9 08 56,0$
	16,5854		7 05 44,27	$+9 08 54,9$

Комета Галлея по их оценкам имела блеск $V \approx \approx 24^{\text{m}},6 \pm 0^{\text{m}},4$.

10 декабря 1982 г. комету Галлея уже сфотографировали с помощью более «скромного» 1,5-метрового рефлектора и специальной электрографической аппаратуры (прибора зарядовой связи — ПЗС-матрицы) Х. Педерсен и Р. Вест на Европейской южной обсерватории на горе Ла Силла в Чили. Визуальная звездная величина кометы оказалась равной $V = 24^{\text{m}},7 \pm 0^{\text{m}},3$. 13 декабря комету вновь сфотографировали Белтон и Батчер на Китт Пик: $V = 24^{\text{m}},0 \pm 0^{\text{m}},2$.

14 января 1983 г. комету Галлея фотографировал Педерсен на том же инструменте через фильтр для области длин волн 400—700 нм. По этому астрофотографию Вест оценил визуальная величину $V = 23^{\text{m}},5 \pm 0^{\text{m}},3$. Точное положение кометы Галлея (первое в 1983 г.):

	1983	UT	α_{1950}	δ_{1950}
Январь	14,25508		$6^{\text{h}}42^{\text{m}}02^{\text{s}},18$	$+9^{\circ}20'12''9$

Как показали первые наблюдения кометы Галлея, блеск ее заметно меняется, несмотря на огромную удаленность от Солнца. Правда, оценки блеска такой слабой кометы могут содержать значительные ошибки. Тем не менее, если это реальные изменения блеска, то, по видимому, они вызваны активностью кометы, связанной с усилением сублимации наиболее летучей компоненты ее ледяного ядра или с прохождением кометы через спорадический метеорный рой неизвестного происхождения.

В сентябре 1983 г. были получены фотографии кометы Галлея с помощью шестиметрового телескопа Специальной астрофизической обсерватории АН СССР на

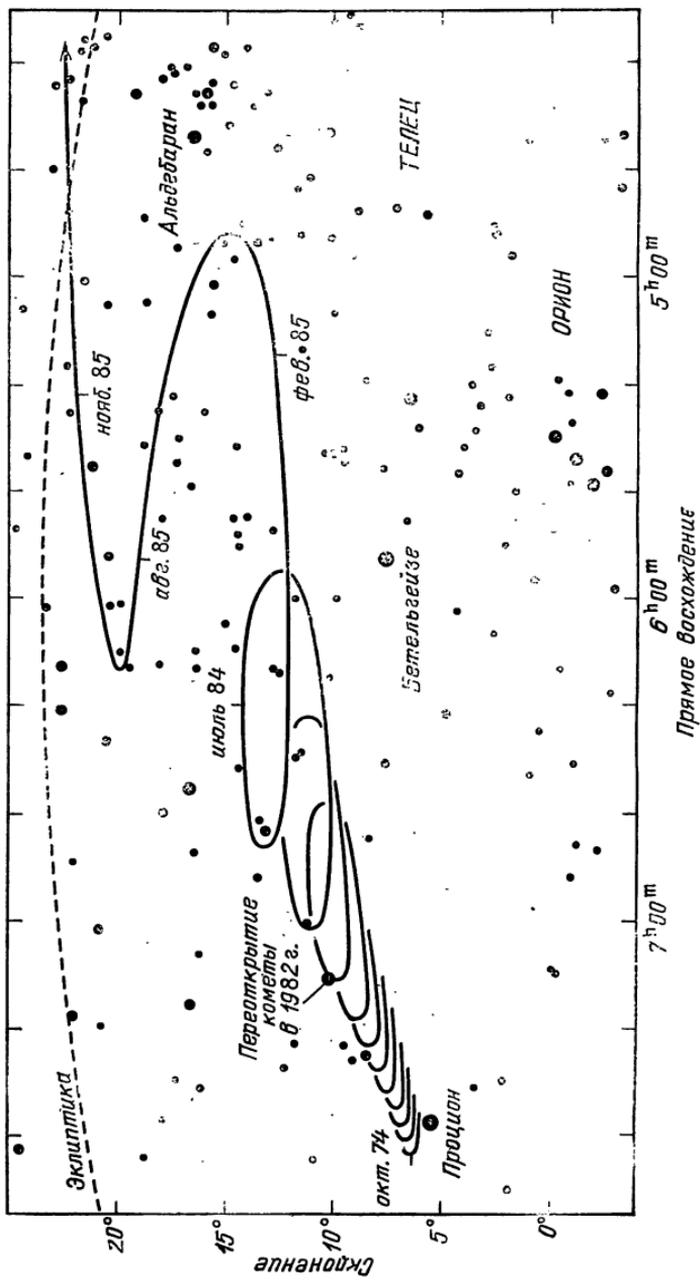


Рис. 105. Путь кометы Галлея по небесной сфере с 1974 по 1985 годы.

Северном Кавказе. Комета была сфотографирована наблюдателем И. Д. Караченцевым и отождествлена на пластинках как слабый объект $\sim 24^m$ Г. К. Назарчук и Ю. А. Шокиным.

В момент переоткрытия комета была в 50 миллионов раз слабее, чем самые слабые звезды, видимые невооруженным глазом, в 1600 раз слабее, чем при переоткрытии ее М. Вольфом в 1909 г. Интересно отметить, что если комету Галлея в 1758 г. переоткрыли за 67 дней до перигелия, в 1835 — за 105 дней, в 1909 г. — за 220 дней, то в настоящем появлении она была переоткрыта за 1213 дней до перигелия!

На рис. 105 изображен путь кометы Галлея с октября 1974 г. по конец 1985 г. на небесной сфере. Этот путь состоит из 11 все расширяющихся петель, отражающих годичное движение Земли по ее орбите и постепенное приближение кометы Галлея к Солнцу, и проходит по созвездиям Малого Пса, Близнецов, Единорога, Ориона и Тельца. На девятом витке этого пути комета Галлея была переоткрыта. В 1985 г. очередной виток кометы уже не замкнется и она начнет стремительно перемещаться по небесной сфере, приближаясь к перигелию (рис. 106).

В 1982 г. было переоткрыто 11 периодических комет и открыта одна новая комета. Комета Галлея в этом списке стоит девятой — поэтому она получила предварительное обозначение кометы 1982 i. Окончательное обозначение она получит только в 1987 или 1988 годах, когда станет ясно, какой по счету среди открытых и переоткрытых комет в 1986 г. комета Галлея пройдет перигелий орбиты.

Д. Йоманс, используя точные положения кометы Галлея при ее очередном, тридцатом появлении, а также точные положения кометы при ее двух предыдущих появлениях (всего 625 наблюдений в интервале 1835

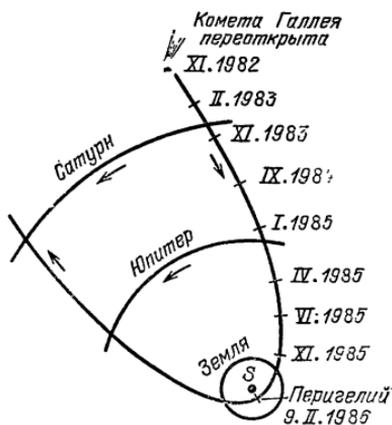


Рис. 106. Положение кометы Галлея на орбите (1982—1986).

авг. 21 — 1982 дек. 10), получил новую систему орбитальных элементов кометы:

$$\begin{array}{l} T=1986 \text{ февраль } 9,44394 \text{ ЭВ} \quad \text{Эпоха}=1986 \text{ февраль } 19,0 \\ \omega=111^{\circ},84804 \quad \left. \begin{array}{l} \\ \\ \end{array} \right\} 1950,0 \quad \begin{array}{l} e=0,9672759 \\ a=17,94104 \text{ а. е.} \\ n^{\circ}=0,01296978 \end{array} \\ \Omega=58^{\circ},14538 \\ i=162^{\circ},23930 \\ q=0,5871045 \text{ а. е.} \quad P=76 \text{ лет.} \end{array}$$

Таким образом, комета Галлея по уточненным Йомансом элементам ее орбиты должна пройти ближайшую от Солнца точку своей орбиты 9 февраля 1986 г. в 14 часов 39 минут по московскому (зимнему) времени. Точные положения кометы Галлея, полученные в 1984, 1985 и начале 1986 гг. на обсерваториях всего мира, в том числе и на советских, позволят вывести еще более точные элементы ее орбиты. А это будет способствовать успешному осуществлению всех полетов космических зондов к ядру кометы Галлея.

Сейчас ведутся непрерывные наблюдения кометы с помощью самых крупных и светосильных телескопов. Но в конце 1985, в начале 1986 гг., а также и после прохождения кометой перигелия заинтересовавшиеся читатели смогут разглядеть ее на небе.

Жители всей нашей планеты будут с захватывающим интересом следить за экспериментом века в космосе — научным «десантом» к комете Галлея в марте 1986 г. В связи с этим можно понять разочарование американских ученых, которым Конгресс отказал в финансировании проекта посылки космического зонда к ядру кометы Галлея, разработанного НАСА. Астронавт Э. Гибсон считает, что для американских ученых это означает более, чем утрата престижа. Вот что он пишет по этому поводу в журнале «Астрономи»: «Мы хотим понять мир, в котором мы живем, и место, которое мы в нем занимаем... Каждая великая нация в эпоху расцвета шла и исследовала новые миры. Когда поток открытий прекращался, нация начинала двигаться к упадку».

Итак, написаны первые страницы современной летописи кометы Галлея. Можно надеяться, что осуществление программы наземного наблюдения и космического зондирования позволит раскрыть многие тайны комет.

ПРИЛОЖЕНИЯ

КОМЕТА ГАЛЛЕЯ И ДРУГИЕ ПЕРИОДИЧЕСКИЕ КОМЕТЫ, ВОЗВРАЩЕНИЕ КОТОРЫХ
К СОЛНЦУ НАБЛЮДАЛОСЬ

Комета	T	P	q	e	ω	Ω	i	Q	n
Энке	1980,93	3,30	0,340	0,847	186°,0	334°,2	11°,9	4,10	52
Григга — Шеллерупа	1982,37	5,09	0,989	0,666	359,3	212,6	21,1	4,93	14
Дю Туа — Хартли	1982,24	5,20	1,195	0,602	251,7	308,6	2,9	4,81	2
Хонда — Мркос — Пайдлуша- ковой	1980,28	5,28	0,581	0,809	184,6	232,9	13,1	5,49	6
Темпеля-2	1983,42	5,29	1,381	0,545	190,9	119,2	12,4	4,69	17
Швассмана — Вахмана-3	1979,67	5,38	0,941	0,694	198,7	69,3	11,4	5,20	2
Неумина-2	1927,04	5,43	1,338	0,557	193,7	328,0	10,6	4,84	2
Брорзена	1879,24	5,46	0,590	0,810	14,9	102,3	29,4	5,61	5
Темпеля-1	1978,03	5,50	1,497	0,520	179,1	68,3	10,5	4,73	6
Кларка	1978,90	5,51	1,557	0,501	209,0	59,1	9,5	4,68	2
Туттля — Джакобини — Кре- сака	1978,98	5,58	1,124	0,643	49,4	153,3	9,9	5,17	6
Темпеля — Свифта	1908,76	5,68	1,153	0,638	113,5	291,1	5,4	5,22	4
Виртанена	1974,51	5,87	1,256	0,614	351,8	83,5	12,3	5,26	5
Веста — Когоутека — Икемуры	1981,28	6,12	1,401	0,581	358,1	84,6	30,1	5,29	2
Когоутека	1981,29	6,24	1,571	0,537	169,9	273,1	5,4	5,21	2
Форбса	1980,73	6,27	1,479	0,565	262,6	23,0	4,7	5,32	6

Дю Туа — Неуймина — Дель-порта	1970,77	6,30	1,672	0,510	114,3	189,2	2,8	5,15	2
Де Вико — Свифта	1965,31	6,31	1,624	0,524	325,4	24,4	3,6	5,21	3
Понса — Виннеке	1976,91	6,36	1,254	0,635	172,4	92,7	22,3	5,61	18
Д'Арре	1982,70	6,38	1,291	0,625	177,0	138,9	19,4	5,59	14
Копфа	1977,18	6,43	1,572	0,545	162,9	120,3	4,7	5,34	11
Швассмана — Вахмана-2	1981,21	6,50	2,135	0,387	357,5	125,9	3,7	4,83	9
Джакобини — Циннера	1979,12	6,52	0,996	0,715	172,0	195,1	31,7	5,99	10
Вольфа — Хэррингтона	1978,20	6,53	1,615	0,538	187,0	254,2	18,5	5,38	6
Чурюмова — Герасименко	1982,87	6,61	1,306	0,629	11,3	50,4	7,1	5,74	3
Биелы	1852,73	6,62	0,861	0,756	223,2	247,3	12,6	6,19	6
Цыцзыньшань-1	1978,35	6,65	1,499	0,576	22,8	96,2	10,5	5,58	3
Перрайна — Мркоса	1968,84	6,72	1,272	0,643	166,1	240,2	17,8	5,85	5
Реймута-2	1981,08	6,74	1,946	0,455	45,4	296,0	7,0	5,19	6
Джонсона	1977,02	6,76	2,196	0,386	206,2	117,8	13,9	4,96	5
Борелли	1981,14	6,77	1,319	0,631	352,8	75,1	30,2	5,84	10
Гунна	1982,90	6,82	2,459	0,316	197,0	67,9	10,4	4,74	3
Цыцзыньшань-2	1978,72	6,83	1,785	0,504	203,2	287,6	6,7	5,41	3
Аренда — Риго	1978,09	6,83	1,442	0,600	329,0	121,5	17,9	5,76	5
Хэррингтона	1980,98	6,86	1,605	0,556	233,0	119,0	8,7	5,62	3
Брукса-2	1980,90	6,90	1,850	0,490	198,2	176,2	5,5	5,40	12
Тейлора	1977,03	6,97	1,951	0,465	355,6	108,2	20,6	5,35	2
Финлея	1981,47	6,97	1,101	0,698	322,1	41,8	3,6	6,20	10
Лонгмора	1981,81	6,98	2,400	0,343	195,9	15,0	24,4	4,90	2
Холмса	1979,14	7,06	2,160	0,413	23,6	327,4	19,2	5,20	6

Комета	T	P	q	e	ω	Ω	i	Q	n
Даниеля	1978,52	7,09	1,662	0,550	10°,8	68°,5	20°,1	5,72	6
Шайн — Шалдех	1979,02	7,25	2,223	0,407	215,3	167,2	6,2	5,27	3
Фая	1977,16	7,39	1,610	0,576	203,7	199,1	9,1	5,98	17
Ашбука — Джексона	1978,63	7,43	2,284	0,400	349,0	2,1	12,5	5,33	5
Уиппла	1978,24	7,44	2,469	0,352	190,0	188,3	10,2	5,15	7
Хэрингтона — Абея	1976,31	7,59	1,776	0,540	133,5	336,8	10,2	5,95	4
Рейнмута-1	1980,83	7,59	1,982	0,487	9,5	121,1	8,3	5,75	7
Кодзима	1978,39	7,85	2,399	0,393	348,6	154,1	0,9	5,50	2
Отерма	1958,44	7,88	3,388	0,144	354,9	155,1	4,0	4,53	3
Герельса-2	1981,88	7,98	2,362	0,408	183,5	215,5	6,7	5,62	2
Аренда	1975,39	7,98	1,847	0,538	46,9	355,7	20,0	6,14	4
Петерса — Харгли	1982,35	8,12	1,627	0,598	338,8	259,3	29,8	6,46	2
Шомасса	1960,30	8,18	1,196	0,705	51,9	86,2	12,9	6,92	6
Джексона — Неуймина	1978,98	8,37	1,425	0,654	196,3	163,1	14,1	6,82	3
Вольфа	1976,07	8,42	2,501	0,396	161,1	203,8	27,3	5,78	12
Комас Сола	1978,73	8,94	1,870	0,566	42,8	62,4	13,0	6,74	7
Кирна — Кви	1981,92	8,99	2,224	0,486	131,4	315,3	9,0	6,42	3
Деннинга — Фудэнкава	1978,75	9,01	0,779	0,820	334,0	41,0	8,7	7,88	2
Свифта — Герельса	1981,91	9,26	1,361	0,691	84,5	314,0	9,2	7,46	3
Неуймина-3	1972,37	10,6	1,976	0,590	146,9	150,2	3,9	7,66	3

Вайсяля-1	1982,58	10,9	1,800	0,633	47,9	134,5	11,6	8,02	5
Клемола	1976,61	10,9	1,766	0,642	148,9	181,6	10,6	8,09	2
Гейла	1938,46	11,0	1,183	0,761	209,1	67,3	11,7	8,70	2
Слогера — Бернхема	1981,88	11,6	2,544	0,504	44,2	345,9	8,2	7,71	3
Ван Бисбрука	1978,92	12,4	2,395	0,553	134,3	148,6	6,6	8,31	3
Вилда-1	1973,50	13,3	1,981	0,647	167,9	358,2	19,9	9,24	2
Туттля	1980,95	13,7	1,015	0,823	206,9	269,9	54,5	10,4	10
Дю Туа	1974,25	15,0	1,294	0,787	257,2	22,1	18,7	10,9	2
Швассмана — Вахмана-1	1974,13	15,0	5,448	0,105	14,5	319,6	9,7	6,73	4
Неуймина-1	1966,94	17,9	1,543	0,775	346,8	347,2	15,0	12,2	4
Кроммелина	1956,82	27,9	0,743	0,919	196,0	250,4	28,9	17,6	4
Темпеля — Туттля	1965,33	32,9	0,982	0,904	172,6	234,4	162,7	19,6	4
Стефана — Огерма	1980,93	37,7	1,574	0,860	358,2	78,5	18,0	20,9	3
Вестфала	1913,90	61,9	1,254	0,920	57,1	347,3	40,9	30,0	2
Ольберса	1956,47	69,6	1,178	0,930	64,6	85,4	44,6	32,7	3
Дюкса — Брукса	1954,39	70,9	0,774	0,955	199,0	255,2	74,2	33,5	3
Брорзена — Мелкофа	1919,79	72,0	0,484	0,972	129,6	311,2	19,2	34,1	2
Галлея	1910,30	76,1	0,587	0,967	111,7	57,8	162,2	35,3	29
Гершеля — Риголе	1939,60	155	0,748	0,974	29,3	355,3	64,2	56,9	2

В Приложении I приведены следующие данные о периодических кометах: T — момент прохождения через перигелий при последнем наблюдавшемся появлении, P — период обращения в годах, q — перигелийное расстояние в а. е., e — эксцентриситет, ω — аргумент перигелия, Ω — долгота восходящего узла, i — наклонение орбиты, Q — афелийное расстояние и n — число наблюдавшихся возвращений к перигелию.

