

С.Ю. Масликов

ДРАКОН, ПОЖИРАЮЩИЙ СОЛНЦЕ

Полные солнечные затмения
в России



С.Ю. Масликов

ДРАКОН, ПОЖИРАЮЩИЙ СОЛНЦЕ



Полные солнечные затмения
в России

Мир Урана

2008

Нет на небе более завятымазанного и более эффективного зрелища, чем полное солнечное затмение. Интерес к этому явлению обостряется его редкостью — за последние два века на территории Сибири только семь раз можно было увидеть такое явление в обрывочной икорудной короне. Книгу, которую читатель держит в руках, можно было бы назвать «Все о затмениях», поскольку в ней собраны теории, практика и история наблюдений полных солнечных затмений в России. Ну а главный раздел посвящен предстоящему затмению 1 августа 2008 года, волею которого пересечет Сибирь. Другой возможности увидеть затмение, «из выноса из дома», у россиян не будет до 2011 года.

С. Ю. Масляков.

Дронин, Александрович *Солнце. Полные солнечные затмения в России.* — М.: Мир Урана, 2008. — 192 стр.

Научный редактор С. А. Яцен

Предисловие Э. В. Конюховича

Компьютерная верстка Е. В. Грель

По просьбе издательства фотографии, сделанные В. К. Конюховичем совместно с коллегами из 25 городов (указаны на стр. 86).

ISBN 978-5-91313-023-5

Подготовлено к печати 16.05.08.

Формат 84 x 108 1/32. Бумага офсетная № 1.

Мал. тираж. Л. 6. Тираж 1000 экз.

Заказ № 328.

Отп. в ЗАО «Греф и Ко», г. Тула, ул. Октябрьская, 51-а.

© С. Ю. Масляков, 2008

ООО «Мир Урана»

101000 Москва, Малый Златоустовский пер., 8, офис 2

Тел./факс: +495 624-71-24

www.mir-urana-books.ru

СОДЕРЖАНИЕ

От автора.....	4
Предисловие.....	5
ТЕОРИЯ	
Как устроены наши светила.....	7
Откуда бывают затмения.....	26
Периодичность затмений.....	35
Как предсказывают затмения.....	44
ПРАКТИКА	
Астрономические обстоятельства затмения 1 августа 2008 г.....	51
Любительские наблюдения.....	81
Меры безопасности.....	93
Оборудование.....	99
Выбор площадки.....	109
Как наблюдают Солнце профессиональные астрономы. С.А. Яков.....	113
ИСТОРИЯ	
Древнерусские затмения.....	123
Первые российские затмения: 1749, 1842, 1851 гг.....	125
Затмения на рубеже веков: 1887 – 1914 гг.....	136
Затмения периода СССР и новой России 1927 – 2006 гг.....	150
НОВОСИБИРСК – СТОЛИЦА ЗАТМЕНИЯ	
Астрономия в Новосибирске.....	173
Что еще можно посмотреть в Новосибирске.....	181
Заключение.....	183
Указатель имен.....	184
Сокращения.....	188
Список литературы.....	189

От автора

Выражаю огромную благодарность моему редактору книги и автору одной из ее глав кандидату физико-математических наук Сергею Аристарховичу Вазю (Астрономическая обсерватория Иркутского государственного университета), все квалифицированной помощью которого книга могла бы остаться неизверженной.

Нельзя сказать, что была поддержка и благосклонность предшественника опытного коллекционера данных, Валерия Владимировича Коваленко (Государственный астрономический институт имени П. К. Штернберга, МГУ).

В подготовке исторических обзоров и наблюдений российских солнечных затмений в XX веке ориентиром мне служила очень полная и живая информация с сайта ГАИШ, подготовленная кандидатом физико-математических наук Анной Борисовной Деловой. Другой важной источником исторической информации — файлы на уникальные страницы издания библиографа Томского государственного университета. Благодаря за помощь заведующему музеем истории физики ТГУ кандидату физико-математических наук Вазю Николаевику Антону.

В книге также использовались материалы Фрэнк Зельмана (NASA), который служит для меня ярким примером увлеченности любимым делом. Обстоятельства затмения 1 августа 2008 года для проекта Западной Сибири являются выбором из фундаментального труда фундаментального астронома Петра Рюка (Парнасский астрономическая обсерватория). Описание частых фаз затмения для городов России и Беларуси публикуется совместно с сайта Института Практической Астрономии (Санкт-Петербург). И, наконец, огромную помощь в изучении обстоятельств исторических затмений оказала любительская распространительная компьютерная программа EclapWin, создатель Шенлибу Такаоки (Япония).

Отдельные спасибо коллегам и руководителям, которые не только не стали против моего увлечения, но вообще сочувствовали и моей основной деятельности.

Работа над этой книгой продолжалась более года, преимущественно во вечерам и в выходные дни, хотя сбор исторических данных имеет гораздо более долгую традицию. Буду рад, если моя книга поможет Читателям лучше подготовиться к наблюдениям полного солнечного затмения 1 августа 2008 года, тенью которого пройдут по нашей родной земле — Западной Сибири и Азии.

Сергей Москаленко
Новосибирск, 24 марта 2008 г.

Предисловие

Полоса полной фазы солнечного затмения 1 августа 2008 года пройдет в северной Канаде, вернется в Гренландию, пройдет через Северный Ледовитый океан, Сибирь, Монголию и уйдет в Китай. Сибирской частью нашей страны наиболее выгодны для наблюдений, как по продолжительности полной фазы затмения, так и по возможности найти удобное место для наблюдений этого редкого явления природы.

Уже стало традицией перед каждым предстоящим затмением выпускать специальную брошюру, посвященную обстоятельствам предстоящего затмения. Однако, учитывая уникальность предстоящего явления природы, Сергей Машляков подготовил довольно крупную монографию с описанием не только подробных обстоятельств, причин и особенностей предстоящего события, но и истории наблюдений затмений в принципе. При этом им использованы многие ранее опубликованные или находящиеся в рукописях литературные данные и материалы.

Книга состоит из четырех больших частей.

В первой («Теория») приведены основные сведения о том, что происходит в затмениях (т.е. в Солнце и Луне) и об условиях возникновения (таким образом явления).

Во второй части («Практика») приведены подробные обстоятельства полного солнечного затмения 1 августа 2008 г. и даны инструкции по наблюдениям, как особые внимание уделяется нормам безопасности, выбору оборудования и места для любительских наблюдений. Наряду дополняет этот материал раздел С.А. Якова о том, как наблюдают Солнце профессиональные астрономы.

Особый интерес представляет обзорная часть книги, основанная на известных исторических данных и предельно подробных современных затмениях, а также на исторических источниках и многочисленных отзывах любителей по наблюдениям затмений.

В заключительной части под названием «Нанкинское — столица затмения» сообщаются основные сведения о достопримечательностях этого заманчивого города и о деятельности его любителей астрономии.

Можно не сомневаться, что книга Сергея Машлякова будет интересна не только участникам экспедиций по наблюдениям затмений, но и всем интересующимся исследованием нового центрального светила, а также жителем Нанкина, желающим увидеть затмение в эпицентре редкого астрономического события.

Дмитрий А.В. Калашников
Москва, 21 марта 2008 г.

Мой совет Момсанг,
идеологический совет не читайте мою книгу.

КАК УСТРОЕНЫ НАШИ СВЕТИЛА

Главные «персонажи», участвующие в традиционном небесном спектакле под названием «Солнечное затмение», — это основные светила нашего неба — Луна и Солнце. Внимательный зритель, наблюдая этот спектакль, сможет увидеть многие черты характера персонажей, в данном случае физических и химических параметров, как минимум, одного из светил и характеристиках диска или другого. Кроме того, он получит сильное и яркое, необычайное впечатление, которое уже никогда не позволит ему забыть об увиденном!

Во время тотального затмения знакомство начинается с проминки, которую можно увидеть и изучить еще до того, как появится третий актер. Над спектаклем, который мы собираемся наблюдать, повторится не каждый день, а даже не каждый год, а длится-то всего две минуты. Поэтому особенно важно заранее ознакомиться с расписанием солнечного затмения и его главными «персонажами».

Трудно сказать (а может быть, и бессмысленно спрашивать), чья роль важнее в небесном спектакле — Солнца или Луны. Автор может напомнить трюку древней Кельды Друшман, который на вопрос «что важнее», ответил: «...лучше. Но солнце светит днем, луна в безмолвном свете; а луна — ночью». Если, что важно Луна, заслужив собой название светила, порождает удивительный феномен солнечного затмения. Однако, если бы Солнце не отарывало нам на короткое время фантастической вид своей внешней атмосферы — короны, затмения случилось бы и простому потемнению и явилось бы своей основной характеристикой.

Итак, кратко рассмотрим сведения о Луна и Солнце. Поступимся, особое внимание уделим тем их свойствам, на которые чаще обратить внимание во время наблюдений солнечных затмений.

ЛУНА

Как нам хорошо известно, Луна — единственный естественный спутник Земли и наиболее близко кочующее небесное тело. Её великий мёд, иногда называемый лунной ливью человека, горючо знаком людям на протяжении многих тысячелетий. И только четыре века назад великий итальянец Галилео Галилей с помощью своего первого телескопа смог рассмотреть детали на её поверхности. Оказалось, что на Луне есть горы и обширные темные равнины, которые были названы «морями». Более поздние исследования (включая взрывные доставленные на Землю образцы лунного грунта) показали, что практически плоские «моря» образованы лавой, которая разливалась в этом направлении. Вероятно, именно здесь Луна получила самые страшные удары от падавших миллиарды лет назад астероидов, которые проламывали древнюю кору Луны, поднимаясь через образовавшиеся трещины, заполняя старые кратеры, поэтому в «морях» кратеров сравнительно немного. В целом же кратеры — пожалуй, основной элемент лунного рельефа. Промежуток количества моренных самых разных размеров — от миллиметровых до гигантских, во многие десятки километров, покрывают поверхность Луны. Когда-то, на ранних стадиях образования Солнечной системы, соударений было множество, и Луна крадет на себе всю их историю.