ЭФЕМЕРИДЫ КОМЕТЫ ГАЛЛЕЯ ВО ВСЕХ ИЗВЕСТНЫХ
НАУКЕ ПОЯВЛЕНИЯХ

Эфемериды вычислены Н. А. Беляевым в Институте теоретической астрономии АН СССР на ЭВМ БЭСМ-6 на основе элементов для каждого появления из Каталога кометных орбит Б. Марсдена (4-е издание). Вычисления проведены без учета возмущений от больших планет. Координаты Земли (Солнца), необходимые для эфемерид, вычислялись по программам Н. И. Глебовой.

Видимый блеск кометы, приведенный в последней колонке (в звездных величинах) дается по-разному для двух групп появлений. До 1531 г. эта величина вычислялась по формуле:

$$m = H_{10} + 5 \lg(\Delta) + 10 \lg(R),$$

где абсолютная звездная величина H_{10} кометы принята равной нулю, R — гелиоцентрическое расстояние кометы (а. е.), Δ — геоцентрическое расстояние кометы (а. е.).

Таким образом, приводимый для этих появлений блеск кометы — это чисто условная величина, которой нужно пользоваться очень осторожно, помня, что абсолютная величина кометы H_{10} (т. е. приведенная к единичному расстоянию от Земли и Солнца) принята равной нулю. Чтобы получить видимую звездную величину для этих появлений, необходимо к условной величине m в последней колонке эфемерид прибавить абсолютную звездную величину из прилагаемой таблицы, а начиная с появления 1531 г. формула для вычисления видимого блеска кометы приводится перед эфемеридой. Абсолютные звездные величины кометы Галлея H_{10} взяты из монографии С. К. Всехсвятского «Физические характеристики комет» и приведены в прилагаемой таблице для появлений, начиная с 760 г. Для остальных появлений таких величин нет. Необходимо, однако, помнить, что и приведенные в таблице значения абсолютных величин кометы Галлея весьма ненадежны, особенно для далеких от нашего времени появлений.

С 240 г. до н. э. и до появления 1759 г. эфемериды приводятся с начала месяца, в котором открыта комета, и до конца месяца, в котором она наблюдалась последний раз. С 1759 г. ограничения эфемериды по датам, как правило, совпадают с моментами первого и последнего наблюдения в данном появлении. Шаг эфемериды, как правило, пять суток, точность всех величин — единица последнего знака.

Абсолютные звездные величины (H_{10}) кометы Галлея
при разных появлениях

Появление (год)	H_{10}	Появление (год)	H_{10}
760	2^m	1378	$3-4^m$
837	2	1456	4,2
912	1,7	1531	4
989	3-4	1607	3,5
1066	-1 -0	1682	4
1145	1 -3	1759 I	3,8
1222	(?)	1835 III	4,4
1301	3	1910 II	4,6

240 г. до н. э.

		Прямое восхождение *)	Склонение *)	Δ	R	\bar{m}
Май	4	2 ^h 34 ^m ,1	20° 15			
	9	2 39,2	22 18	1,22	0,68	-1 ^m ,2
	14	2 48,4	25 8			
	19	3 6,8	29 17	0,84	0,60	-2,6
	24	3 46,2	35 24			
	29	5 14,5	42 38	0,51	0,59	-3,7
Июнь	3	7 46,5	42 28			
	8	9 45,4	31 17	0,53	0,65	-3,2
	13	10 42,7	20 49			
	18	11 11,1	13 59	0,86	0,77	-1,4
	23	11 27,2	9 33			
	28	11 37,5	6 29	1,23	0,92	0,1

*) Экватор и равноденствие 1950,0.

163 г. до н. э.

		Прямое восхождение	Склонение	Δ	R	\bar{m}
Сентябрь	8	5 ^h 38 ^m ,5	16° 49'			
	13	5 26,3	16 51	0,54	1,33	-0 ^m ,1
	18	4 59,6	16 45			
	23	3 45,6	15 24	0,20	1,17	-2,7
	28	23 47,1	1 47			
Октябрь	3	20 41,4	-11 6	0,24	1,02	-3,0
	8	19 45,5	-13 49			
	13	19 21,4	-14 44	0,57	0,87	-1,8
	18	19 7,4	-15 13			
	23	18 57,1	-15 34	0,90	0,73	-1,5
	28	18 48,2	-15 53			
Ноябрь	2	18 39,6	-16 12	1,20	0,62	-1,6
	7	18 30,9	-16 35			
	12	18 21,9	-17 1	1,44	0,58	-1,5
	17	18 12,7	-17 30			
	22	18 3,8	-18 1	1,58	0,62	-1,1
	27	17 55,2	-18 33			
Декабрь	2	17 47,0	-19 7	1,63	0,72	-0,4
	7	17 39,2	-19 41			
	12	17 31,6	-20 16	1,61	0,85	0,4
	17	17 23,9	-20 52			
	22	17 15,8	-21 28	1,52	1,00	0,9
	27	17 7,0	-22 5			

87 г. до н. э.

	Прямое восхождение	Склонение	Δ	R	\bar{m}	
Август	1	12 ^h 6 ^m ,3	20° 23'			
	6	13 1,4	9 30	0,66	0,58	-3 ^m ,2
	11	13 27,4	2 53			
	16	13 40,0	-1 11	1,05	0,62	-2,0
	21	13 46,2	-3 54			
	26	13 49,3	-5 51	1,41	0,72	-0,7
	31	13 50,9	-7 20			
Сентябрь	5	13 51,8	-8 32	1,72	0,85	0,5
	10	13 52,4	-9 32			
	15	13 52,9	-10 25	1,96	1,00	1,5
	20	13 53,3	-11 13			
	25	13 53,7	-11 56	2,15	1,16	2,3
	30	13 54,1	-12 36			

12 г. до н. э.

	Прямое восхождение	Склонение	Δ	R	\bar{m}	
Август	2	5 ^h 39 ^m ,9	20° 30'	1,46	1,47	2 ^m ,5
	7	5 45,1	21 4			
	12	5 50,9	21 49	1,10	1,32	1,4
	17	5 58,2	22 50			
	22	6 8,3	24 20	0,72	1,16	-0,0
	27	6 24,7	26 48			
Сентябрь	1	7 0,2	31 34	0,35	1,01	-2,2
	6	9 5,5	41 2			
	11	14 24,9	21 17	0,17	0,86	-4,5
	16	16 5,1	-0 6			
	21	16 33,1	-7 8	0,51	0,72	-2,8
26	16 43,5	-10 24				
Октябрь	1	16 46,6	-12 20	0,90	0,62	-2,3
	6	16 45,6	-13 40			
	11	16 42,3	-14 43	1,25	0,58	-1,8
	16	16 37,4	-15 34			
	21	16 32,0	-16 20	1,52	0,62	-1,1
	26	16 26,4	-17 2			
	31	16 21,1	-17 40	1,70	0,73	-0,2

66 г. н. э.

		Прямое восхождение	Склонение	Δ	R	\bar{m}
Январь	5	22 ^h 7 ^m ,9	-6° 40'			
	10	21 59,2	-6 55	1,59	0,68	-0 ^m ,7
	15	21 50,3	-7 14			
	20	21 41,0	-7 39	1,57	0,60	-1,2
	25	21 31,5	-8 9			
Февраль	30	21 22,0	-8 44	1,44	0,59	-1,5
	4	21 12,8	-9 24			
	9	21 3,8	-10 8	1,23	0,66	-1,3
	14	20 54,7	-10 58			
	19	20 44,9	-11 56	0,96	0,78	-1,2
Март	24	20 33,2	-13 9			
	1	20 17,4	-14 49	0,66	0,92	-1,2
	6	19 52,5	-17 16			
	11	19 6,0	-21 10	0,37	1,07	-1,8
	16	17 23,0	-26 21			
	21	14 22,0	-23 53	0,23	1,23	-2,2
	26	12 16,0	-13 29			
	31	11 20,7	-7 0	0,46	1,38	-0,2
Апрель	5	10 54,3	-3 33			
	10	10 40,0	-1 36	0,79	1,53	1,4
	15	10 31,8	-0 24			
	20	10 27,0	0 19	1,14	1,68	2,6
	25	10 24,4	0 47			
	30	10 23,2	1 4	1,48	1,83	3,5

141 г. н. э.

		Прямое восхождение	Склонение	Δ	R	\bar{m}
Март	3	0 ^h 3 ^m ,1	5° 21'			
	8	23 57,9	5 39	1,61	0,66	-0 ^m ,7
	13	23 52,7	5 59			
	18	23 47,6	6 24	1,35	0,59	-1,6
	23	23 43,4	7 0			
Апрель	28	23 41,0	7 54	1,01	0,59	-2,2
	2	23 41,9	9 25			
	7	23 48,5	12 5	0,63	0,67	-2,7
	12	0 7,5	17 20			
	17	1 7,3	29 37	0,26	0,80	-3,9
	22	5 22,5	46 6			
Май	27	8 56,6	27 1	0,28	0,94	-3,0
	2	9 48,3	16 10			
	7	10 8,8	11 12	0,64	1,10	-0,5
	12	10 20,0	8 25			
	17	10 27,6	6 35	1,02	1,25	1,0
	22	10 33,4	5 16			
	27	10 38,2	4 13	1,38	1,41	2,2

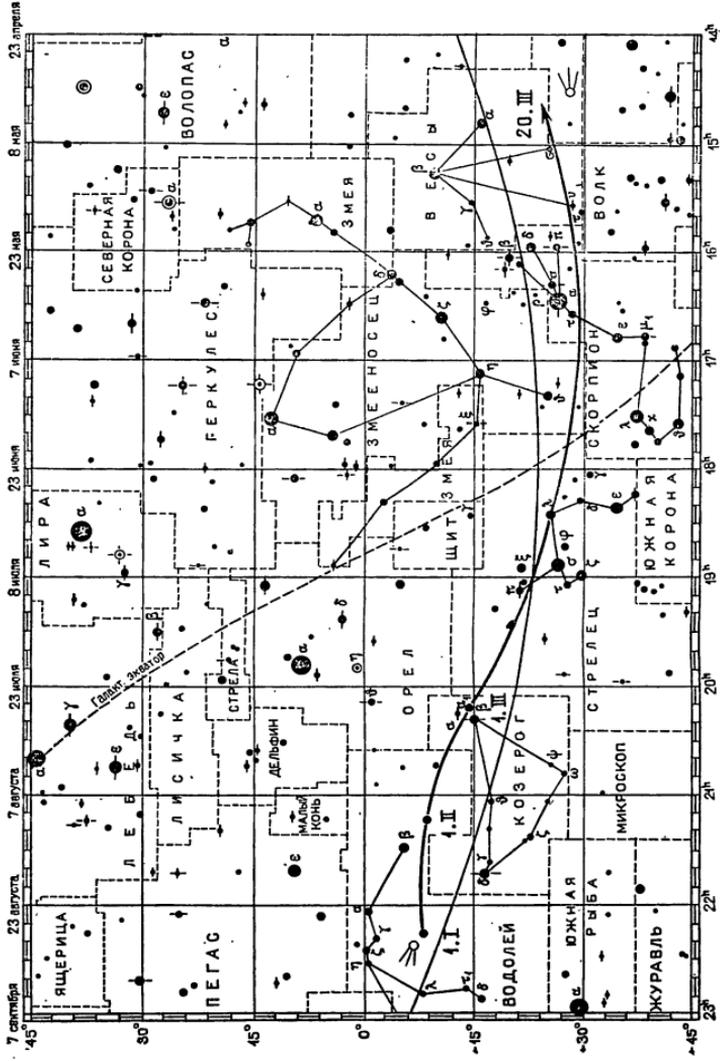


Рис. 107. Путь кометы Галлея в 86 г

218 г. н. э.

		Прямое восхождение	Склонение	Δ	R	\bar{m}
Апрель	4	2 ^h 1 ^m ,9	13° 44'			
	9	2 1,9	14 27	1,98	0,99	1 ^m ,5
	14	2 1,9	15 14			
	19	2 1,9	16 7	1,74	0,84	0,5
	24	2 2,2	17 10			
Май	29	2 3,1	18 27	1,45	0,71	-0,7
	4	2 5,5	20 7			
	9	2 10,9	22 24	1,09	0,61	-1,9
	14	2 23,1	25 45			
	19	2 50,2	30 53	0,69	0,58	-3,1
	24	3 53,0	38 20			
	29	6 8,5	43 26	0,42	0,63	-3,8

295 г. н. э.

		Прямое восхождение	Склонение	Δ	R	\bar{m}
Май	5	2 ^h 24 ^m ,7	32° 59'			
	10	4 48,2	42 26	0,32	0,71	-3 ^m ,9
	15	7 58,8	35 25			
	20	9 29,1	22 52	0,48	0,85	-2,2
	25	10 7,5	15 14			
	30	10 27,7	10 43	0,85	1,00	-0,3

374 г. н. э.

		Прямое восхождение	Склонение	Δ	R	\bar{m}
Март	2	21 ^h 49 ^m ,5	-6° 0'	1,09	0,65	-1 ^m ,7
	7	21 42,3	-6 44			
	12	21 34,8	-7 39	0,76	0,77	-1,7
	17	21 25,5	-8 55			
	22	21 10,8	-11 2	0,42	0,91	-2,2
	27	20 36,7	-15 46			
Апрель	1	17 53,2	-30 25	0,10	1,07	-4,5
	6	11 59,6	-14 37			
	11	10 54,8	-4 56	0,33	1,22	-1,5
	16	10 35,9	-1 50			
	21	10 27,9	-0 25	0,69	1,38	0,6
	26	10 24,3	0 18			
Май	1	10 22,9	0 42	1,05	1,53	2,0
	6	10 22,8	0 54			
	11	10 23,6	0 58	1,40	1,68	3,0
	16	10 24,9	0 56			
	21	10 26,7	0 50	1,74	1,82	3,8
	26	10 28,7	0 42			
	31	10 31,1	0 30	2,07	1,97	4,5

		Прямое восхождение	Склонение	Δ	R	\bar{m}
Май	2	3 ^h 9 ^m ,3	17° 45'			
	7	3 11,7	18 28	2,15	1,20	2 ^m ,5
	12	3 14,3	19 16			
	17	3 17,2	20 10	1,89	1,04	1,6
	22	3 20,5	21 13			
	27	3 24,7	22 26	1,59	0,89	0,5
Июнь	1	3 30,2	23 57			
	6	3 38,2	25 53	1,24	0,75	-0,8
	11	3 50,9	28 29			
	16	4 13,7	32 4	0,86	0,63	-2,3
	21	4 58,4	36 55			
	26	6 30,0	41 19	0,53	0,57	-3,7
Июль	1	8 58,5	37 40			
	6	10 32,5	25 35	0,56	0,59	-3,5
	11	11 24,7	15 16			
	16	11 51,0	8 40	0,90	0,69	-1,8
	21	12 5,6	4 24			
	26	12 14,7	1 29	1,28	0,82	-0,3
	31	12 20,9	-0 39			
Август	5	12 25,6	-2 18	1,62	0,97	1,0
	10	12 29,4	-3 40			
	15	12 32,6	-4 48	1,93	1,13	2,0
	20	12 35,5	-5 48			
	25	12 38,2	-6 42	2,19	1,29	2,8
	30	12 40,7	-7 31			

		Прямое восхождение	Склонение	Δ	R	\bar{m}
Август	1	5 ^h 37 ^m ,7	23° 36'			
	6	5 46,4	24 39	1,20	1,20	1 ^m ,2
	11	5 57,8	26 1			
	16	6 14,2	27 55	0,83	1,04	-0,2
	21	6 41,0	30 39			
	26	7 33,0	34 36	0,46	0,89	-2,1
	31	9 30,2	37 29			
Сентябрь	5	12 33,1	26 8	0,29	0,75	-3,9
	10	14 22,2	8 32			
	15	15 7,5	-1 10	0,58	0,63	-3,1
	20	15 27,2	-6 18			
	25	15 35,3	-9 23	0,97	0,57	-2,4
	30	15 37,3	-11 27			

607 г. н. э.

		Прямое восхождение	Склонение	Δ	R	\bar{m}
Февраль	24	23 ^h 33 ^m ,6	2° 34'	1,70	0,72	-0 ^m ,3
Март	6	23 20,8	2 27	1,30	0,58	-1,8
	16	23 7,9	2 14			
	26	22 58,7	2 15			
Апрель	5	22 58,5	3 18	0,60	0,73	-2,5
	15	23 32,5	10 5	0,20	1,02	-3,4
	25	9 24,9	13 11			
Май	5	10 11,1	4 58	0,95	1,33	-1,1
	15	10 22,6	3 2			

684 г. н. э.

		Прямое восхождение	Склонение	Δ	R	\bar{m}
Сентябрь	2	8 ^h 26 ^m ,5	38° 9'	0,36	0,87	-2,8
	12	14 2,3	15 29	0,67	0,62	-2,9
	22	15 34,9	-4 52			
Октябрь	2	15 50,3	-11 7	1,40	0,61	-1,4
	12	15 47,7	-14 11			
	22	15 40,8	-16 11			

760 г. н. э.

		Прямое восхождение	Склонение	Δ	R	\bar{m}
Май	2	1 ^h 54 ^m ,6	18° 11'	1,48	0,71	-0,6
	12	2 0,0	21 29	0,73	0,58	-3,0
	22	2 30,8	28 29			
Июнь	1	5 14,4	41 37	0,51	0,74	-2,7
	11	9 40,7	24 22			
	21	10 51,3	9 57			
Июль	1	11 15,6	3 56	1,23	1,03	0,6
	11	11 28,7	0 38	1,91	1,34	2,7
	21	11 38,1	-1 35			
	31	11 45,8	-3 20			

837 г. н. э.