Системы «лунки», образованные выбросами вещества во время таких ударов, расходятся радиально от самых крупных кратеров, пересекая все недрамы полушария нашего спутника. Они напоминают в трещинах катаклизмов далекого прошлого. Отсутствие атмосферы, воды и развитого тектонизма на Луне привели к тому, что за миллиарды лет только новые удары, которые становятся все реже, изменяют лик нашего спутника. Никакие другие факторы не воздействуют на поверхность Луны.

Форма Луны близка к идеальной сфере со средним радиусом 1738,1 км. Это всего в 3,7 раза меньше земного радиуса. А вот по массе Луна в 81,3 раза легче Земли. Её средняя плотность также меньше земной и составляет 3,34 г/см³ (у Земли — 5,52 г/см³). Площадь поверхности лунного шара составляет около 38 млн. кв. км, что лишь немного превосходит общую площадь Африки (30 млн. кв. км).

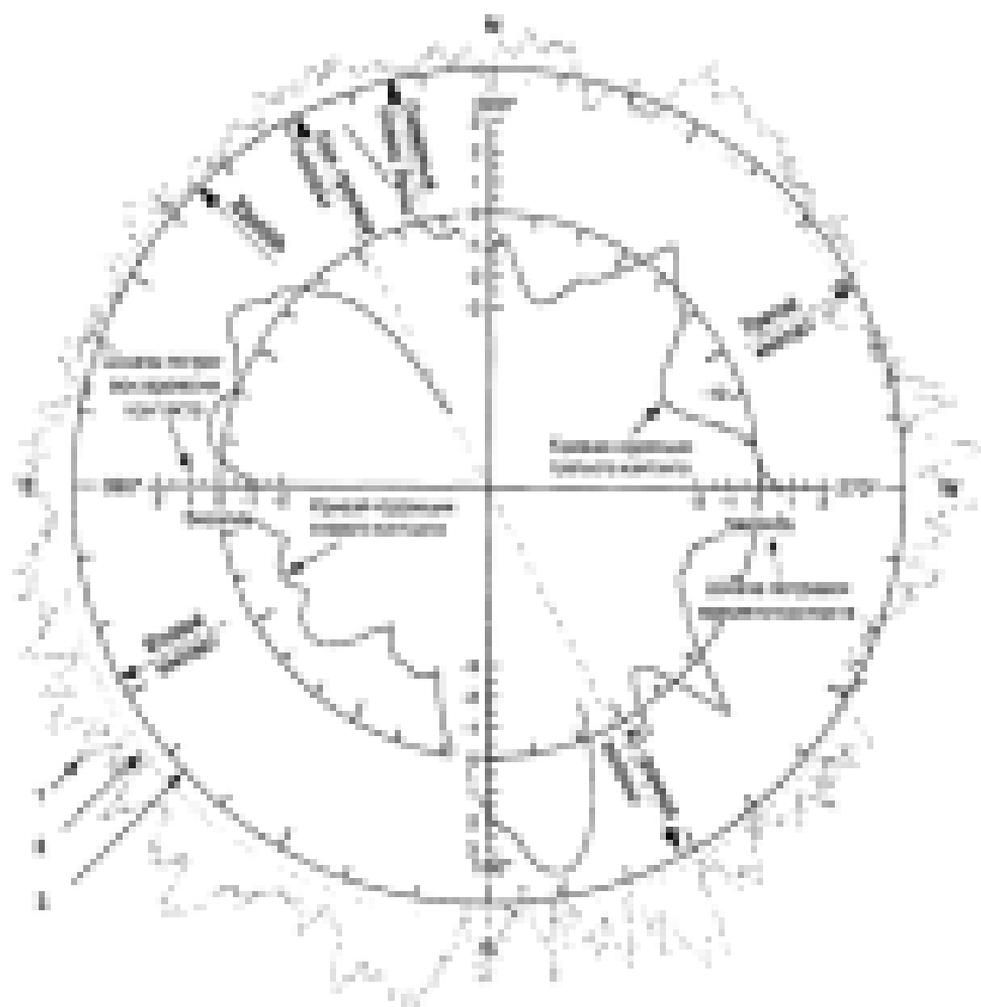
Названия объектов на поверхности Луны отражают богатую историко-ой наследиями с помощью телескопов. Такие названия, как *Море Дрейера*, *Скала Буря* и еще около 200 других наименований, неарифметичных для земных географов, появились на одной из первых карт Луны в 1651 году. Космическое наследие, начавшееся в 1950-х годах, породило целый поток новых названий, увековечив и называя как лунные кратеры, кратеры и вершины имеют выдающиеся, но в разных секторах (преимущественно учены).

Все эти многозначительные объекты используются при наблюдениях лунных затмений: по ним легко отметить движение лунной тени. Во время солнечных затмений (в данный момент нас интересуют именно они), наиболее видны красные зоны Луны. Горы на восточном краю Луны первыми выступают на освещенный солнечный диск, а западные вершины последними покидают его.

Известно, что Луна обращена к Земле все время одной стороной. Это результат гравитационного взаимодействия с близкой массивной Землей — итог длительной работы приливных сил в теле Луны. Однако из-за неравномерного движения Луны по эллиптической орбите вокруг Земли лунный диск немного качается из стороны в сторону (с амплитудой до 8 градусов) и вверх-вниз (до 7 градусов) с периодичностью в один месяц. Это явление называется либрацией. Либрация позволяет нам наблюдать не полностью, как можно было ожидать, а 99% всей лунной поверхности. Площадь красных, или либрационных, зон, которая особенно интересна при изучении затмений, составляет 18% от всей лунной поверхности. Они расположены под неблагоприятным ракурсом к Земле, так что увидеть их весьма непросто. Здесь большую помощь оказывают космические аппараты, работающие на орбитальных орбитах. Благодаря современным возможностям космонавтики, с середины 1960-х годов появились снимки всей поверхности Луны (исключая невидимую с Земли сторону!) со все более высоким разрешением. На сегодняшний день существуют детальные карты практически всей поверхности нашего естественного спутника.

Еще один важный исторический этап в освоении краевых зон Луны — это наблюдение покрытой льдом Луной. Дело в том, что

во время своего движения по орбите Луны по и дело закрывает собой звезды разной яркости. Особенно эффектно смотрятся покрытые звезды темным краем растущей Луны: звезда неожиданно гаснет. Момент «выключения» звезды сильно зависит от того, какой частью лунной поверхности она закроется. Если вершина горы, то покрытие происходит на секунду или две дольше, чем было рассчитано, а если низменность, то наоборот.



Профиль лунного диска 1 августа 2007 года по 10-й линии широты (включая лунный рельеф), симметричный с центральным диском (показан на рисунке с координатами $47^{\circ}04'$ с.ш. и $47^{\circ}28'$ в.д.). Профиль обозначен: 1 – лунный диск; 2 – средний диск (диаметр фазы); 3 – средний диск (диаметр диска).
 КЭММ 2009 Андрей Давыдов

Средний радиус Луны выражается в единицах экваториального радиуса Земли. Международный астрономический союз (МАС) в 1982 году принял его значение 0,2722076 (1738,093 км). Для предсказания моментов начала или конца полного солнечного затмения иногда используется небольшое иное значение – радиус, проведенный по самым низким возвышениям Луны – 0,2722811 (1736,646 км).

Выяснилось, что высота некоторых гор на Луне достигает 6 километров относительно среднего радиуса Луны. Имеются также кратеры и моря, лежащие ниже среднего уровня. Так что горы в красной зоне обязательно нужно учитывать при подготовке к тонким наблюдениям. Если учесть, что Луна движется по своей орбите со скоростью около 1 км/с, то горная цепь высотой несколько километров, расположенная на краю видимого диска (лунном лимбе), может дать ошибку в несколько секунд при определении моментов начала или конца затмения.

Другой эффект, который вносит вклад в определение точных моментов начала и окончания солнечного затмения, – смещение центра видимой лунной сферы относительно центра тяжести Луны. Ведь все расчеты движения нашего спутника ведутся именно относительно центра масс! Но, как оказалось, внутренне-неоднородная Луна неоднородна, и центр тяжести лунного шара смещен примерно на 2 километра в сторону Земли.

Чтобы учесть неровности лунного диска, составляется профиль лунного лимба на день затмения. Дело в том, что из-за либрации этот профиль постоянно изменяется. Для наблюдателя, находящегося внутри полосы затмения 1 августа 2008 года, в зависимости от его точного положения, лунная либрация во-первых изменится в пределах одного градуса – от $+4,6'$ до $+3,6'$.

На рисунке изображены:

1. вставный лимб, представляющий профиль лунных гор на краю Луны;
2. средний лимб видимого диска, который смещен относительно центра масс примерно на 0,5 угловой секунды;
3. средний лимб, основанный на центре масс Луны;
4. кривая в центре рисунка, которая дает возможность вычислить поправку в момент контакта в зависимости от положения угла точки касания.

Здесь в качестве примера отметили точки второго и третьего контактов для наблюдателя, находящегося в точке земной поверхности с координатами $43^{\circ}04'$ северной широты и $89^{\circ}28'$ восточной долготы (близко к южной границе России). Для уточнения моментов второго и третьего контактов в другом месте полюсы затмения можно воспользоваться кривыми поправки. Так, в Новосибирске поправочный угол второго контакта составляет 118 градусов, третьего – 306 градусов. Поправка, найденная по этим кривым, составляет около $-1,3$ секунды для того и другого моментов.

В результате исследования лунного грунта был обнаружен дефицит железа в лунных минералах по сравнению с земными. Это обстоятельство заставляло теоретиков предположить, что Луна образовалась вместе и рядом с Землей, то остается непонятным, почему все железо из первичной магнитной туманности забрала себе Земля? Сравнительно недавно возникла идея, что Луна сформировалась из каменистого вещества земной коры, выброшенного в космос мощным касательным ударом небесным телом величиной примерно с Марс (или с месяцем Земли). Этот удар не затронул железного ядра нашей планеты. Есть и другие гипотезы, которые объясняют, как, образовалась вместе и рядом, Земля и Луна смогли восторжествовать над железом не гравитацией. Если говорить честно, мы пока не знаем точного ответа на вопрос, откуда и как появилась Луна.

Таковы основные физические параметры нашего спутника. Данные о движении Луны по орбите мы рассмотрим в следующей главе.