		Прямое восхождение	Склонение	Δ	R	\bar{m}
Март	4	22 ^h 20 ^m ,8	-3 5'	1,33	0,58	-1 ^m ,7
	9	22 13,6	-3 42			
	14	22 7,2	-4 23	1,04	0,65	-1,7
	19	22 1,2	-5 10			
	24	21 55,4	-6 8	0,70	0,77	-1,9
	29	21 48,3	-7 33			
Апрель	3	21 36,7	-10 14	0,34	0,91	-2,7
	8	21 1,3	-18 16			
	13	13 45,2	-38 22	0,07	1,07	-5,5
	18	10 54,0	-8 48			
	23	10 33,9	-3 37	0,40	1,22	-1,1
	28	10 27,5	-1 44			

912 г. н. э.

		Прямое восхождение	Склонение	Δ	R	\bar{m}
Май	5	3 ^h 23 ^m ,9	17° 46'	2,55	1,54	3 ^m ,9
	10	3 26,5	18 21			
	15	3 29,3	18 59	2,36	1,39	3,3
	20	3 32,2	19 39			
	25	3 35,4	20 23	2,13	1,24	2,6
	30	3 38,8	21 12			
Июнь	4	3 42,6	22 7	1,86	1,08	1,7
	9	3 47,1	23 11			
	14	3 52,7	24 28	1,54	0,93	0,6
	19	3 59,9	26 3			
	24	4 10,4	28 4	1,19	0,78	-0,7
	29	4 26,8	30 47			
Июль	4	4 55,5	34 26	0,81	0,66	-2,2
	9	5 51,3	38 58			
	14	7 38,7	41 12	0,51	0,58	-3,7
	19	9 53,7	33 28			
	24	11 20,6	20 25	0,59	0,59	-3,4
	29	12 3,2	10 49			

		Прямое восхождение	Склонение	Δ	R	\bar{m}
Июль	5	4 ^h 50 ^m ,1	22° 54'			
	10	4 55,9	23 41	1,78	1,28	2 ^m ,4
	15	5 2,4	24 36			
	20	5 10,3	25 43	1,44	1,13	1,3
	25	5 20,3	27 6			
Август	30	5 33,9	28 52	1,07	0,97	0,1
	4	5 54,2	31 13			
	9	6 28,2	34 23	0,70	0,83	-1,6
	14	7 32,1	38 0			
	19	9 31,9	38 3	0,42	0,69	-3,4
	24	11 52,6	26 32			
	29	13 17,0	11 58	0,53	0,60	-3,5
Сентябрь	3	13 56,7	2 33			
	8	14 15,3	-2 55	0,90	0,58	-2,5
	13	14 23,7	-6 23			
	18	14 27,2	-8 44	1,28	0,64	-1,4
	23	14 28,3	-10 28			
Октябрь	28	14 28,3	-11 48	1,60	0,75	-0,2
	3	14 27,8	-12 54			
	8	14 27,2	-13 51	1,85	0,89	0,9
	13	14 26,6	-14 41			
	18	14 26,0	-15 27	2,04	1,05	1,8
	23	14 25,4	-16 9			
	28	14 24,9	-16 49	2,17	1,20	2,5

1066 г. н. э.

		Прямое восхождение	Склонение	Δ	R	\bar{m}
Апрель	3	22 ^h 58 ^m ,5	1° 49'			
	8	22 58,7	1 53	0,69	0,69	-2 ^m ,3
	13	23 3,3	2 18			
	18	23 18,6	3 34	0,31	0,83	-3,3
	23	0 27,8	8 55			
Май	28	8 6,7	11 21	0,10	0,98	-4,9
	3	9 41,8	4 24			
	8	10 2,5	2 42	0,47	1,14	-1,0
	13	10 12,1	1 55			
	18	10 18,2	1 23	0,85	1,29	0,8
	23	10 22,8	0 59			
Июнь	28	10 26,8	0 37	1,22	1,45	2,0
	2	10 30,5	0 16			
	7	10 34,0	-0 3	1,57	1,60	3,0
	12	10 37,4	-0 24			
	17	10 40,7	-0 44	1,91	1,74	3,8
	22	10 44,1	-1 6			
	27	10 47,4	-1 28	2,23	1,89	4,5

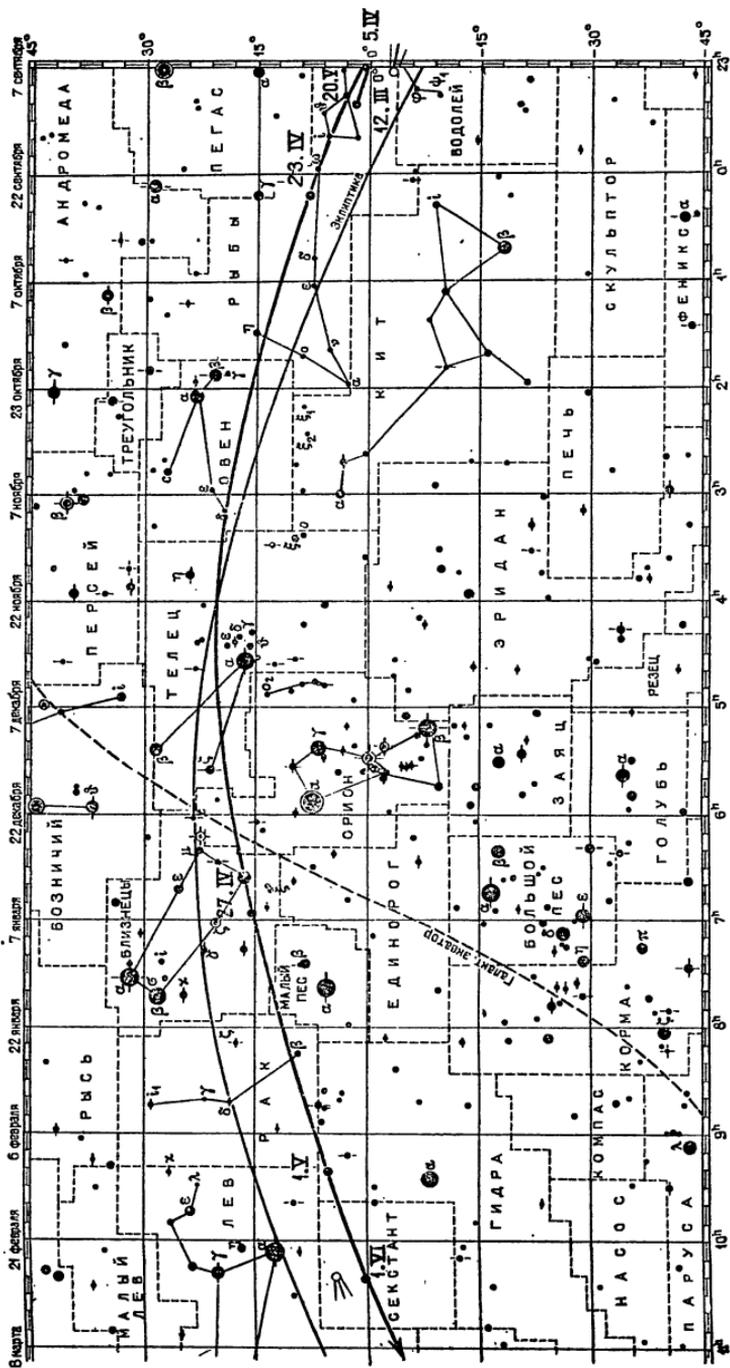


Рис. 108. Путь кометы Галлея в 1066 г.

1145 г. н. э.

		Прямое восхождение	Склонение	Δ	R	\bar{m}
Апрель	4	0 ^h 29 ^m ,2	9° 51'	1,57	0,65	-0 ^m ,8
	9	0 25,3	10 12			
	14	0 22,0	10 41	1,27	0,58	-1,8
	19	0 20,5	11 24			
	24	0 22,6	12 34	0,91	0,58	-2,5
	29	0 31,3	14 38			
Май	4	0 54,0	18 28	0,51	0,66	-3,2
	9	1 54,6	26 7			
	14	4 51,8	35 7	0,23	0,79	-4,2
	19	8 15,9	24 10			
	24	9 32,3	13 42	0,45	0,94	-2,0
	29	10 3,8	8 30			
Июнь	3	10 20,7	5 35	0,82	1,09	-0,0
	8	10 31,4	3 42			
	13	10 39,2	2 21	1,20	1,25	1,4
	18	10 45,4	1 19			
	23	10 50,7	0 27	1,55	1,41	2,5
	28	10 55,3	-0 17			

1222 г. н. э.

		Прямое восхождение	Склонение	Δ	R	\bar{m}
Сентябрь	2	8 ^h 27 ^m ,4	38° 50'	0,43	0,81	-2 ^m ,7
	7	10 56,7	35 40			
	12	13 16,5	19 16	0,38	0,68	-3,7
	17	14 25,3	5 21			
	22	14 56,1	-2 26	0,71	0,59	-3,0
	27	15 9,9	-6 58			
Октябрь	2	15 15,2	-9 53	1,10	0,58	-2,2
	7	15 16,2	-11 55			
	12	15 15,1	-13 27	1,45	0,64	-1,1
	17	15 13,0	-14 41			
	22	15 10,7	-15 42	1,71	0,76	-0,0
	27	15 8,4	-16 36			

1301 г. н. э.

	Прямое восхождение	Склонение	Δ	R	\bar{m}	
Сентябрь	3	6 ^h 14 ^m ,3	27° 12'	0,96	1,21	0 ^m ,8
	8	6 28,0	29 17			
	13	6 50,5	32 31	0,59	1,05	-0,9
	18	7 37,2	37 56			
	23	9 47,9	44 38	0,26	0,89	-3,4
	28	13 46,7	29 39			
Октябрь	3	15 34,1	7 15	0,36	0,75	-3,5
	8	16 11,2	-2 57			
	13	16 26,3	-8 3	0,73	0,63	-2,6
	18	16 31,9	-11 7			
	23	16 32,4	-13 13	1,10	0,57	-2,2
	28	16 29,8	-14 49			

1378 г. н. э.

	Прямое восхождение	Склонение	Δ	R	\bar{m}	
Сентябрь	4	6 ^h 4 ^m ,1	24° 16'	1,26	1,44	2 ^m ,1
	9	6 9,2	25 19			
	14	6 15,3	26 47	0,89	1,29	0,9
	19	6 23,5	29 1			
	24	6 36,8	32 50	0,51	1,13	-0,9
	29	7 7,1	40 34			
Октябрь	4	9 32,9	58 25	0,18	0,97	-3,8
	9	15 57,0	30 9			
	14	17 2,4	3 49	0,32	0,82	-3,2
	19	17 19,8	-5 8			
	24	17 25,7	-9 26	0,70	0,69	-2,4
	29	17 26,6	-12 3			
Ноябрь	3	17 24,5	-13 53	1,06	0,60	-2,1
	8	17 20,1	-15 21			
	13	17 14,4	-16 34	1,37	0,57	-1,7
	18	17 8,0	-17 39			
	23	17 1,4	-18 39	1,59	0,63	-0,9
	28	16 55,0	-19 34			

1456 г. н. э.

		Прямое восхождение	Склонение	Δ	R	\bar{m}
Май	3	2 ^h 18 ^m ,0	17° 43'	1,94	0,97	1 ^m ,3
	8	2 18,4	18 30			
	13	2 19,1	19 24	1,69	0,82	0,3
	18	2 20,2	20 27			
	23	2 22,3	21 47	1,38	0,69	-0,9
	28	2 26,7	23 31			
Июнь	2	2 35,7	25 56	1,00	0,60	-2,2
	7	2 54,9	29 30			
	12	3 37,2	34 46	0,61	0,58	-3,4
	17	5 12,5	40 26			
	22	7 46,8	37 27	0,42	0,64	-3,8
	27	9 39,4	24 57			
Июль	2	10 33,6	14 54	0,66	0,75	-2,1
	7	11 1,2	8 41			
	12	11 17,4	4 45	1,03	0,89	-0,4
	17	11 28,0	2 3			
	22	11 35,7	0 5	1,39	1,05	0,9
	27	11 41,7	-1 27			

1531 г. н. э.

$$m = 4,0 + 5 \lg (\Delta) + 10 \lg (R)$$

		Прямое восхождение	Склонение	Δ	R	m
Август	4	5 ^h 59 ^m ,3	35° 57'			
	9	6 59,5	39 35	0,60	0,69	1 ^m ,3
	14	8 49,6	40 5			
	19	11 2,0	30 13	0,47	0,60	0,2
	24	12 26,6	15 56			
	29	13 7,9	5 52	0,74	0,58	1,0
Сентябрь	3	13 28,0	-0 14			
	8	13 38,1	-4 6	1,12	0,64	2,4
	13	13 43,3	-6 45			
	18	13 46,1	-8 40	1,48	0,76	3,7
	23	13 47,8	-10 10			
	28	13 48,9	-11 24	1,77	0,90	4,8

1607 г. н. э.

$$m = 3,5 + 5 \lg (\Delta) + 10 \lg (R)$$

	Прямое восхождение	Склонение	Δ	R	m
Сентябрь	4	6 ^h 9 ^m ,3	28° 12'		
	9	6 21,8	30 15	0,84	1,14
	14	6 41,5	33 19		
	19	7 19,3	38 15	0,48	0,99
	24	8 54,4	45 27		
	29	12 37,0	40 24	0,24	0,84
Октябрь	4	15 4,6	15 26		
	9	15 55,7	1 14	0,48	0,70
	14	16 16,2	-5 40		
	19	16 24,6	-9 38	0,86	0,61
	24	16 26,8	-12 15		
	29	16 25,4	-14 9	1,23	0,58

1682 г. н. э.

$$m = 4,0 + 5 \lg (\Delta) + 10 \lg (R)$$

	Прямое восхождение	Склонение	Δ	R	m
Август	6	5 ^h 30 ^m ,3	29° 58'		
	11	5 46,7	32 7	1,01	0,94
	16	6 12,4	34 57		
	21	6 57,6	38 33	0,64	0,79
	26	8 24,1	41 27		
	31	10 42,2	36 37	0,42	0,67
Сентябрь	5	12 38,9	21 26		
	10	13 39,1	8 10	0,61	0,59
	15	14 7,5	0 4		
	20	14 20,8	-4 51	0,99	0,59
	25	14 26,8	-8 4		
	30	14 29,1	-10 21	1,36	0,66

1758 г. н. э.

$$m = 3,8 + 5 \lg (\Delta) + 15 \lg (R)$$

	Прямое восхождение	Склонение	Δ	R	m
Декабрь	16	1 ^h 38 ^m ,3	10° 25'	1,02	1,73
	21	1 12,4	8 48		
	26	0 50,2	7 21	1,12	1,58
	31	0 31,5	6 6		

		Прямое восхождение	Склонение	Δ	R	m
Январь	5	0 ^h 15 ^m ,9	5° 3'	1,25	1,43	6 ^m ,6
	10	0 2,7	4 11			
	15	23 51,6	3 29	1,39	1,27	6,1
	20	23 42,1	2 53			
	25	23 33,7	2 23	1,52	1,12	5,5
	30	23 26,1	1 57			
Февраль	4	23 19,1	1 33	1,61	0,97	4,6
	9	23 12,4	1 10			
	14	23 5,8	0 47	1,66	0,82	3,6
	19	22 59,0	0 20			
	24	22 52,0	-0 9	1,65	0,69	2,5
Март	1	22 44,7	-0 44			
	6	22 37,0	-1 26	1,55	0,60	1,5
	11	22 29,3	-2 16			
	16	22 21,8	-3 13	1,36	0,58	1,0
	21	22 14,9	-4 18			
	26	22 8,8	-5 33	1,09	0,65	1,2
	31	22 3,3	-7 2			
Апрель	5	21 58,1	-8 58	0,76	0,76	1,5
	10	21 52,6	-11 49			
	15	21 44,5	-16 46	0,42	0,90	1,3
	20	21 25,9	-28 13			
	25	18 55,5	-65 33	0,12	1,06	-0,3
	30	11 6,4	-36 18			
Май	5	10 35,4	-18 5	0,35	1,21	2,8
	10	10 27,4	-11 36			
	15	10 24,6	-8 27	0,70	1,36	5,1
	20	10 24,1	-6 40			
	25	10 24,6	-5 38	1,06	1,52	6,7
	30	10 25,9	-4 51			
Июнь	4	10 27,7	-4 24	1,42	1,67	7,9
	9	10 29,8	-4 8			
	14	10 32,2	-3 59	1,76	1,81	8,9
	19	10 34,7	-3 56			

1835 г. н. э.

$$m = 4,4 + 5 \lg (\Delta) + 15 \lg (R)$$

		Прямое восхождение	Склонение	Δ	R	m
Август	5	5 ^h 34 ^m ,7	22° 13'	2,46	1,96	10 ^m ,8
	10	5 38,8	22 35			
	15	5 42,9	22 59	2,16	1,82	10,0
	20	5 47,0	23 26			
	25	5 51,2	23 57	1,83	1,67	9,1
Сентябрь	30	5 55,5	24 34			
	4	6 0,0	25 19	1,49	1,52	8,0
	9	6 4,9	26 15			
	14	6 10,3	27 29	1,13	1,37	6,8
	19	6 16,8	29 10			
Октябрь	24	6 25,5	31 39	0,77	1,22	5,1
	29	6 39,1	35 40			
	4	7 7,8	43 6	0,40	1,06	2,8
	9	8 54,2	58 11			
	14	15 3,5	46 40	0,19	0,92	0,2
Ноябрь	19	16 45,1	13 7			
	24	17 10,5	—0 16	0,48	0,77	1,1
	29	17 19,8	—6 31			
	3	17 22,6	—10 11	0,85	0,65	1,3
	8	17 21,7	—12 40			
Декабрь	13	17 18,5	—14 33	1,19	0,59	1,4
	18	17 13,6	—16 6			
	23	17 7,9	—17 27	1,48	0,60	2,0
	28	17 1,8	—18 38			
	3	16 55,8	—19 43	1,66	0,68	3,1
	8	16 50,1	—20 43			
	13	16 44,8	—21 39	1,77	0,81	4,3
	18	16 39,7	—22 34			
	23	16 34,7	—23 26	1,80	0,96	5,4
	28	16 29,7	—24 18			

1836 г. н. э.

		Прямое восхождение	Склонение	Δ	R	m
Январь	2	16 ^h 24 ^m ,5	—25° 10'	1,78	1,11	6 ^m ,4
	7	16 18,9	—26 3			
	12	16 12,6	—26 55	1,73	1,27	7,1
	17	16 5,6	—27 49			
	22	15 57,4	—28 43	1,63	1,42	7,8
Февраль	27	15 47,9	—29 37			
	1	15 36,6	—30 30	1,53	1,57	8,3
	6	15 23,2	—31 20			
	11	15 7,5	—32 4	1,42	1,72	8,7
	16	14 49,1	—32 39			
	21	14 28,0	—32 58	1,32	1,86	9,1
	26	14 4,3	—32 57			

		Прямое восхождение	Склонение	Δ	R	m
Март	2	13 ^h 38 ^m ,5	-32° 28'	1,26	2,00	9 ^m ,4
	7	13 11,6	-31 28			
	12	12 44,7	-29 58	1,26	2,14	9,9
	17	12 19,0	-28 2			
	22	11 55,5	-25 48	1,33	2,28	10,4
27	11 34,7	-23 25				
Апрель	1	11 16,9	-21 2	1,48	2,41	11,0
	6	11 1,9	-18 45			
	11	10 49,5	-16 39	1,68	2,54	11,6
	16	10 39,5	-14 46			
	21	10 31,5	-13 5	1,92	2,66	12,2
26	10 25,1	-11 38				
Май	1	10 20,3	-10 22	2,18	2,79	12,8
	6	10 16,6	-9 17			
	11	10 14,0	-8 21	2,47	2,91	13,3
	16	10 12,2	-7 34			

1909 г. н. э.

$$m = 4,6 + 5 \lg (\Delta) + 15 \lg (R)$$

		Прямое восхождение	Склонение	Δ	R	m
Август	22	6 ^h 14 ^m ,1	17° 16'			
	27	6 16,1	17 15	3,99	3,60	16 ^m ,0
Сентябрь	1	6 17,8	17 13			
	6	6 19,3	17 12	3,72	3,48	15,6
	11	6 20,4	17 10			
	16	6 21,1	17 8	3,43	3,37	15,2
	21	6 21,4	17 6			
26	6 21,2	17 4	3,14	3,26	14,8	
Октябрь	1	6 20,4	17 2			
	6	6 18,9	17 0	2,84	3,14	14,3
	11	6 16,7	16 59			
	16	6 13,5	16 57	2,55	3,02	13,9
	21	6 9,2	16 56			
	26	6 3,7	16 55	2,26	2,90	13,3
Ноябрь	31	5 56,8	16 53			
	5	5 48,3	16 51	1,99	2,78	12,8
	10	5 38,0	16 48			
	15	5 25,8	16 44	1,75	2,66	12,2
	20	5 11,4	16 36			
	25	4 54,8	16 23	1,56	2,53	11,6
Декабрь	30	4 36,2	16 5			
	5	4 15,9	15 40	1,42	2,40	11,1
	10	3 54,3	15 8			
	15	3 32,1	14 28	1,36	2,27	10,6
	20	3 10,1	13 43			
	25	2 49,0	12 55	1,36	2,13	10,2
	30	2 29,4	12 7			

1910 г. н. э.

		Прямое восхождение	Склонение	Δ	R	m
Январь	4	2 ^h 11 ^m ,6	11° 20'	1,42	2,00	9 ^m ,9
	9	1 55,3	10 38			
	14	1 42,0	10 2	1,51	1,86	9,5
	19	1 30,0	9 30			
	24	1 19,7	9 5	1,62	1,71	9,2
	29	1 10,8	8 45			
Февраль	3	1 3,2	8 30	1,72	1,56	8,7
	8	0 56,6	8 19			
	13	0 50,9	8 12	1,81	1,41	8,2
	18	0 45,9	8 8			
	23	0 41,3	8 6	1,87	1,26	7,5
	28	0 37,2	8 7			
Март	5	0 33,3	8 8	1,89	1,11	6,7
	10	0 29,5	8 11			
	15	0 25,6	8 14	1,87	0,95	5,7
	20	0 21,7	8 16			
	25	0 17,5	8 17	1,79	0,81	4,5
	30	0 13,0	8 17			
Апрель	4	0 8,3	8 15	1,64	0,68	3,2
	9	0 3,4	8 11			
	14	23 58,7	8 5	1,40	0,60	2,0
	19	23 54,8	8 0			
	24	23 52,5	8 0	1,07	0,59	1,4
	29	23 53,2	8 11			
Май	4	23 59,0	8 44	0,69	0,66	1,1
	9	0 14,9	10 2			
	14	0 58,0	13 8	0,30	0,77	0,4
	19	3 32,5	19 36			
	24	8 3,1	11 24	0,21	0,92	0,6
	29	9 31,6	4 10			
Июнь	3	10 2,7	1 23	0,56	1,07	3,8
	8	10 18,4	-0 2			
	13	10 28,3	-0 56	0,94	1,22	5,8
	18	10 35,5	-1 36			
	23	10 41,2	-2 9	1,30	1,38	7,3
	28	10 46,1	-2 38			

		Прямое восхождение	Склонение	Δ	R	m
Июль	3	10 ^h 50 ^m ,6	-3° 5'	1,65	1,53	8 ^m ,5
	8	10 54,7	-3 31			
	13	10 58,6	-3 56	1,98	1,68	9,5
	18	11 2,4	-4 21			
	23	11 6,1	-4 46	2,29	1,82	10,3
	28	11 9,7	-5 11			
Август	2	11 13,2	-5 37	2,58	1,96	11,1
	7	11 16,7	-6 3			
	12	11 20,1	-6 29	2,84	2,10	11,7
	17	11 23,5	-6 56			
	22	11 26,8	-7 23	3,07	2,24	12,3
	27	11 30,1	-7 50			
Сентябрь	1	11 33,3	-8 18	3,28	2,37	12,8
	6	11 36,5	-8 46			
	11	11 39,5	-9 14	3,46	2,50	13,3
	16	11 42,5	-9 42			
	21	11 45,4	-10 11	3,60	2,63	13,7
	26	11 48,2	-10 39			
Октябрь	1	11 50,8	-11 8	3,72	2,75	14,1
	6	11 53,3	-11 37			
	11	11 55,7	-12 6	3,81	2,87	14,4
	16	11 57,9	-12 34			
	21	12 0,0	-13 3	3,87	2,99	14,7
	26	12 1,8	-13 31			
	31	12 3,4	-13 59	3,90	3,11	15,0
Ноябрь	5	12 4,8	-14 27			
	10	12 5,9	-14 54	3,90	3,23	15,2
	15	12 6,7	-15 20			
	20	12 7,2	-15 46	3,88	3,34	15,4
	25	12 7,4	-16 11			
	30	12 7,2	-16 35	3,84	3,46	15,6
Декабрь	5	12 6,6	-16 57			
	10	12 5,6	-17 18	3,78	3,57	15,8
	15	12 4,2	-17 37			
	20	12 2,3	-17 54	3,71	3,68	15,9
	25	11 59,9	-18 9			
	30	11 57,0	-18 22	3,64	3,79	16,1

1911 г. н. э.

		Прямое восхождение	Склонение	Δ	R	m
Январь	4	11 ^h 53 ^m ,5	-18° 31'	3,60	3,84	16 ^m ,2
	9	11 49,5	-18 37			
	14	11 45,0	-18 39	3,53	3,95	16,3
	19	11 40,0	-18 38			
	24	11 34,6	-18 32	3,47	4,05	16,4
	29	11 28,6	-18 21			
Февраль	3	11 22,4	-18 6	3,44	4,16	16,6
	8	11 15,8	-17 46			
	13	11 8,9	-17 21	3,43	4,26	16,7
	18	11 2,0	-16 51			
	23	10 55,0	-16 18	3,46	4,36	16,9
	28	10 48,1	-15 41			
Март	5	10 41,3	-15 0	3,52	4,46	17,1
	10	10 34,8	-14 18			
	15	10 28,6	-13 34	3,63	4,56	17,3
	20	10 22,8	-12 49			
	25	10 17,4	-12 3	3,77	4,66	17,5
	30	10 12,5	-11 19			
Апрель	4	10 8,1	-10 35	3,95	4,75	17,7
	9	10 4,1	-9 53			
	14	10 0,7	-9 13	4,15	4,85	18,0
	19	9 57,8	-8 35			
	24	9 55,3	-8 0	4,38	4,94	18,2
	29	9 53,3	-7 27			
Май	4	9 51,8	-6 57	4,62	5,04	18,5
	9	9 50,6	-6 30			
	14	9 49,8	-6 5	4,88	5,13	18,7
	19	9 49,4	-5 44			
	24	9 49,3	-5 25	5,14	5,22	18,9
	29	9 49,5	-5 8			
Июнь	3	9 50,0	-4 55	5,39	5,31	19,1
	8	9 50,7	-4 43			
	13	9 51,6	-4 34	5,65	5,40	19,4
	18	9 52,7	-4 27			

ЭФЕМЕРИДА КОМЕТЫ ГАЛЛЕЯ НА 1985—1986 гг.

Вычисления проведены на основе улучшенных по наблюдениям 1982 г. следующих элементов кометы Галлея, полученных Йомансом:

$$\begin{aligned}
 t_0 &= 1986 \text{ февраль } 19,0 \text{ эфем. вр.} \\
 T &= 1986 \text{ февраль } 9,45175 \text{ эфем. вр.} \\
 \omega &= 111,84809 \\
 \Omega &= 58,14536 \\
 i &= 162,23928 \quad \left. \vphantom{\begin{matrix} \omega \\ \Omega \\ i \end{matrix}} \right\} \begin{array}{l} \text{Эклиптика и равноденствие} \\ 1950,0 \end{array} \\
 e &= 0,9672760 \\
 q &= 0,5871047 \text{ а. е.}
 \end{aligned}$$

Кроме обычно публикуемых данных, эфемериды содержит ряд дополнительных величин. В частности, указываются максимальные высоты кометы над горизонтом в темное время суток (ночь, сумерки) для широт 35° , 45° , 50° и 55° . По значениям яркости, элонгации и высоты над горизонтом можно судить как видна комета на обсерваториях СССР, когда и на каких инструментах ее можно будет наблюдать.

Отметим, что в соответствии с Йомансом, в эфемериде приводятся два значения блеска: общая; интегральная (m_1) и ядра (m_2). Они вычисляются по формулам:

$$m_1 = 5,47 + 5 \lg \Delta + 11,1 \lg R, \quad \text{до перигелия}$$

$$m_2 = 14,1 + 5 \lg \Delta + 5 \lg R,$$

$$m_1 = 4,94 + 5 \lg \Delta + 7,68 \lg R, \quad \text{после перигелия.}$$

Здесь Δ , R гео- и гелиоцентрические расстояния.

В эфемериде приняты обозначения:

дата — момент времени (0^h эфемеридного времени), для которого приведены все величины строки;

α , δ — геоцентрические прямое восхождение и склонение, отнесенные к среднему экватору и равноденствию 1950.0;

Δ , R — геоцентрическое и гелиоцентрическое расстояние в а. е.;

m_1 , m_2 — блеск (общий и ядра);

φ — угол фазы (Солнце — комета — Земля) в градусах;

ψ — угол элонгации (комета — Земля — Солнце) в градусах.

Буквой E отмечается восточная элонгация, когда комета видна к востоку от Солнца (вечером), буквой W — западная элонгация (утренняя видимость);

$+35^\circ$ и т. д. — широта, для которой ниже в том же столбце приводятся значения высот над горизонтом. Если верхняя кульминация происходит в сумеречное время, то указывается значение высоты кометы на границе сумерек и ночи, когда Солнце находится на высоте 6° под горизонтом. Эти значения высот сопровождаются звездочкой (*). Прочерк означает, что или ночью и в сумерках комета не видна (находится под горизонтом), или же она близка к Солнцу;

γ — угловое расстояние между кометой и Луной (угол: комета — Земля — Луна).

Дата	α	δ	R	Δ	m1	m2	φ	ψ	35°	45°	50°	55°	γ
1985													
Январь	5 ^h 40 ^m ,95	+12° 05',5	5,24	4,32	16 ^m ,6	20 ^m ,9	4,0	158° E	67°	57°	52°	47°	15°
	5 30,05	+12 15,5	5,15	4,30	16,5	20,8	6,0	147E	67	57	52	47	133
	5 19,99	+12 28,6	5,58	4,32	16,5	20,8	8,0	135E	67	57	52	47	90
Февраль	5 11,17	+12 44,6	4,96	4,36	16,4	20,8	9,6	123E	68	58	53	48	37
	5 03,87	+13 03,2	4,87	4,43	16,3	20,8	10,9	111E	68	58	53	48	168
	4 58,23	+13 24,1	4,77	4,50	16,3	20,8	11,8	100E	68	58	53	48	53
Март	4 54,27	+13 46,9	4,68	4,59	16,2	20,8	12,2	89E	68*	58*	54*	49*	76
	4 51,93	+14 11,3	4,58	4,67	16,2	20,8	12,3	79E	64*	55*	51*	46*	139
	4 51,10	+14 36,6	4,48	4,75	16,1	20,7	12,0	69E	56*	49*	45*	41*	21
Апрель	4 51,64	+15 02,4	4,38	4,81	16,0	20,7	11,3	59E	47*	42*	38*	35*	114
	4 53,38	+15 28,2	4,28	4,86	15,9	20,7	10,3	50E	38*	33*	31*	27*	106
	4 56,19	+15 53,8	4,19	4,89	15,8	20,6	9,0	41E	29*	25*	22*	19*	15
Май	4 59,90	+16 18,7	4,07	4,89	15,7	20,6	7,6	32E	21*	17*	14*	11*	149
	5 04,38	+16 42,5	3,97	4,87	15,6	20,5	5,9	24E	12*	8*	6*	4*	76
	5 09,51	+17 05,0	3,87	4,83	15,4	20,5	4,1	16E	4*	1*	—	—	44
Июнь	5 15,15	+17 26,0	3,76	4,76	15,2	20,4	2,3	9E	—	—	—	—	170
	5 21,19	+17 45,3	3,66	4,67	15,0	20,2	1,6	6W	—	—	—	—	48
	5 27,53	+18 02,7	3,55	4,54	14,8	20,1	3,1	11W	—	—	—	—	76
Июль	5 34,04	+18 18,4	3,42	4,37	14,6	20,0	5,4	18W	—	—	—	—	142
	5 40,61	+18 32,2	3,31	4,19	14,4	19,8	7,7	26W	—	—	—	—	22
	5 47,12	+18 44,2	3,21	4,01	14,1	19,6	10,2	34W	—	—	—	—	110
Август	5 53,41	+18 54,8	3,09	3,78	13,8	19,4	12,7	42W	—	—	—	—	112
	5 59,31	+19 04,3	2,96	3,51	13,4	19,2	15,2	50W	—	—	—	—	10
	6 04,59	+19 13,1	2,85	3,26	13,0	18,9	17,6	58W	—	—	—	—	144
Сентябрь	6 08,95	+19 22,1	2,71	2,95	12,6	18,6	20,0	67W	—	—	—	—	83

12	6	11,98	+19	32,2	2,59	2,64	12,2	18,3	22,1	76W	—	—	39
22	6	13,03	+19	45,0	2,46	2,33	11,6	17,9	24,0	85W	—	—	171
2	6	11,11	+20	02,7	2,33	2,01	11,1	17,5	25,3	96W	—	—	52
12	5	04,55	+20	27,8	2,21	1,72	10,4	16,9	25,7	107W	60	55	76
17	5	58,64	+20	44,4	2,14	1,56	10,0	16,7	25,4	113W	76	66	151
22	5	50,24	+21	03,6	2,07	1,40	9,6	16,4	24,6	120W	76	66	135
27	5	38,52	+21	25,4	1,99	1,22	9,2	16,0	23,1	128W	76	66	71
1	5	22,28	+21	48,2	1,92	1,07	8,8	15,7	20,7	137W	77	67	9
6	4	59,91	+22	07,6	1,85	0,94	8,3	15,3	17,0	147W	77	67	58
11	4	29,37	+22	13,6	1,76	0,82	7,8	14,9	11,6	159W	77	67	135
12	4	22,10	+22	11,6	1,76	0,80	7,7	14,8	10,2	161W	77	67	152
13	4	14,41	+22	08,2	1,75	0,78	7,6	14,8	8,8	164W	77	67	169
14	4	06,30	+22	03,1	1,73	0,76	7,5	14,7	7,3	167W	77	67	173
15	3	57,75	+21	56,0	1,72	0,74	7,4	14,6	5,7	170W	77	67	156
16	3	48,78	+21	46,7	1,71	0,72	7,3	14,5	4,1	173W	77	67	139
17	3	39,39	+21	34,9	1,69	0,70	7,2	14,5	2,4	176W	77	67	123
18	3	23,59	+21	20,5	1,68	0,69	7,1	14,4	1,3	178E	76	66	107
19	3	19,41	+21	03,1	1,66	0,67	7,1	14,3	2,3	176E	76	66	92
20	3	08,88	+20	42,6	1,65	0,66	7,0	14,3	4,2	173E	76	66	77
21	2	25,04	+20	18,8	1,63	0,65	6,9	14,2	6,3	170E	75	65	62
22	2	46,94	+19	51,7	1,62	0,64	6,8	14,2	8,5	166E	75	65	47
22	2	36,62	+19	21,2	1,60	0,63	6,8	14,1	10,8	162E	74	64	32
23	2	24,16	+18	47,3	1,59	0,63	6,7	14,1	13,1	159E	74	64	18
24	2	12,62	+18	10,4	1,57	0,62	6,6	14,1	15,5	155E	73	63	5
25	2	01,06	+17	30,4	1,56	0,62	6,6	14,0	17,8	151E	73	63	12
26	1	49,56	+16	47,9	1,54	0,62	6,5	14,0	20,2	147E	72	62	26
27	1	38,19	+16	03,0	1,53	0,62	6,5	14,0	22,6	143E	71	61	40
28	1	27,00	+15	16,4	1,51	0,62	6,4	14,0	25,0	140E	70	60	55
29	1	16,04	+14	28,3	1,50	0,63	6,4	14,0	27,3	136E	70	60	70
30	1	05,38	+13	39,3	1,48	0,63	6,4	14,0	29,5	132E	69	59	84
1	0	55,05	+12	49,8	1,47	0,64	6,3	14,0	31,7	128E	68	58	99
2													