СОЛНЦЕ

Следующий объект нашего изучения – это раскаленный газовой шар на имени Солнце, на 90% состоящий из водорода и на 9% – из гелия. Внутрь Солнца при температуре несколько более 15 миллионов градусов и гигантском давлении происходит термоядерные реакции. Не вдаваясь в детальные особенности этих реакций, отметим только, что именно таким процессом является источником радиационной энергии в водородных бомбах. Эти ядерные реакции человечество в настоящее время пытается использовать под контролем, чтобы использовать их энергию в мирных целях.

Радиус солнечного ядра, где происходит выделение гигантской энергии, составляет около трети радиуса Солнца. Внешняя же глубина от 0,3 до 0,7 радиуса, простирается зона двойной энергии ядра. Проживая в течение многих тысяч лет около толпы газа, нагретого до миллионов градусов, энергичные гамма-кванты в результате бесчисленных актов поглощения и переизлучения постепенно превращаются в рентгеновое, ультрафиолетовое, видимое, инфракрасное лучи и даже радиоволны.

Область от 0,7 радиуса Солнца до его внешней поверхности — это конвективная зона. Потоки раскаленного вещества поднимаются вверх, где отдает свое тепло в виде излучения и, охлаждаясь, вновь опускается вниз за новой порцией энергии во недра. Эти процессы потоки на излете солнечного вещества. На внешней поверхности светила они проявляются в виде гранул со средним угловым размером $1''$ (725 км в линейной мере). В центре гранулы вещество поднимается вверх со скоростью 0,3–1,0 км/с, а по краям опускается вниз с немного большей скоростью.

Тонкие перегородки между гранулами имеют вид узких дорожек, шириной в сотни тысяч километров в несколько сотен километров. Парой они образуют длинные, часто впадины изогнутые, тонкие нити, простирающиеся на сотни тысяч километров. В некоторых случаях они имеют форму завитков или даже радиально-прямых окружностей. Характерная радиально-прямая (многорукая) структура гранул вызвана тем, что соседние границы соседних гранул, как правило, имеют вид некоординированных и заметную параллельны друг другу. Гранулы вместе с промежутками и ней частью межгранульной области образует пятнышко. Среднее расстояние между центрами соседних пятен около 1900 км. Прямые измерения диаметров отдельных гранул малоэффективны, так как дают лишь грубую оценку размеров гранул. Наблюдения гранул с помощью телескопов связаны из-за того, что контраст их границ составляет всего 2–5%.

Поскольку площадь солнечной поверхности около 2,5 млн. кв. сек., то одновременно на всем Солнце возникает около 2,5 миллиона гранул — это своего рода 2,5-миллионная клеточная матрица. Картина грануляции непрерывно меняется,

так как время жизни каждой индивидуальной гранулы не более 10 минут.

Грануляция на Солнце известна со времени Доминго Франко, который наблюдал гранулы еще в XVIII веке. Впрочем, известно, что гранулы удавалось видеть и раньше, с помощью телескопических наблюдений XVIII века. Получалось это нечасто, во время периодов хорошего качества изображения, при повышенной турбулентности земной атмосферы.

Одним из первых людей гранулы на Солнце систематически исследовал талантливый русский ученый, рано ушедший из жизни, А.Н. Ломский. Летом 1903 года он сделал большое количество снимков фотосферы Солнца с минутными и даже секундными интервалами. Более наглядно эти процессы можно проследить с помощью современной видеосъемки.

К сожалению, но еще в XVIII столетии нам гениальный русский-энциклопедист Михаил Витальевич Ломоносов, ничего не зная о физическом строении Солнца, точно описал процесс в его атмосфере:

Там солнца жемчуг стремился
 И не находил берегов,
 Там воды пылающим кружились,
 Вращаясь якобысто вихорь.

(Собрание сочинений
 в восьми томах, 1789)

На фоне множества самых фантастических гипотез того времени о строении Солнца воззрения Ломоносова выглядят как гениальная догадка.

При хороших атмосферных условиях гранулы можно увидеть в небольшой любительской 100-мм или большей по диаметру телескоп. Для этого важно иметь полноразмерный солнечный фильтр, не дифрактующий объектив и не снижающий его разрешающую способность.

С помощью обычного телескопа земной наблюдатель неопытный может увидеть только внешний слой Солнца – фотосферу. В этом слое толщиной около 400 км температура солнечного вещества достигает своего максимального значения – примерно 6000°С, и он становится непрозрачным. Именно

внешний слой фотосферы и принимается за условный край Солнца, именно здесь видны грануляции. По уровню фотосферы условно определен диаметр нашего светила — 1 391 980 км, что в 109 раз больше диаметра Земли.

Над фотосферой простирается слоистый слой, именуемый хромосферой. Во время солнечных затмений, когда диск составлялся фотосфера Солнца закрыта, как маской, непрозрачным диском Луны, наблюдателями уже давно заметна тонкая красно-розовую полосу, охватывающую затмение Луной Солнца. Из-за яркостности и получил этот слой свое название, данное ему авторитетным астрономом Дж. Ласселом в 1868 году (от греческого слова «хромос» — цвет). Толщина хромосферы неоднородна — от 2,5 тысячи до 12 тысяч километров над уровнем фотосферы. Плотность вещества здесь продолжает падать по мере удаления от Солнца. Этот крайне разреженный газ почти прозрачен, в обычных условиях он не виден.