Дата	α	δ	R	Δ	m1	m2	φ	ψ	35°	45°	50°	55°	γ
1985													
Декабрь													
3	0 ^h 45 ^m 07	+12° 00',3	1,45	0,65	6 ^m ,3	14 ^m ,0	33°,7	125° E	67°	57°	52°	47°	114°
4	0 35,48	+11 11,2	1,44	0,66	6,3	14,0	35,7	121E	66	56	51	46	129
5	0 26,28	+10 22,7	1,42	0,67	6,3	14,0	37,6	118E	65	55	50	45	144
6	0 17,50	+9 35,3	1,41	0,68	6,3	14,0	39,4	115E	65	55	50	45	159
7	0 09,13	+8 49,0	1,39	0,69	6,3	14,0	41,1	111E	64	54	49	44	169
8	0 01,16	+8 04,2	1,38	0,70	6,2	14,0	42,7	108E	63	53	48	43	162
9	23 54,00	+7 21,0	1,36	0,72	6,2	14,1	44,1	105E	62	52	47	42	147
10	23 46,42	+6 39,4	1,36	0,72	6,2	14,1	45,5	102E	62	52	47	42	131
11	23 39,61	+5 59,5	1,33	0,75	6,2	14,1	46,7	100E	61	51	46	41	114
12	23 33,17	+5 21,4	1,32	0,77	6,2	14,1	47,9	97E	60	50	45	40	98
13	23 27,07	+4 50,0	1,30	0,79	6,2	14,2	48,9	94E	60	50	45	40	81
14	23 21,30	+4 10,3	1,28	0,80	6,2	14,2	49,8	92E	59	49	44	39	66
15	23 15,83	+3 37,3	1,27	0,82	6,2	14,2	50,7	89E	59	49	44	39	50
16	23 10,66	+3 05,9	1,25	0,84	6,2	14,2	51,4	87E	58	48	43	38	36
17	23 05,72	+2 36,0	1,24	0,86	6,2	14,2	52,1	84E	58	48	43	38	22
18	23 01,10	+2 07,7	1,22	0,88	6,2	14,3	52,7	82E	57*	47	42	37	12
19	22 56,70	+1 40,8	1,21	0,90	6,1	14,3	53,1	80E	57*	47	42	37	14
20	22 52,51	+1 15,2	1,19	0,92	6,1	14,3	53,6	78E	56*	46	41	36	24
21	22 48,53	+0 50,8	1,18	0,94	6,1	14,3	53,9	76E	55*	46*	41	36	36
22	22 44,75	+0 27,7	1,16	0,96	6,1	14,3	54,2	74E	55*	45*	41	36	48
23	22 41,14	+0 05,6	1,15	0,98	6,1	14,3	54,4	72E	54*	45*	40*	35	60
24	22 37,71	-0 15,4	1,13	1,00	6,1	14,4	54,5	70E	53*	44*	40*	35	73
25	22 34,43	-0 35,4	1,11	1,02	6,0	14,4	54,6	68E	52*	44*	39*	34	85
26	22 31,30	-0 54,5	1,10	1,04	6,0	14,4	54,6	66E	51*	43*	39*	34*	98
27	22 28,30	-1 12,7	1,08	1,06	6,0	14,4	54,5	64E	50*	43*	35*	34*	111

28	22	25,42	-1	30,2	1,07	1,08	6,0	14,4	54,4	62E	49*	42*	38*	33*	123
29	22	22,66	-1	47,0	1,05	1,10	5,9	14,4	54,2	61E	48*	41*	37*	33*	136
30	22	20,01	-2	03,0	1,04	1,12	5,9	14,4	54,0	59E	47*	40*	37*	33*	149
31	22	17,45	-2	18,5	1,02	1,14	5,9	14,4	53,7	57E	46*	40*	36*	32*	160
1	22	14,99	-2	33,3	1,01	1,16	5,8	14,4	53,4	56E	45*	39*	35*	32*	167
2	22	12,60	-2	47,7	0,99	1,18	5,8	14,4	53,0	54E	43*	38*	35*	31*	162
3	22	10,30	-3	01,5	0,98	1,20	5,7	14,4	52,6	52E	42*	37*	34*	31*	150
4	22	08,06	-3	14,9	0,96	1,22	5,7	14,4	52,1	51E	41*	36*	33*	30*	137
5	22	05,89	-3	28,0	0,95	1,24	5,6	14,4	51,5	49E	40*	35*	33*	29*	123
6	22	03,78	-3	40,6	0,93	1,25	5,6	14,4	50,9	48E	39*	34*	32*	29*	109
7	22	01,73	-3	52,9	0,92	1,27	5,6	14,4	50,3	46E	37*	34*	31*	28*	94
8	21	59,72	-4	04,9	0,90	1,29	5,5	14,4	49,6	44E	36*	33*	30*	27*	79
9	21	57,75	-4	76,7	0,89	1,31	5,5	14,4	48,8	43E	35*	32*	29*	27*	64
10	21	55,82	-4	28,2	0,87	1,32	5,4	14,4	48,0	41E	34*	31*	28*	26*	49
15	21	46,62	-5	23,3	0,80	1,40	5,1	14,4	43,2	34E	27*	25*	24*	22*	25
20	21	37,83	-6	16,9	0,73	1,47	4,8	14,3	36,9	27E	21*	19*	19*	17*	85
25	21	29,09	-7	11,9	0,68	1,52	4,5	14,2	29,2	20E	14*	13*	13*	12*	146
30	21	20,20	-8	10,7	0,63	1,55	4,2	14,1	20,3	13E	6*	7*	7*	7*	141
4	21	11,10	-9	15,0	0,60	1,56	4,0	14,0	12,3	7E	—	—	—	1*	70
9	21	01,87	-10	25,8	0,59	1,55	4,1	13,9	12,8	8W	—	—	—	—	11
14	20	52,71	-11	43,2	0,60	1,51	4,1	13,9	22,3	13W	—	—	—	—	70
19	20	43,79	-13	07,2	0,62	1,45	4,2	13,9	33,0	20W	—	—	—	—	131
24	20	35,12	-14	38,5	0,67	1,37	4,3	13,9	42,9	27W	—	—	—	—	159
1	20	26,52	-16	19,1	0,72	1,27	4,4	13,9	51,1	34W	—	—	—	—	89
6	20	17,56	-18	13,1	0,79	1,16	4,5	13,9	57,6	42W	—	—	—	—	17
11	20	07,49	-20	27,3	0,86	1,04	4,5	13,8	62,4	50W	—	—	—	—	53
16	19	55,14	-23	12,1	0,93	0,91	4,5	13,7	65,3	58W	—	—	—	—	118
21	19	38,45	-26	42,9	1,01	0,79	4,4	13,6	66,2	67W	—	—	—	—	177

1986

Январь

Февраль

Март

Дата	α	δ	R	Δ	m1	m2	φ	ψ	35°	45°	50°	55°	γ
1986													
Март	19 ^h 34 ^m .31	-27° 32',3	1,02	0,76	4 ^m .4	13 ^m .6	66°,1	69° W	—	—	—	—	163°
22	19 29,80	-28 24,7	1,04	0,73	4,4	13,5	65,9	72W	—	—	—	—	149
23	19 24,88	-29 20,1	1,05	0,71	4,4	13,5	65,6	74W	—	—	—	—	134
24	19 19,50	-30 18,8	1,07	0,69	4,3	13,4	65,2	76W	—	—	—	—	119
25	18 13,57	-31 20,9	1,09	0,66	4,3	13,4	64,6	78W	—	—	—	—	104
26	19 07,03	-32 26,6	1,10	0,64	4,3	13,3	63,9	81W	—	—	—	—	88
27	18 59,77	-33 24,6	1,12	0,61	4,2	13,3	63,0	84W	—	—	—	—	71
28	18 51,70	-34 48,8	1,13	0,59	4,2	13,2	62,0	86W	—	—	—	—	55
29	18 42,68	-36 05,1	1,25	0,57	4,2	13,2	60,8	89W	—	—	—	—	39
30	18 32,57	-37 24,5	1,16	0,55	4,1	13,1	59,4	92W	—	—	—	—	24
31	18 21,22	-38 46,4	1,18	0,53	4,1	13,1	57,9	96W	—	—	—	—	11
Апрель	18 08,43	-40 09,8	1,19	0,51	4,1	13,0	56,1	99W	—	—	—	—	15
2	17 54,04	-41 33,3	1,21	0,49	4,0	13,0	54,1	102W	14	—	—	—	29
3	17 37,86	-42 54,8	1,22	0,48	4,0	12,9	51,9	106W	12	2	—	—	45
4	17 19,74	-44 11,8	1,24	0,46	4,0	12,9	49,5	110W	11	1	—	—	61
5	17 59,59	-45 21,0	1,26	0,45	4,0	12,8	46,8	114W	10	—	—	—	77
6	16 37,44	-46 18,6	1,27	0,44	3,9	12,8	44,1	118W	9	—	—	—	92
7	16 13,48	-47 00,6	1,29	0,43	3,9	12,8	41,1	123W	8	—	—	—	108
8	15 48,07	-47 23,3	1,30	0,42	3,9	12,8	38,1	127W	8	—	—	—	123
9	15 21,78	-47 23,8	1,32	0,42	4,0	12,8	35,1	131W	8	—	—	—	136
10	14 55,31	-47 00,7	1,33	0,42	4,0	12,8	32,2	135W	8	—	—	—	147
11	14 29,38	-46 14,4	1,35	0,42	4,0	12,9	29,4	139W	9	—	—	—	152
12	14 04,64	-45 07,1	1,36	0,42	4,1	12,9	28,9	142W	10	—	—	—	143
13	13 41,56	-43 42,1	1,38	0,43	4,2	13,0	24,8	145W	11	—	—	—	138
14	13 20,43	-42 03,9	1,39	0,43	4,3	13,0	22,1	147E	13	3	—	—	125

16	13	01,36	-40	16,6	1,41	0,45	4,4	13,1	21,2	140E	15	3	-	-	12
17	12	44,31	-38	24,4	1,42	0,47	4,5	13,2	21,2	149E	16	6	1	-	98
18	12	29,16	-36	30,5	1,44	0,48	4,6	13,3	20,9	149E	18	8	3	-	83
19	12	15,74	-34	37,7	1,45	0,50	4,7	13,4	21,0	149E	20	10	5	2	69
20	12	03,88	-32	47,8	1,47	0,52	4,8	13,5	21,4	148E	22	12	7	4	56
21	11	53,39	-31	02,5	1,48	0,54	4,9	13,6	22,1	146E	24	14	9	4	43
22	11	44,09	-29	21,7	1,50	0,56	5,0	13,7	22,8	145E	25	15	10	5	33
23	11	35,84	-27	46,7	1,51	0,59	5,2	13,8	23,6	143E	27	17	12	7	29
24	11	28,51	-26	17,5	1,53	0,61	5,3	13,9	24,4	141E	29	19	14	9	34
25	11	21,97	-24	54,0	1,54	0,64	5,4	14,1	25,1	139E	30	20	15	10	44
26	11	16,12	-23	35,9	1,56	0,66	6,6	8,5	25,9	138E	31	21	16	11	57
27	11	10,88	-22	23,2	1,57	0,69	5,6	14,3	26,6	136E	33	23	15	13	72
28	11	06,18	-21	15,4	1,59	0,72	5,8	14,4	27,3	134E	34	24	19	14	86
29	11	01,94	-20	12,3	1,60	0,74	5,9	14,5	27,9	132E	35	25	20	15	100
30	10	58,12	-19	13,5	1,62	0,77	6,0	14,6	28,4	130E	36	26	21	16	114
1	10	54,67	-18	18,8	1,63	0,80	6,1	14,7	28,9	129E	37	27	22	17	127
2	10	51,55	-17	27,8	1,65	0,83	6,2	14,8	29,3	127E	37	27	22	17*	139
3	10	48,72	-16	40,2	1,66	0,86	6,3	14,9	29,7	125E	38	28	23	18*	148
4	10	46,14	-15	55,8	1,68	0,89	6,4	15,0	30,1	124E	39	29	24	19*	154
5	10	43,81	-15	14,5	1,69	0,92	6,5	15,1	30,4	122E	40	30	25*	19*	153
6	10	41,69	-14	35,8	1,71	0,96	6,6	15,2	30,6	121E	40	30	25*	20*	147
7	10	39,76	-13	59,6	1,72	0,99	6,7	15,3	30,8	119E	41	31*	26*	20*	138
8	10	38,07	-13	25,7	1,74	1,02	6,8	15,3	31,0	118E	42	32*	26*	21*	127
9	10	36,41	-12	54,0	1,75	1,05	6,9	15,4	31,2	116E	42	32*	27*	21*	116
10	10	34,96	-12	24,3	1,76	1,08	7,0	15,5	31,3	115E	43	33*	27*	21*	105
11	10	33,64	-11	56,4	1,78	1,11	7,1	15,6	31,4	114E	43	33*	27*	21*	94
12	10	32,45	-11	30,2	1,79	1,15	7,2	15,7	31,4	112E	43	33*	27*	21*	82
13	10	31,36	-11	05,6	1,81	1,18	7,3	15,7	31,5	111E	44*	33*	27*	21*	71
14	10	30,38	-10	42,5	1,82	1,21	7,4	15,8	31,5	110E	44*	33*	27*	21*	60
15	10	29,49	-10	20,7	1,84	1,24	7,4	15,9	31,5	109E	44*	33*	27*	21*	49

Mañ

Дата	α	δ	R	Δ	m1	m2	φ	ψ	35°	45°	50°	55°	γ
1986													
Май	10 ^b 28 ^m ,69	-1° 00',2	1,85	1,28	7 ^m ,5	16 ^m ,0	31°,5	107°E	45°*	33°*	27°*	21°*	38°
	10 27,97	-9 40,9	1,87	1,31	7,6	16,0	31,4	106E	45*	33*	27*	21*	28
	10 27,32	-9 22,8	1,88	1,34	7,7	16,1	31,3	105E	45*	33*	27*	21*	22
	10 26,75	-9 05,6	1,89	1,37	7,8	16,2	31,3	104E	45*	33*	27*	20*	22
	10 26,24	-8 49,5	1,91	1,41	7,8	16,2	31,2	103E	45*	33*	27*	20*	29
	10 24,52	-7 41,4	1,98	1,57	8,2	16,6	30,6	98E	44*	32*	25*	18*	96
	10 23,90	-6 50,3	2,05	1,74	8,5	16,9	29,7	92E	42*	30*	23*	16*	157
Июнь	10 24,10	-6 12,2	2,12	1,90	8,8	17,1	28,7	88E	40*	28*	21*	13*	125
	10 24,93	-5 44,2	2,18	2,06	9,1	17,4	27,5	83E	37*	25*	18*	10*	69
	10 26,24	-5 24,4	2,25	2,22	9,4	17,6	26,3	79E	34*	22*	15*	7*	19
	10 27,95	-5 11,0	2,32	2,38	9,6	17,8	25,0	74E	31*	19*	12*	5*	61
	10 29,95	-5 03,1	2,38	2,59	9,9	18,0	23,6	70E	28*	16*	10*	2*	132
	10 32,20	-4 59,6	2,45	2,68	10,1	18,2	22,3	66E	25*	14*	7*	—	151
Июль	10 34,64	-5 00,0	2,51	2,83	10,3	18,4	22,9	62E	21*	11*	5*	—	97
	10 37,25	-5 03,7	2,58	2,97	10,5	18,5	19,5	58E	18*	8*	2*	—	40
	10 39,98	-5 10,2	2,64	3,14	10,6	18,7	18,1	54E	15*	6*	—	—	29
	10 42,81	-5 19,2	2,70	3,24	10,8	18,8	16,7	50E	12*	3*	—	—	95
	10 45,72	-5 30,2	2,73	3,37	11,0	18,9	15,3	46E	10*	1*	—	—	160
	10 48,68	-5 43,2	2,83	3,50	11,1	19,1	14,0	42E	7*	—	—	—	126
Август	10 51,69	-5 57,9	2,89	3,61	11,3	19,2	12,6	38E	4*	—	—	—	70
	10 54,72	-6 14,1	2,95	3,73	11,4	19,3	11,3	35E	2*	—	—	—	17
	10 57,76	-6 31,7	3,01	3,83	11,5	19,4	10,0	31E	—	—	—	—	59
	11 01,40	-6 54,3	3,07	3,93	11,7	19,5	8,8	27E	—	—	—	—	128

23	11	03,81	-7	10,2	3,13	4,02	11,8	19,6	7,6	24E	—	—	156
28	11	06,79	-7	30,9	3,19	4,11	11,9	19,7	6,4	21E	—	—	100
2	11	09,74	-7	52,4	3,24	4,19	12,0	19,8	5,4	18E	—	—	43
7	11	12,63	-8	14,7	3,30	4,26	12,1	19,8	4,6	15E	—	—	27
12	11	15,45	-8	37,6	3,36	4,33	12,2	19,9	3,9	13W	—	—	92
17	11	18,20	-9	01,1	3,41	4,39	12,2	20,0	3,6	12W	—	—	156
22	11	20,85	-9	25,0	3,47	4,44	12,3	20,0	3,7	13W	—	—	131
27	11	23,40	-9	49,2	3,53	4,49	12,4	20,1	4,1	15W	—	—	75
2	11	25,83	-10	13,8	3,58	4,53	12,5	20,1	4,8	17W	—	—	19
7	11	28,13	-10	38,5	3,64	4,56	12,5	20,2	5,5	20W	—	—	58
12	11	30,29	-11	03,4	3,69	4,58	12,6	20,2	6,3	24W	—	—	125
17	11	32,27	-11	28,2	3,75	4,60	12,7	20,3	7,1	28W	—	—	159
22	11	34,08	-11	53,0	3,80	4,61	12,7	20,3	7,9	32W	—	—	105
27	11	35,70	-12	17,5	3,85	4,62	12,8	20,4	8,7	36W	—	—	48
1	11	37,10	-12	41,8	3,91	4,62	12,8	20,4	9,4	40W	—	—	24
6	11	38,27	-13	05,7	3,96	4,61	12,8	20,4	10,1	44W	—	—	92
11	11	39,18	-13	29,1	4,01	4,69	12,9	20,4	10,7	49W	—	—	155
16	11	38,82	-13	51,8	4,06	4,58	12,9	20,4	11,2	53W	—	—	133
21	11	40,16	-14	13,6	4,12	4,56	12,0	20,5	11,7	58W	—	—	76
26	11	40,19	-14	34,6	4,17	4,53	13,0	20,5	12,1	63W	—	—	22
1	11	39,88	-14	54,3	4,29	4,50	13,0	20,5	12,5	67W	—	20	56
6	11	39,22	-15	12,8	4,27	4,46	13,0	20,5	12,7	72W	25	20	127
11	11	38,18	-15	29,7	4,32	4,43	13,1	20,5	12,9	77W	24	19	156
16	11	36,74	-15	44,8	4,37	4,39	13,1	20,5	12,9	82W	24	19	102
21	11	34,90	-15	57,9	4,42	4,35	13,1	20,5	12,9	88W	24	19	46
26	11	32,64	-16	08,7	4,47	4,31	13,1	20,5	12,7	93W	24	19	27
31	11	29,96	-16	17,1	4,52	4,27	13,1	20,5	12,4	98W	24	19	94

ПРИЛОЖЕНИЕ IV

**БЛАНК НАБЛЮДАТЕЛЯ КОМЕТЫ ГАЛЛЕЯ
(ВИЗУАЛЬНЫЕ НАБЛЮДЕНИЯ)**

Наблюдатель _____ Место наблюдения _____
 Адрес _____

Дата и время	m_1	m_2	Инструмент			Увели- чение	D	d	DC	C	p	Приме- чание
			апер- тура	тип	f							

ПРИЛОЖЕНИЕ V

**ВИДИМЫЙ ПУТЬ КОМЕТЫ ГАЛЛЕЯ (ЭФЕМЕРИДА) В 1985—
1986 ГОДАХ НА ПОДРОБНЫХ КАРТАХ ЗВЕЗДНОГО НЕБА**

На 12 картах звездного неба каталога Смитсоновской астрофизической обсерватории нанесен видимый путь кометы Галлея в интервале с 6 сентября 1985 г. по 11 сентября 1986 г., когда интегральный блеск кометы Галлея будет превышать 12,5 звездную величину и комета может быть доступной для визуальных любительских наблюдений. По горизонтальной оси нанесены значения прямых восхождений через 4^m, по вертикальной оси — значения склонений через 1°. Звездные величины самых слабых звезд 9—9^m,5.

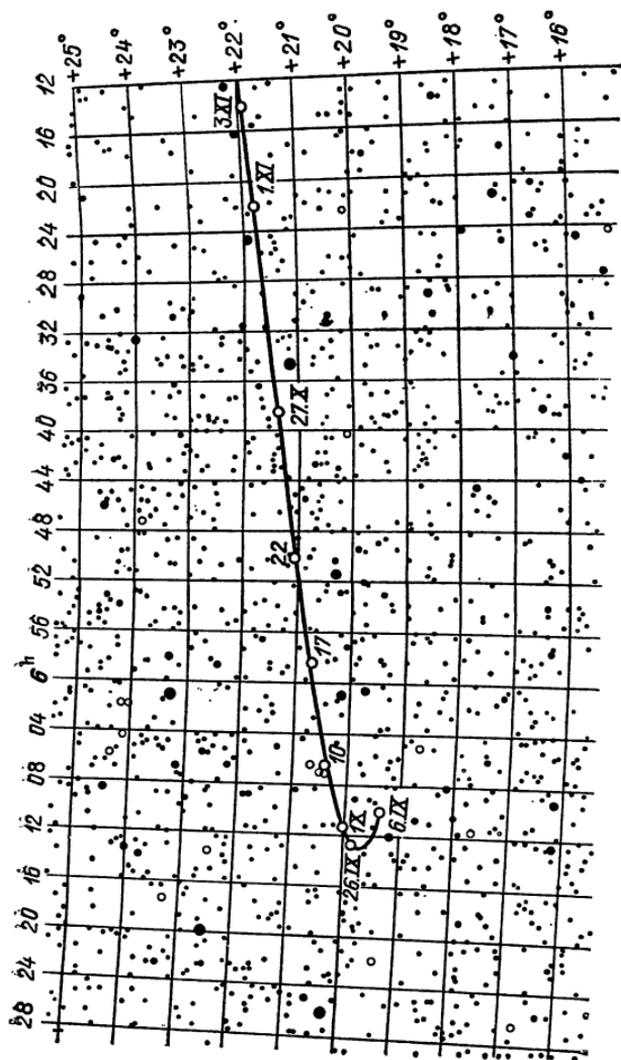


Рис. 109. Видимый путь кометы с 61X по 31X.1985 г.

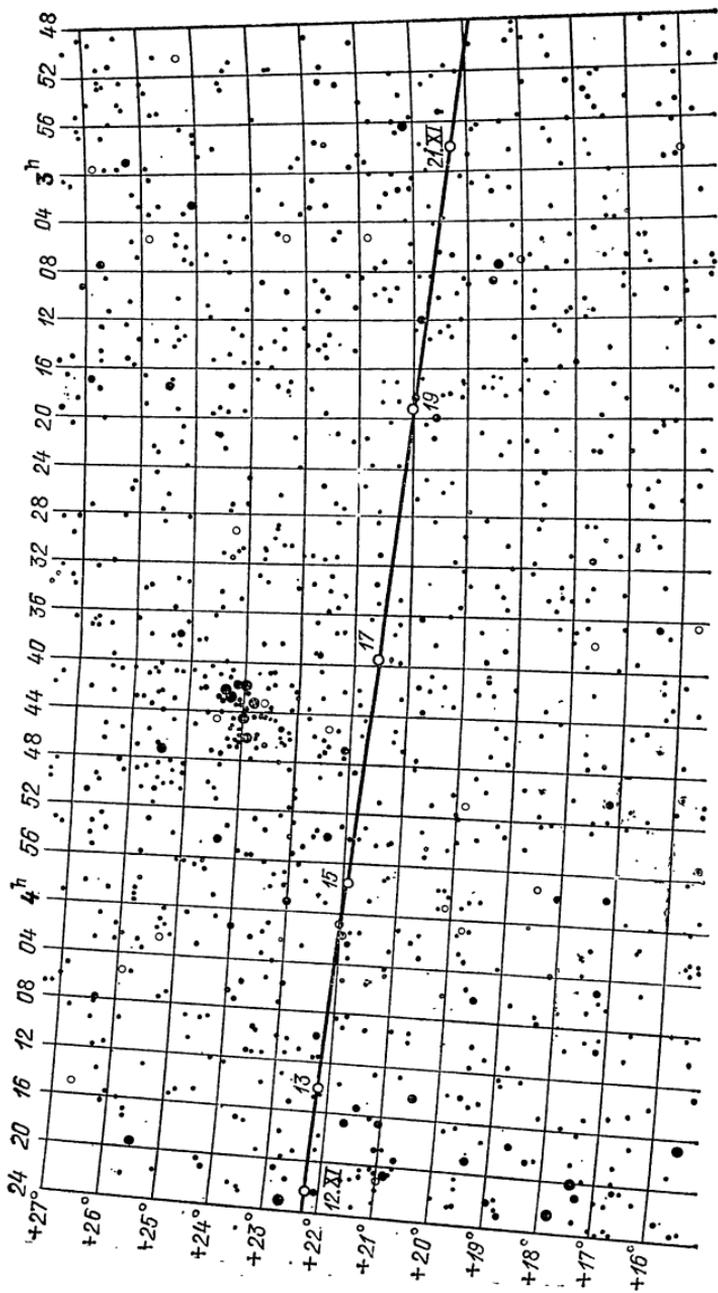


Рис. 111. Видимый путь кометы с 12 по 21.XI.1985 г.

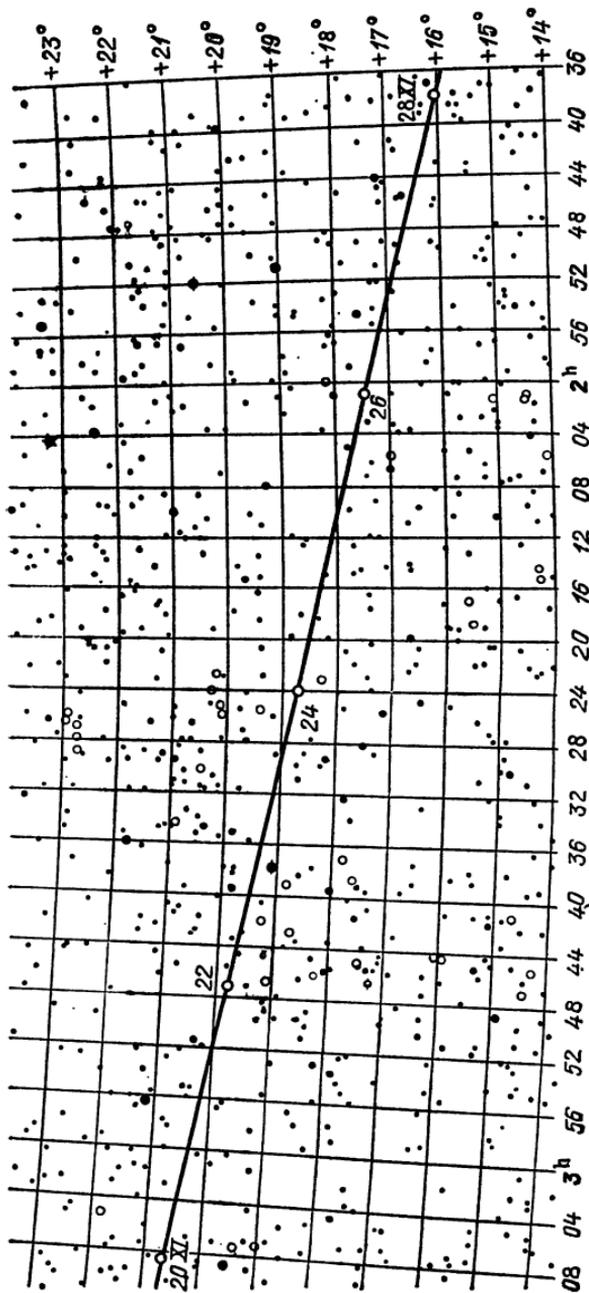


Рис. 112. Видимый путь кометы с 20 по 28.XI.1985 г.

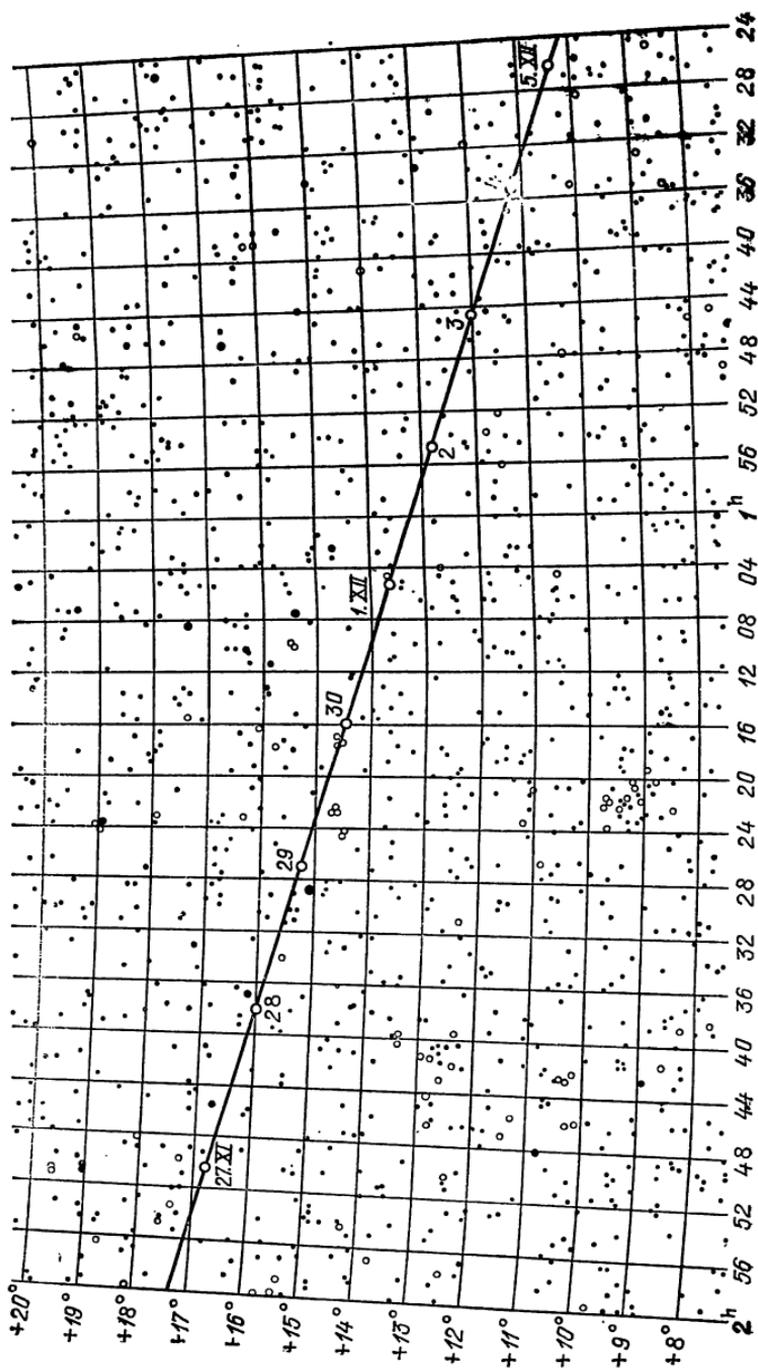


Рис. 113. Видимый путь кометы с 27.XI по 5.XII.1985-г.

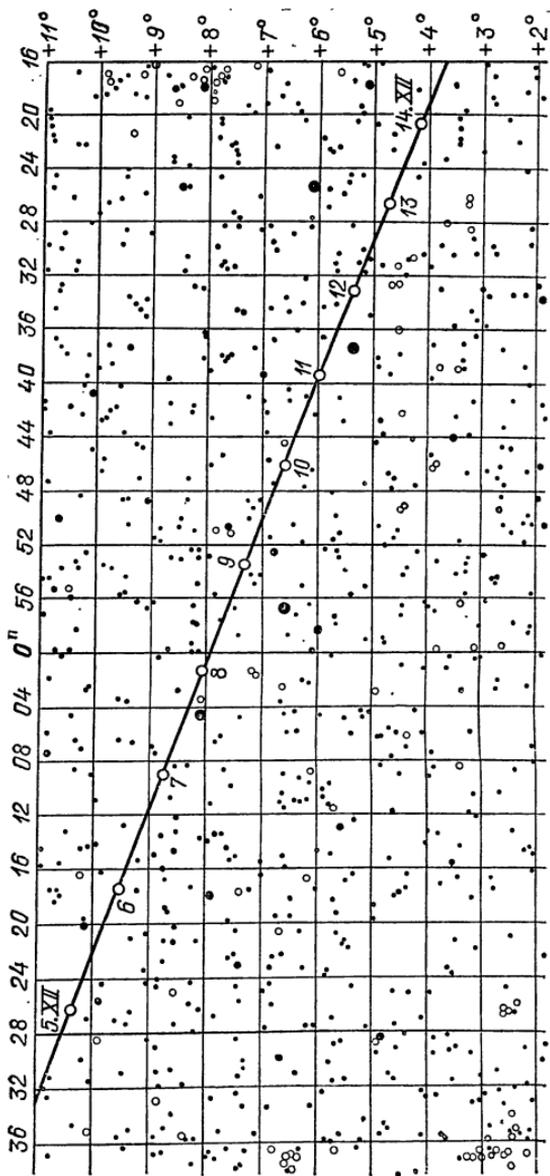


Рис. 114. Видимый путь кометы с 5 по 14.XII.1985 г.

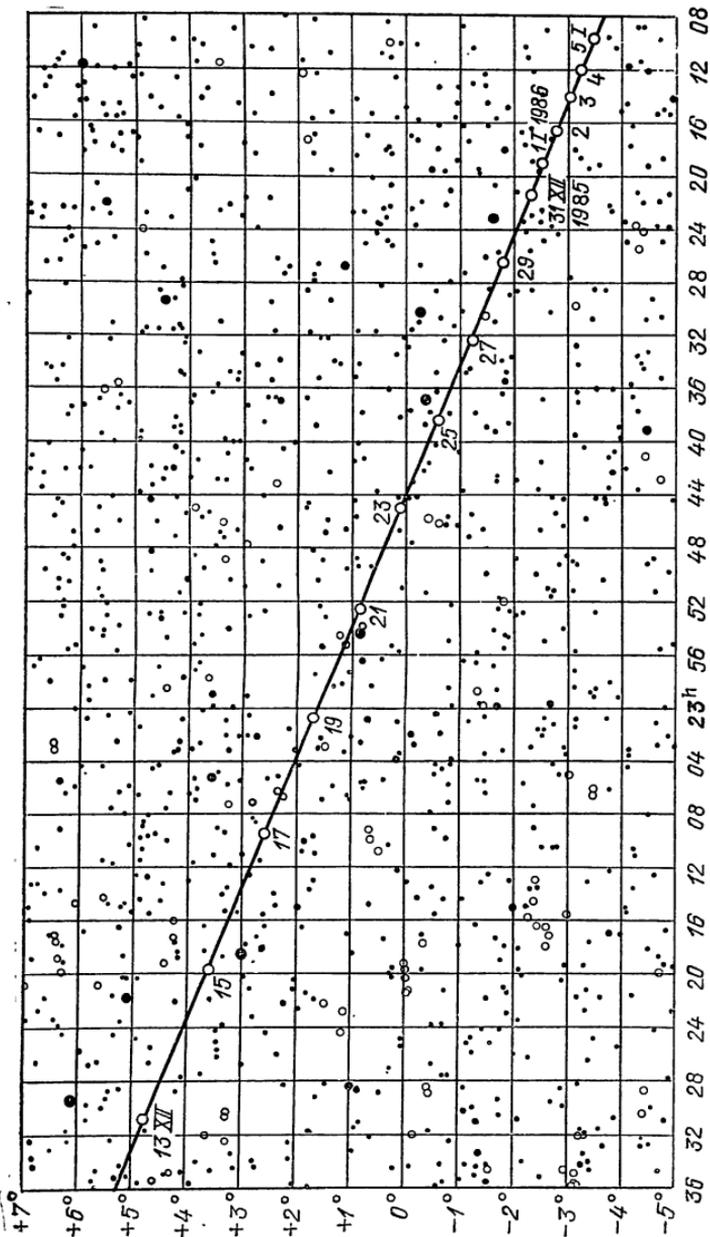


Рис. 115. Видимый путь кометы с 13.XII.1985 по 5.I.1986 гг.