Фотографируя диск Солнца в свете лучей водорода или ионизированного кальция, мы получим так называемую спектродиаграмму, на которой будет видно излучение, приходящее только из хромосферы. Для той же цели можно использовать так называемые интерференционно-дифракционные фильтры (ИДФ), которые пропускают свет в очень узком диапазоне длин волн. Если встроить такой фильтр на длину волны слабого излучения, приходящего из хромосферы, мы сможем получить изображение этого слоя.

Хромосфера, так же, как и фотосфера, имеет свою структуру, но картина оказывается гораздо более разнообразной и «богатой». Складки, появившиеся на вертикальных линиях пленки, или «лес» из трещинок — по размеру близки к гранулам, но все складываются сейчас так называемой хромосферной сетки размером от 30 до 60 тысяч километров. Лучшее всего эта структура наблюдается на фотографиях в далекой ультрафиолетовой области спектра, например на длине 304 ангстрема в резонансной линии ионизированного гелия. Впрочем, указанные ячейки (так называемые «супергранулы») неплохо видны и в свете хромосферных линий — например, в красной линии водорода и ультрафиолетовой линии кальция.



Слева стороны Солнца и его атмосферы. Для сравнения показан диаметр Земли

Выше хромосферы находится самая внешняя часть солнечной атмосферы – солнечная корона, состоящая из разреженной плазмы с температурой порядка миллионов градусов. Термин «корона» был предложен в начале XIX века, когда на это явление стали обращать внимание. Раньше считали, что это свечение земной атмосферы и поэтому не имеют отношения к Солнцу.

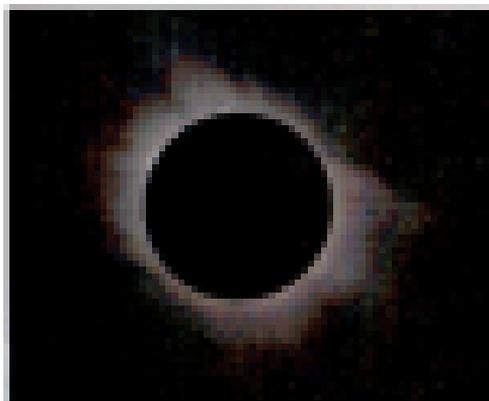
Корона не имеет резкой границы и обладает неправильной формой, сильно меняющейся со временем. А.П. Панков в 1896 году впервые опубликовал свой рисунок и фотографии короны, сделанные в разные годы, и подтвердил более раннее предположение своего учителя француз *Ж. Жансен*:

– когда вылетит на Солнце много, корона окружит солнечный диск и весь лучистый ореол, и ее блеск превосходит блеск полной Луны;

— когда влетел комета, корона вытягивается вдоль солнечного ветра и становится похожей на крылья бабочки. Вросты-то в этот период оказываются заметно меньше (не превосходят вкратце полней Луны).

Наиболее яркую часть короны, радиусом от лимба не более чем на 0,2–0,3 радиуса Солнца, называют внутренней короной, а всю остальную, весьма протяженную часть — внешней короной. Яркость короны в миллион раз меньше яркости фотосферы, сравнимая с яркостью Луны в полнолуние и существенно меньше яркости дневного неба, поэтому наблюдать корону непосредственным глазом можно только во время полных солнечных затмений, когда прямой свет фотосферы экранируется диском Луны. Характерные образования в короне — дуги — простираются на расстояния диаметров солнечных радиусов и даже больше. Иногда у полных коронок дуги образуют так называемые галереи ваточек.

Еще в середине XIX века была неизвестна природа яркого светящегося обода, который становился видным во время полного солнечного затмения, — то ли он принадлежал Солнцу, то ли Луне, то ли являлся световым эффектом в земной атмосфере. Размер этого обода зависел по-разному в зависимости от фазы затмения, состава атмосферы и некоторых других наблюдаемых параметров. Наблюдатели отмечали различия между близкой к Солнцу частью этого обода, так называемой внутренней короной, и внешней частью, простиравшейся до расстояния в 3–3 радиуса Солнца, и лишь в исключительных благоприятных случаях — до 6–8 радиусов (от края



Минимальный вид короны обода во время полного солнечного затмения. Фото сделано 29 марта 2006 г. Солнце М. Ротенот (Венгрия)

диска). Такая картина объясняется тем, что солнечные короны быстро падают по мере удаления от края Солнца и на расстоянии в 4 радиуса уменьшаются в 4000 раз по сравнению с около-солнечной внутренней короной. Поэтому даже рассеянный свет в атмосфере во время полного солнечного затмения делает внутреннюю корону невидимой.