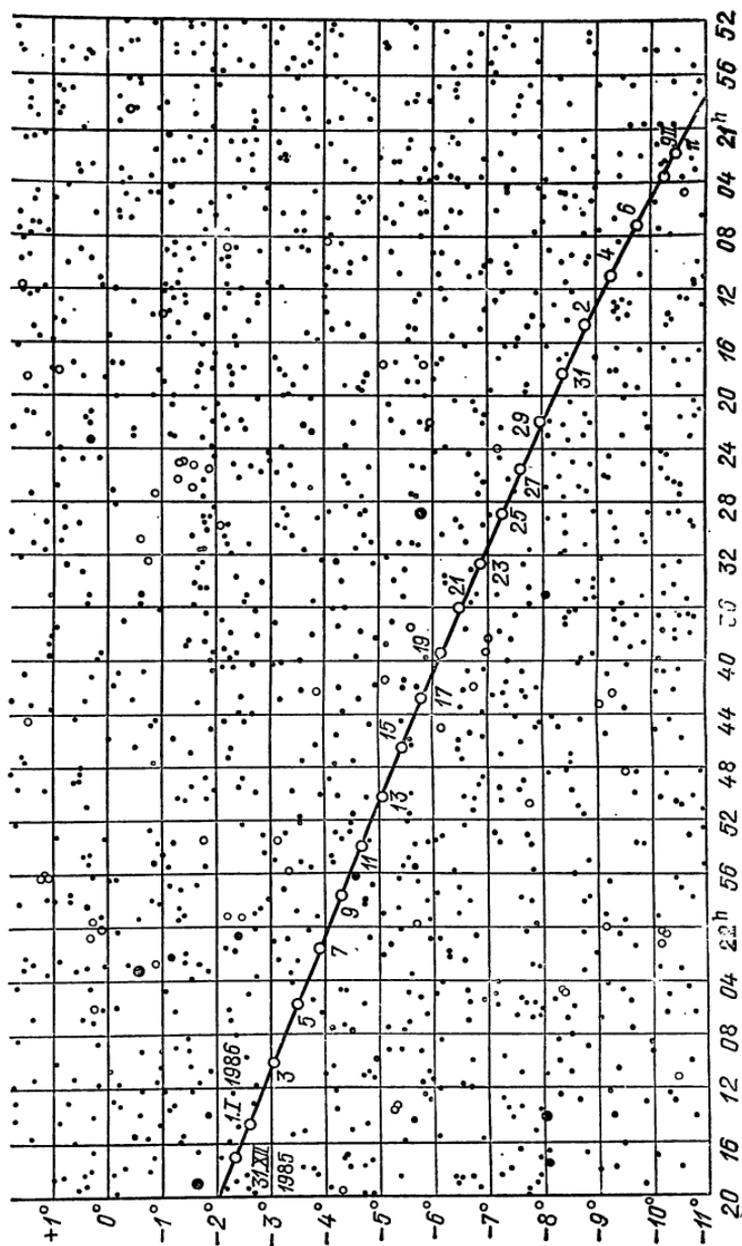


Рис. 116. Видимый путь кометы с 31.XII.1985 по 9.I.1986 гг.

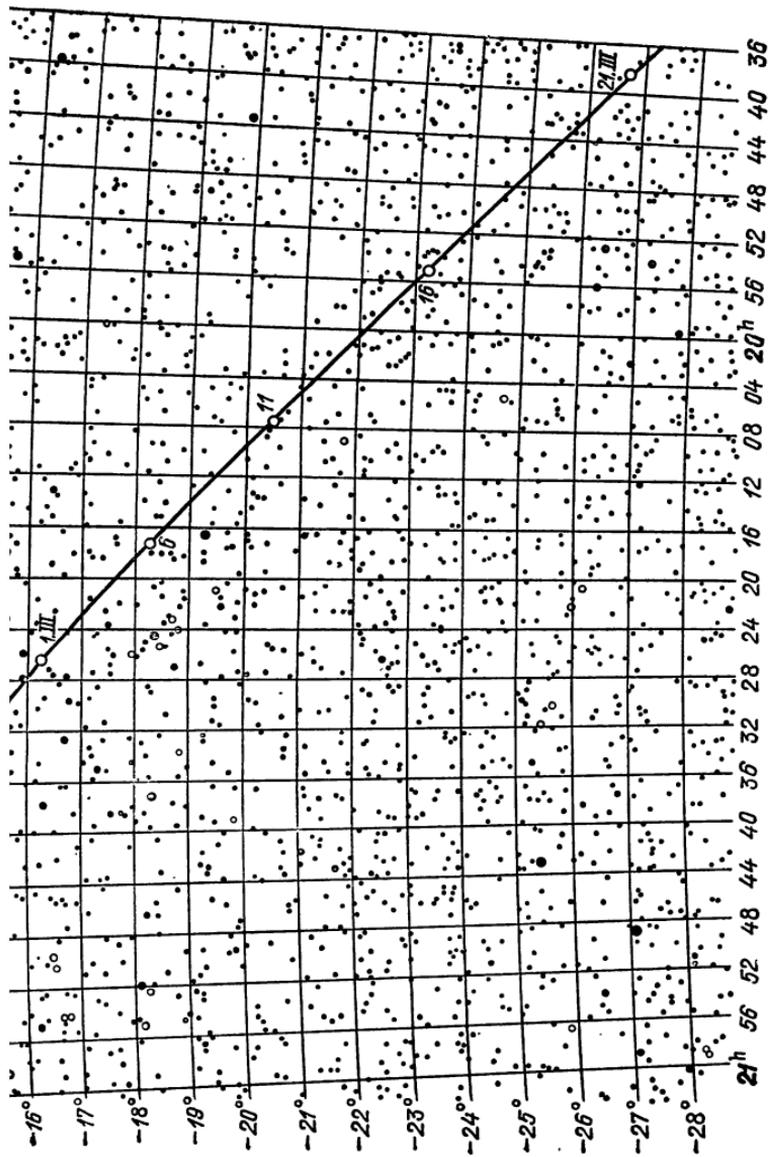


Рис. 117. Видимый путь кометы с 1 по 21.III.1986 г.

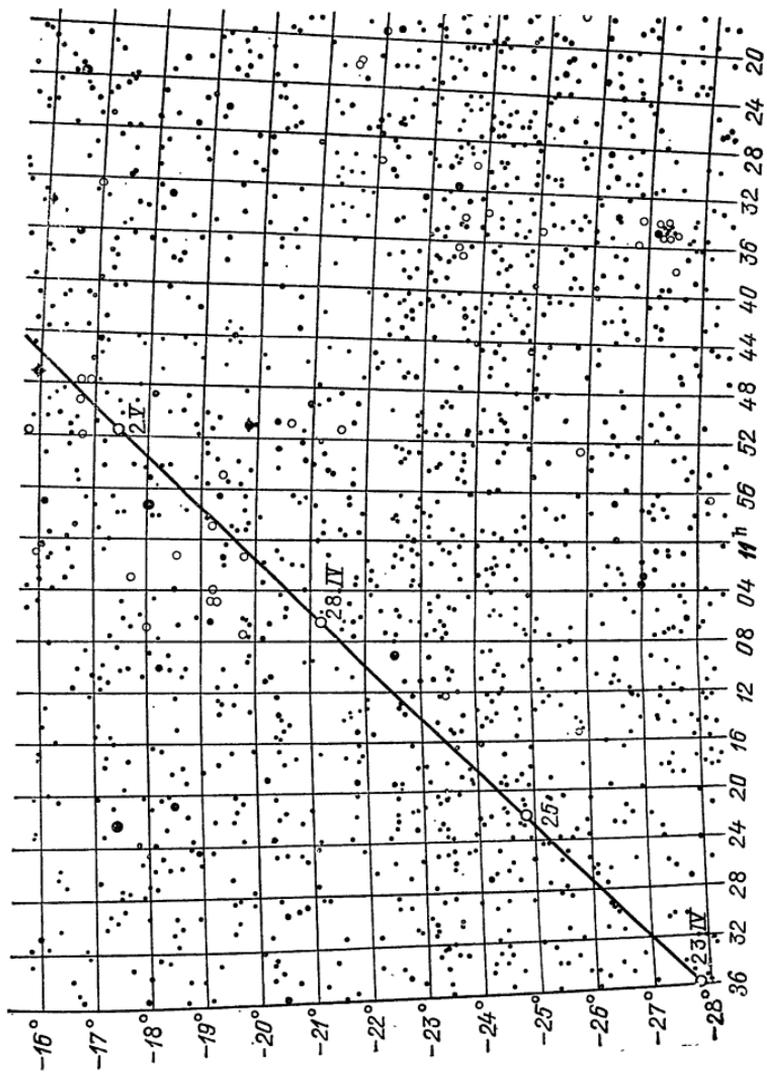


Рис. 118. Видимый путь кометы с 23.IV по 5.V.1986 г.

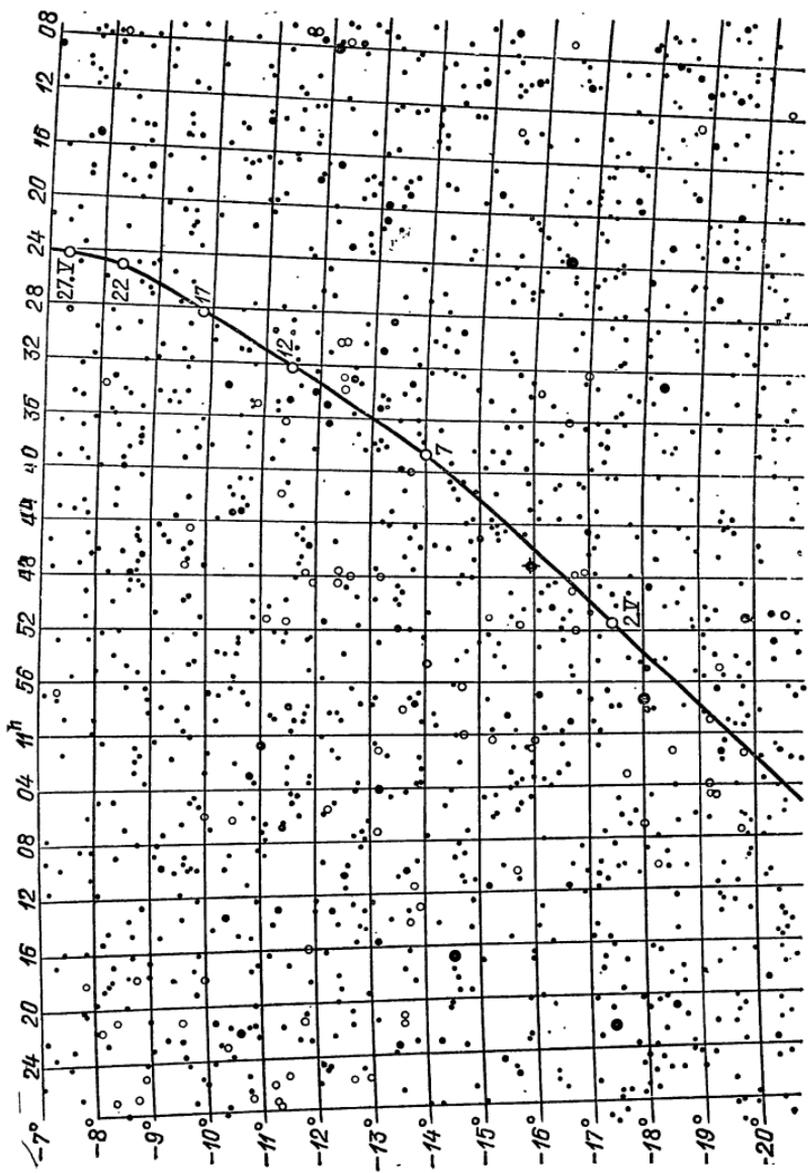


Рис. 119. Видимый путь кометы со 2 по 27.V.1986 г.

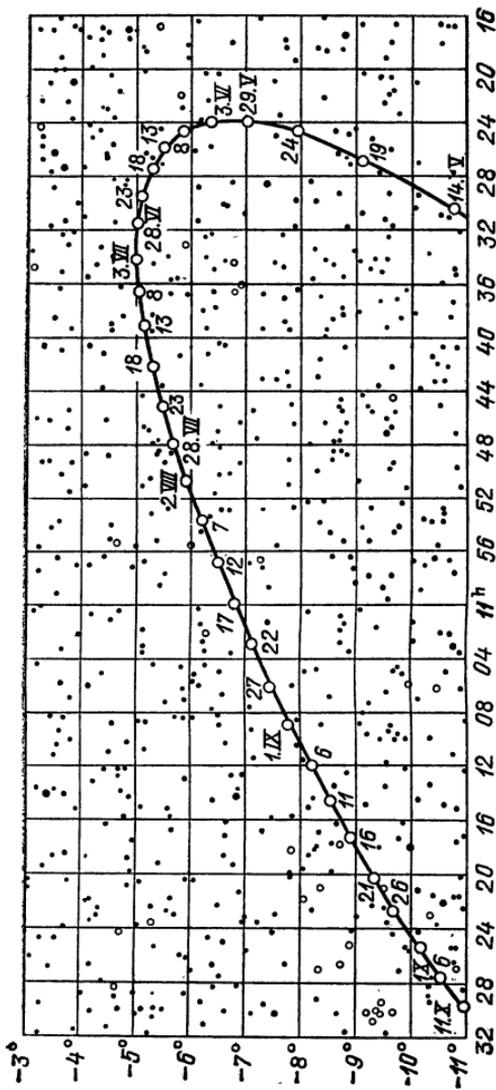


Рис. 120. Видимый путь кометы с 14.V по 11.X.1986 г.

АСТРОНОМЫ ГОТОВЯТСЯ К ВСТРЕЧЕ КОМЕТЫ (дополнение в корректуре)

В октябре 1983 г. в Киевском университете состоялась очередная Всесоюзная конференция по физике комет, на которой были обсуждены и одобрены специальные инструкции по всем видам наземных наблюдений кометы Галлея, составленные координаторами СОПРОГ. Головное учреждение СОПРОГ — ГАО АН УССР — издало эти инструкции в трех частях под названием «Рекомендации к наблюдениям кометы Галлея в 1985—1986 гг.» и распространило их по всей наблюдательной сети СОПРОГ как в СССР, так и за рубежом. Для любителей астрономии интерес представляют вторая и третья части (задачи, методика визуальных наблюдений, условия видимости кометы Галлея).

В июне 1984 г. руководство ИНВ организовало две конференции: в Праге по физике кометы Галлея, в Мюнхене — по астрометрии. Обе конференции, в основном, были посвящены анализу результатов тренировочного тура по отработке наблюдательных программ ИНВ на периодической комете Кроммелина, сблизившейся с Землей в марте 1984 г. до 0,79 а. е. и имевшей в этот период блеск $\sim 8^m$. На этих конференциях была отмечена активность наблюдательной сети СОПРОГ, получившей около половины всех позиционных наблюдений кометы Кроммелина при этом ее появлении. Были проведены астрофизические наземные наблюдения кометы и получены ультрафиолетовые спектры кометы с борта международного спутника IUE.

Советские любители астрономии в июне 1984 г. собрались в Москве, чтобы детально познакомиться с задачей любительских наблюдений кометы Галлея, обучиться методике визуальных наблюдений комет и обменяться взаимным опытом в организации подобных наблюдений.

В октябре 1984 г. в Крымской астрофизической обсерватории АН СССР состоялась Всесоюзная конференция по физике и динамике малых тел Солнечной системы, посвященная памяти выдающегося исследователя комет киевского профессора С. К. Всехсвятского, скончавшегося 6 октября 1984 г. На конференции обсуждались итоги тренировочного тура ИНВ (комета Кроммелина) и результаты наблюдений и исследований других комет (Галлея, Остина и др.). Уникальную серию фотоэлектрических наблюдений новой кометы Остина в сентябре — октябре 1984 г. провели с помощью 50-сантиметрового рефлектора и узкополосных интерференционных фильтров А'Хирна (система кометных фильтров ИНВ) астрономы кафедры астрономии Киевского университета К. И. Чурисов и В. К. Клещенок, что явилось весьма удачной репетицией перед подобными же наблюдениями кометы Галлея. Такие наблюдения позволяют определить ряд важных физических параметров поверхностного слоя ледяного ядра кометы (например, скорости выделения кометных газов и др.). Если комета Кроммелина была труднодоступным для наблюдений объектом (большое зенитное расстояние, отрицательное склонение и др.), то комета Остина в максимуме достигла блеска $\sim 6^m$ и наблюдалась высоко над горизонтом; интересной также оказалась орбита кометы Остина, напоминающая в основных чертах орбиту кометы Галлея: обратное движение, большой эксцентриситет, малое перигелийное расстояние и т. д. Поэтому ее наблюдения в какой-то мере имитировали предстоящие наблюдения кометы Галлея.

В июне и октябре 1984 г. в Киеве были проведены два рабочих совещания СОПРОГ. На октябрьском совещании присутствовал и один из президентов ИНУ — Юрген Рае. Как и на кометной конференции в Крыму, так и на октябрьском рабочем совещании СОПРОГ в Киеве был продемонстрирован новый звуковой цветной фильм «Комета Галлея», недавно созданный межвузовской кинофотолабораторией при Ленинградском университете. Руководитель СОПРОГ Я. С. Яцкив и Ю. Рае дали высокую оценку фильму и обсудили возможности распространения этого фильма по сети стран — участниц ИНУ.

За два года после переоткрытия кометы Галлея получено около 100 ее наблюдений, анализ которых показал значительные колебания блеска кометы от ночи к ночи и в течение одной ночи (до $\sim 1_m, 5$). Так как комета находится все еще на значительном расстоянии от Солнца (около 1 000 000 000 км), подобные колебания блеска, возможно, объясняются вращением ее ядра вокруг оси, причем период вращения, определяемый по этим колебаниям блеска, заключен в пределах от 8 до 48 часов (полагают, что наиболее вероятный период вращения ядра равен 48 часам). Однако, возможно, что эти колебания блеска объясняются нестационарными процессами в уже, по-видимому, образовавшейся газовой-пылевой атмосфере кометы или облаке мелких льдистых частиц, в настоящее время окружающих ядро.

В СССР с 20 сентября по 4 октября 1984 г. на горе Санглок в Таджикистане с помощью метрового рефлектора получено 13 изображений кометы Галлея (блеск $\sim 21^m, 5-22^m, 6$). Наблюдения кометы Галлея были проведены также с помощью 6-метрового телескопа Специальной астрофизической обсерватории АН СССР И. Д. Караченцевым 25 и 26 сентября 1984 г. У кометы в этот момент был замечен небольшой хвост длиной около 3".

Комету Галлея 26 декабря 1984 г. фотографировали под Алма-Атой (в Ассах) с помощью 1-метрового рефлектора К. И. Чурюмов, Д. И. Городецкий и Х. М. Мелеев ($\sim 20^m$). Интересно, что, несмотря на слабость объекта, уже получены первые спектры кометы

Дни кометы Галлея

Дата	г. а. е.	Дата	г. а. е.
1983 декабрь 9—11	8,4	1986 январь 4—6	1,0
1984 январь 27—29	8,0	февраль 3—6	0,6
март 23—25	7,6	февраль 17—19	0,6
октябрь 29—31	5,8	март 4—18	0,9
декабрь 21—23	5,4	март 28—30	1,1
1985 февраль 13—15	4,9	апрель 6—13	1,3
апрель 9—11	4,3	май 3—5	1,7
август 24—26	2,8	июнь 1—3	2,1
сентябрь 21—23	2,5	август 1—3	2,9
октябрь 18—20	2,1	ноябрь 12—14	4,0
ноябрь 3—5	1,9	1987 январь 6—8	4,6
ноябрь 12—18	1,7	апрель 22—24	5,6
декабрь 8—13	1,3	июнь 16—18	6,1
		декабрь 27—29	7,6

Галлея, причем пока наблюдается только непрерывный спектр. Распределение энергии показывает, что комета Галлея краснее Солнца, т. е., по-видимому, на поверхности ее ледяного ядра имеются отложения какого-то темного вещества. Проверить это удастся только с борта четырех посылаемых к комете космических аппаратов.

Обращаем особое внимание любителей на то, что согласно решению руководства ИВУ установлены специальные дни кометы Галлея с декабря 1983 г. по декабрь 1987 г., во время которых должны проводиться непрерывные скоординированные наблюдения кометы по всем видам ее наземных исследований (см. таблицу).

Естественно, что комета Галлея будет наблюдаться и между этими избранными ИВУ интервалами и после 1987 г. В первую очередь это касается позиционных и фотометрических наблюдений. А для радиолокационных исследований ядра кометы Галлея подходящими являются только периоды 12—18 ноября 1985 г. и 6—13 апреля 1986 г., когда произойдет сближение кометы с Землей. Период с 4 по 18 марта 1986 г. — это весьма важный период совместных наблюдений и исследований кометы Галлея с Земли и из космоса.

Итак все меньше и меньше времени остается до начала массовых наблюдений знаменитой кометы. Но еще немало предстоит потрудиться и профессионалам, и любителям астрономии, чтобы успешно провести комплексные наблюдения этого интереснейшего светила.

СЛОВАРЬ

А

- Абсолютная звездная величина кометы** — звездная визуальная величина (интегральная или центральной конденсации, ядра кометы), которую бы имела комета, если бы находилась точно на расстоянии в 1 а. е. от Солнца и Земли. Обозначается H_0 или H_{10} .
- Азимут** — угловое расстояние от точки севера в направлении к востоку до пересечения горизонта с вертикалом, проходящим через объект.
- Альbedo** — отношение потока излучения, отраженного во всех направлениях, к полному падающему потоку.
- Ангстрем** — единица длины, равная 10^{-8} см, которая используется в спектроскопии для измерения длин волн; обозначается Å . 1Å приблизительно соответствует диаметру атома водорода.
- Аномалия** — угол, используемый для описания положения кометы относительно Солнца. Истинная аномалия — это угловое расстояние между перигелием и наблюдаемым положением кометы. Средняя аномалия — это угловое расстояние между перигелием и условной кометой, которая равномерно движется по круговой орбите с периодом, равным периоду обращения кометы, и совпадает с ней в афелии и перигелии.
- Аномальный хвост** — хвост, направленный к Солнцу, представляющий собой тонкий слой твердых частиц. Различают также псевдоаномальные хвосты, наблюдающиеся вблизи момента пересечения Землей плоскости орбиты кометы, когда видны твердые частицы (пылинки или льдинки), распределенные вдоль орбиты кометы (материализованная орбита).
- Апертура** — эффективная площадь главного зеркала или линзы телескопа; иногда выражается через диаметр.
- Апсид линия** — большая ось эллиптической орбиты, линия, соединяющая А(фелий) и П(еригелий) орбиты кометы.
- Аргумент перигелия ω** — угловое расстояние от восходящего узла Ω до точки перигелия, измеряемое в плоскости орбиты кометы в направлении ее движения.
- Астрономическая единица (а. е.)** — среднее расстояние между Землей и Солнцем, равно $1,496 \cdot 10^8$ км = 500 световых секунд.
- Астрономические сумерки** — промежуток времени от захода Солнца до того момента, когда Солнце опускается на 18° ниже горизонта, и соответствующий промежуток времени перед восходом Солнца.
- Атмосфера кометы** — диффузная газово-пылевая оболочка, окружающая ядро кометы. Атмосфера кометы включает в себя кому (видимую $\sim 10^6$ км и невидимую $\sim 10^7$ км), а также хвост и ионосферу.

Б

Бальде — Джонсона полосы — спектральные полосы радикала CO^+ .

Баллика — Рамсея полосы — спектральные полосы S_2 в ближайшей инфракрасной области ($0 - 0$ у $\lambda 1,7625$ мкм).

В

Видимая звездная величина кометы (m_1) — мера наблюдаемого блеска небесного объекта, видимого с Земли. Является функцией абсолютного блеска кометы H_0 , расстояния от наблюдателя (Δ), от Солнца (r) и от угла фазы ϕ .

Визуальная звездная величина кометы — звездная величина, определенная по визуальным наблюдениям.

Восходящий узел Ω — точка на орбите кометы, в которой она пересекает эклиптику в направлении с юга на север.

Вспышка блеска кометы — внезапное усиление блеска кометы, заметно отклоняющееся от монотонного изменения блеска, связанного с изменением гелиоцентрического и геоцентрического расстояний кометы.

Г

Галос — кольцевое светящееся образование, расширяющееся в голове кометы со скоростью от нескольких сотен метров в секунду до нескольких километров в секунду.

Голова — диффузная газопопылевая оболочка кометы (кома) вместе с ледяным ядром.

Д

Движение линии апсид — вращение линии апсид в плоскости орбиты кометы; вызывается возмущениями от планет.

Дублет натрия — пара связанных друг с другом спектральных линий натрия ($\lambda 5890$ и 5896 \AA).

З

Звездная величина — числовое значение блеска объекта, выраженное в логарифмической шкале. Объекты, отличающиеся друг от друга на одну звездную величину (1^m) от-

личаются по блеску в 2,512 раз (чем меньше звездная величина, тем ярче объект).

И

Интенсивность — количество световой энергии, излучаемое в единицу времени внутри единичного телесного угла единичной площади, перпендикулярно к элементу поверхности.

К

Кома — сферическая область разреженного газа и пыли размером до 10^6 км, окружающая ядро кометы. Ядро и кома образуют голову кометы.

Комета — малое тело Солнечной системы, обладающее ледяным ядром с примесью минеральных соединений, способное в течение длительного времени вблизи Солнца образовывать и поддерживать протяженные диффузные комы и хвосты.

Кометное семейство — совокупность комет, афелии орбит которых располагаются вблизи орбиты какой-либо планеты (например, семейство Юпитера из 95 комет).

Корона Солнца — самые внешние слои солнечной атмосферы, расположенные над хромосферой, состоящие из горячего ($1 - 2 \cdot 10^6 \text{ K}$) газа низкой плотности ($\sim 10^{-16} \text{ г/см}^3$).

Космогония — наука о происхождении небесных тел и их систем.

Л

Лагранжа точки — пять точек, лежащих в орбитальной плоскости двух массивных тел, обращающихся по круговым орбитам вокруг общего центра масс. Три точки Лагранжа лежат на прямой, проходящей через центры масс двух тел: L_2 — позади более массивного тела, L_1 — между двумя телами (точка, через которую происходит перенос вещества), L_3 — позади менее массивного тела. Точки L_4 и L_5 — равноудалены от обоих тел и лежат на орбите менее массивного тела.

Лучистое давление — передача импульса электромагнитным излучением, падающим на поверхность тела.

М

Метеор — явление в верхней атмосфере, возникающее при прохождении через земную атмосферу метеорного тела. Метеоры ярче Венеры называются болидами.

Метеорит — часть метеорного тела, достигшая Земли.

Метеорный поток — явление множества метеоров, пути которых кажутся пересекающимися в одной точке неба (радианте).

Молекулярная полоса — серия близко расположенных, часто неразрешимых линий излучения и поглощения в спектрах молекул.

Н

Наклонение i — угол между плоскостью орбиты кометы и плоскостью эклиптики.

Небесный меридиан — большой круг небесной сферы, который проходит через полюс мира и зенит места наблюдения.

Небесный экватор — большой круг, по которому плоскость земного экватора пересекает небесную сферу.

Нисходящий узел — точка на орбите кометы, в которой она пересекает эклиптику в направлении с севера на юг.

П

Перигелий — ближайшая к Солнцу точка орбиты кометы.

Полосы циана — молекулярные полосы, наблюдаемые в спектрах комет. Наиболее интенсивные у λ 3883 Å.

Пояс астероидов — область пространства между орбитами Марса и Юпитера, где находится подавляющее большинство астероидов. Ни один из астероидов пояса не имеет обратного движения.

Р

Распределение яркости (блеска) по поверхности головы (хвоста) кометы — закон изменения яркости (блеска) в голове (или хвосте) кометы в зависимости от кометоцентрического расстояния.

С

Свана полосы — спектральные полосы S_2 , впервые исследованные Сваном в 1856 г.

Семейство комет — см. кометное семейство.

Синхроны — структура пылевых хвостов, имеющая вид однородных полосок, образующихся при одновременном выбросе пылевых частиц из ядра с различными скоростями и под действием различных отталкивательных сил.

Синдинами — пылевые хвосты, образующиеся из пылинок, покидающих ядро в течение определенного интервала времени под действием одной и той же отталкивательной силы и с одной и той же начальной скоростью.

Склонение — угловое расстояние небесного объекта от небесного экватора (к северу «+», к югу «-»). Аналог широты на земной поверхности.

Скорость убегания — скорость, которую должно иметь тело, чтобы двигаться по параболической орбите относительно центрального тела:

$$v_e = \sqrt{2GM/R}.$$

Солнечный ветер — поток солнечных протонов и электронов с примесью α -частиц, непрерывно истекающих из солнечной короны.

Солнечный цикл — период между максимумами (минимумами) числа пятен на Солнце (примерно 11 лет).

Стрие — прямолинейные структуры в пылевых хвостах комет, располагающиеся более параллельно к продолженному радиусу-вектору кометы, чем пылевые потоки (синхроны).

Т

Точка весеннего равноденствия — точка пересечения эклиптики с небесным экватором, через которую Солнце проходит, двигаясь с юга на север ($\alpha = 0^\circ$, $\delta = 0^\circ$).

Точка равноденствия — каждая из двух точек на небесной сфере, в которых небесных экватор пересекается с эклиптикой.

У

Ударная волна — скачкообразное изменение давления, температуры и плотности непрерывной среды, которое происходит в случае, когда

скорость распространения возмущения в среде превышает скорость звука в ней.

Узел — точка небесной сферы, в которой орбита кометы пересекает эклиптику.

Ультрафиолетовое излучение — электромагнитное излучение в диапазоне длин волн $100\text{--}4000 \text{ \AA}$, соответствующее части спектра за фиолетовой областью.

Ф

Флуоресценция — процесс, при котором поглощается фотон с некоторой длиной волны, а затем немедленно излучается один или несколько фотонов с большими длинами волны.

Фотографическая звездная величина — звездная величина кометы, определенная по ее изображению на астронегативе путем сравнения с внефокальными изображениями звезд.

Фотометрия — измерение интенсивности света.

Х

Хвост кометы — длинная газопопылевая светлая полоса протяженностью около $10^7\text{--}10^8$ км, плотностью $\sim 10^{-18}$ атм, выходящая из головы кометы в противоположную от Солнца сторону.

Ч

Часовой круг — большой круг, проходящий через небесный полюс, т. е.

перпендикулярный небесному экватору.

Часовой угол — угол между меридианом и часовым кругом светила; измеряется в направлении с востока на запад.

Э

Элементы орбиты — шесть величин, которые должны быть получены из наблюдений для определения размера, формы и ориентации орбиты в пространстве: a — большая полуось, e — эксцентриситет, ω — аргумент перигелия, Ω — долгота восходящего узла, i — наклонение орбиты к плоскости эклиптики и T — момент прохождения через перигелий.

Элонгация — угол комета — Земля — Солнце.

Эпика — Оорта облако — гипотетическая совокупность комет в периферийных областях Солнечной системы, простирающаяся от 50000 а. е. до 150 000 а. е. от Солнца.

Эфемерида — таблица вычисленных положений кометы (планеты) для последовательных моментов времени

Я

Ядро кометы — загрязненный снежно-ледяной ком или глыба сложного химического состава размером от нескольких сотен метров до нескольких десятков километров.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

- Беляев Н. А.* Кометы полны тайн. — Л.: Знание, 1983.
- Беляев Н. А., Чурюмов К. М.* Комета Галлея (экранное пособие). — М.: Знание, 1984.
- Воронцов-Вельяминов Б. А.* Очерки о Вселенной. — М.: Наука, 1980.
- Всехсвятский С. К.* Физические характеристики комет. — М.: Физматгиз, 1958.
- Всехсвятский С. К.* Природа и происхождение комет и метеорного вещества. — М.: Просвещение, 1967.
- Генкин И. Л.* Новая гипотеза о происхождении короткопериодических комет. — *Астрономический циркуляр*, 1978, № 1002.
- Добровольский О. В.* Кометы. — М.: Наука, 1966.
- Казимирчак — Полонская Е. И.* О роли Нептуна в преобразовании кометных орбит и о происхождении комет. — В кн.: *Астрометрия и небесная механика*. — М.: Л.: Наука, 1978, вып. 7.
- Еремеева А. И.* Эдмунд Галлей. — *Земля и Вселенная*, 1982, № 4.
- Камерон А. Д. У.* Происхождение и эволюция Солнечной системы. — В кн.: *Солнечная система*. — М., 1978.
- Колдер Н.* Комета надвигается. М.: Мир, 1984.
- Климишин И. А.* Астрономия наших дней. — М.: Наука, 1980.
- Левин Б. Ю., Симоненко А. Н.* Комета Галлея. — М.: Знание, 1984.
- Луцкий В. К.* История астрономических общественных организаций в СССР. — М.: Наука, 1982.
- Маров М. Я.* Планеты Солнечной системы. — М.: Наука, 1981.
- Марочник Л. С., Скуридин Г. А.* На встречу с кометой Галлея. — *Природа*, 1982, № 8.
- Михайлов А. А.* К появлению кометы Галлея. — М., 1910.
- Михайлов А. А.* Выдающийся английский астроном и геофизик. — *Природа*, 1956, № 11.
- Орлов С. В.* О природе комет. — М.: Изд-во АН СССР, 1958.
- Периодическая комета Галлея (1982i).* *Кометный циркуляр*, 1982, № 297.
- Пономарев Д. Н.* Комета Галлея. — М.: Знание, 1984.
- Томдеев Р. З.* Летит комета. — *Известия*: 1982, 21 марта.
- Симоненко А. Н.* Рожденный кометой Галлея рой метеорных тел. — *Природа*, 1983, № 2.
- Субботина Н. М.* История кометы Галлея. — Пб., 1910.
- Томита К.* Беседы о кометах. — М.: Знание, 1982.
- Успенская Н. В.* Что нам сулит комета Галлея 1986 г. — *Природа*, 1982, № 8.
- Фламмарин К.* Живописная астрономия. — Спб., 1900.
- Чурюмов К. И.* Кометы и их наблюдение. — М.: Наука, 1980.

- Яцкив Я. С. Первые наблюдения приближающейся кометы. — Земля и Вселенная, 1983, № 3.
- Яцкив Я. С., Чурюмов К. И. Комета Галлея: в ожидании встречи. — Наука в СССР, 1983, № 6.
- Яцкив Я. С., Чурюмов К. И. Международная программа наблюдений кометы Галлея. — Земля и Вселенная, 1984, № 1.
- A'Hearn M. F. Spectrophotometry of comets at optical wavelengths. — Comets/Ed. The University of Arizona press, Tucson, 1982.
- Drobyshevski E. M. The origin of short period comets. — Moon and Planets, 1978, v. 18.
- Edberg S. IHW Amateur observer's manual. USA, Pasadena, 1982.
- Fernandez J., Jockers K. Nature and origin of comets. — F. R. G.; Max-Planck-Institute für Aeronomie, 1982.
- Marsden B. G. Catalogue of Cometary orbits. — Fourth edition. — Cambridge, 1982.
- The need for coordinated Ground based observations of Halley's Comet. — Paris, 1982.
- Yeomanse D. The Comet Halley Handbook: An observer's Guide. — NASA, 1983.
- Yeomanse D., Kiang T. The long term motion of comet Halley. — Monthly Notices, 1981, No. 197.

*Николай Алексеевич Беляев,
Клим Иванович Чурюмов*

КОМЕТА ГАЛЛЕЯ И ЕЕ НАБЛЮДЕНИЕ

Редактор *Г. С. Куликов*
Технический редактор *В. Н. Кондакова*
Корректоры *Т. Г. Егорова, Т. С. Вайсберг*

ИБ № 12494

Сдано в набор 18.04.84. Подписано к печати 18.01.85.
Т-01230. Формат 84×108¹/₃₂. Бумага книжно-журналь-
ная. Литературная гарнитура. Высокая печать.
Усл. печ. л. 14,88. Усл. кр.-отт. 14,7. Уч.-изд л. 14,92.
Тираж 100 000 экз. Заказ № 236. Цена 55 коп.

Ордена Трудового Красного Знамени
издательство «Наука»
Главная редакция
физико-математической литературы
117071, Москва В-71, Ленинский проспект, 15

Ленинградская типография № 2 головное пред-
приятие ордена Трудового Красного Знамени Ле-
нинградского объединения «Техническая книга»
им. Евгении Соколовой Союзполиграфпрома при
Государственном комитете СССР по делам изда-
тельств, полиграфии и книжной торговли.
198052, г. Ленинград, Л-52,
Измайловский проспект, 29.