Чтобы максимально избавиться от влияния атмосферного рассеянного света, англичанин Колдуэлл в 1904 году поднялся на вершине на высоту 9 км, где яркость неба была в 3 раза меньше, чем на уровне моря. Это позволило ему получить фототрифен короны, простиравшейся до расстояний 25 солнечных радиусов! Для съемки Колдуэлл использовал специально сконструированную камеру, имевшую 8 ахроматизованных объективов с различными диаметрами отверстий. На пластинке получалась 8 отдельных изображений короны, два из которых были сняты через полупрозрачные. Специальными темными экранами отсекали свет яркой внутренней короны. В результате удалось получить закон падения яркости внешней короны на интервале до $12,5^{\circ}$ от Солнца.

Астрономам известно другое красивое астрономическое явление — доплеровский свет, представляющий собой слабое све-

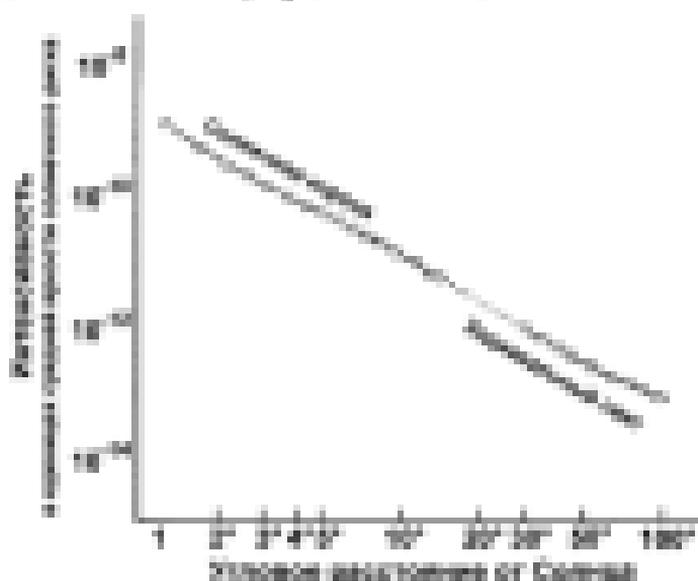


График иллюстрирует закон падения яркости солнечной короны и доплеровского света с расстоянием от Солнца. Маленькие кружочки относятся к яркой солнечной короне и доплеровскому свету

ние неэкваториальной выле на фоне темного ночного неба. Так вот, если в одном масштабе построить зависимость падение яркости (интенсивности света), который обнаруживается на расстоянии от 30° до 180° от Солнца, и солнечной короны, легко убедиться в единой физической природе этих двух типов различных вылевай.

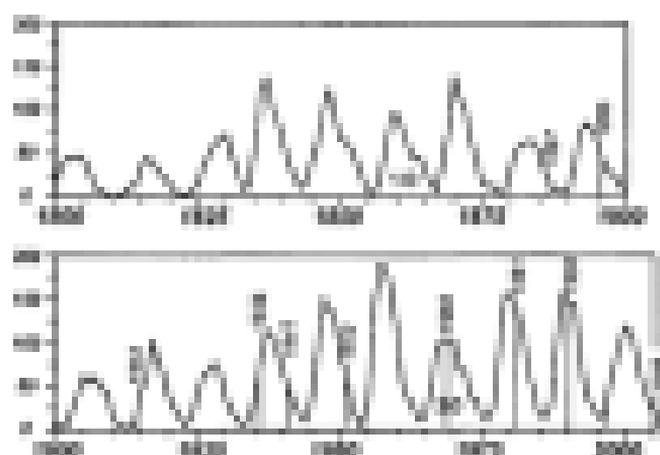
Теперь, когда мы представляем себе структуру прозрачной оболочки Солнца — солнечной атмосферы, состоящей из фотосферы, хромосферы и короны, необходимо упомянуть о феномене солнечной деятельности.

В фотосфере крайне часто видны более крупные и более заметные образования — солнечные пятна. Их появление отмечалось еще в древних китайских хрониках и русских летописях. Наблюдатели регистрировали их в те моменты, когда освещительный флюкс Солнца был ослаблен облаками или дымкой, особенно вблизи горизонта. Поскольку разрешающая способность человеческого глаза около 1 угловой минуты (конечно, речь идет о наиболее зорких людях!), такое пятно должно иметь характерный размер порядка 45 тысяч километров — почти в четыре раза больше диаметра нашей Земли!

Как правило, пятна не возникают по одному, они объединяются в так называемые группы солнечных пятен. Суммарная площадь группы с указанным выше размером 45 тыс. км должна составлять равномерную величину — 2 млрд. кв. км. Не самое замечательное, что группы пятен такого размера — явление не уникальное. Так, в апреле 1947 года наблюдалось пятно колоссального размера — 250 тыс. км в диаметре! При группы огромных пятен появлялась сравнительно недавно, в октябре 2003 года. Какой «малюткой» выглядит на их фоне наша планета, выходящая диаметр 12 тысяч километров! Такие гигантские пятна обычно появляются на фоне спада 11-летнего цикла солнечной активности.

Само понятие «солнечная активность» первоначально характеризовалось количеством пятен, рассчитанным по специально разработанной для этого формуле — числом Вольфа. Этот индекс учитывает общее число пятен, одновременно наблюдаемых на видимом полушарии Солнца, а также число групп, в которые объединены отдельные пятна, и условно используется до сих пор.

Наблюдения за образованием и эволюцией пятен, их движением по солнечному диску — это отдельная задача, интересная для любителей астрономии. Здесь мы не будем углубляться в нее, а лишь приведем данные об изменении уровня солнечной активности за последние два с половиной века. Это позволит нам приблизительно оценить форму солнечной короны во время затмений разных лет, хотя правило Вольфа и не всегда выполняется строго.



Кроме солнечной активности за последние 200 лет. На ее орбитальном движении солнечный деятельный цикл Вольфа. Количество пятен по возрастанию, по убыванию, обнаруживает циклическую периодичность 11 лет. Если считать начало с середины 1700 года. Отметим некоторые «русские» солнечные затмения, происходящие в периоды разных фаз солнечной активности:

Датские профили турбулентности зон межзвездной солнечной активности:

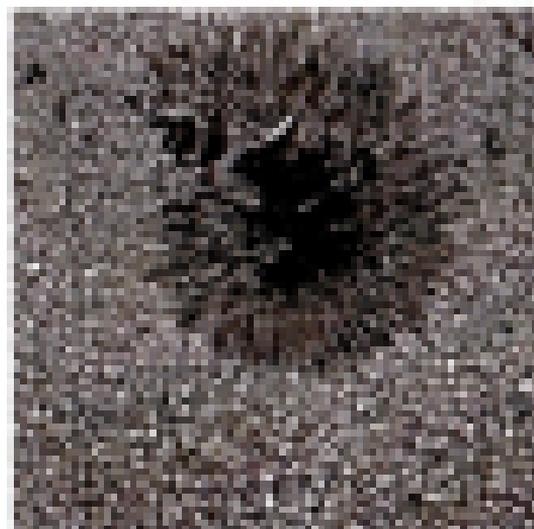
1870.6	1871.3	1871.9	1872.3	1873.0	1877.2	1878.9	1879.6
1881.7	1872.6	1873.6	1873.8	1874.2	1874.2	1874.8	1875.2
1885.8	1895.4	2007					

Датские максимумы солнечной активности:

1801.2	1806.4	1820.9	1837.2	1848.1	1868.1	1878.6	1881.9
1894.2	1892.6	1912.6	1928.4	1937.4	1947.2	1957.9	1958.9
1970.6	1980.6	2003.2					

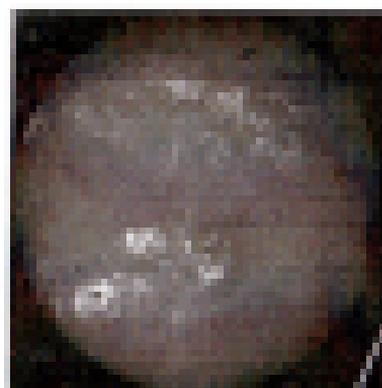
О физическом строении пылин в настоящую минуту известно уже много. Салютная пылька выдает значительно более темные по сравнению с окружающей фотосферой, а температура в ней соответственно ниже — на 1500–2000 градусов. Поверхностная температура в пылинке обыкновенной величины прикупила пылинкам салютного магнитного поля, которое порывает конвекционные движения солнечного вещества. Температурная пылинка можно представить как выходящую в солнечной фотосфере на глубину 600–800 км (высота 1500–2000 км). Сама пылинка занимает 12–20% площади пылинки, остальные — это более темная, окружающая ее полутьма.

Зарождается пылин в виде микроскопической нити — небольшого темного пятнышка, едва выделяющегося от темных порывов между гранулами. В течение суток нить, расплывшись в размерах, может превратиться в небольшое круглое пятнышко с четкой границей. Дальнейшая эволюция пылинки может развиваться по такому разнообразным сценариям, что и придает им наблюдателям особый интерес. Большая часть пылин существует совсем недолго — не больше нескольких дней, но это, как правило, совсем небольшие образования. Наибольший интерес представляют крупные, долгоживущие пылинки. На рубеже 2006–2007 гг. наблюдалась пылин, существовавшая почти 3 месяца! Впрочем, это довольно редкий случай.



Солнечная фотосфера (солнечная пылинка), сфотографированная в телескопическом режиме космическим аппаратом НАСА «Солнечная обсерватория» (SOHO) 7 октября 1996 г. (<http://www.nasa.gov/arc02/arc02img001/arc02img001.htm>). Всплощив по линии сканирования, обнаружены в пылинке

Ступенчатая планета является ярким фоном, который лучше виден, когда находится на краю солнечного диска. Их контраст с фотосферой составляет около 10%, а температура соответственно на 200–300 градусов выше. Факторы существуют довольно часто, возникают раньше и исчезают значительно позже. Обширные факельные поля вокруг пятен могут существовать в течение многих недель и даже месяцев. Зону обфиделированную группу пятен и связанные с ней факелы, принято называть активной областью. Над активной областью в верхних слоях солнечной атмосферы – короне – обычно видно свечение так называемой нормальной конденсации. В специальных телескопах, установленных на спутниках и работающие в коротковолновом диапазоне спектра, видны выходящие потоки магнитного поля, идущие над активной областью.



Солнце атмосфера Солнца с линии обзора Н-линия, выходящей из фотосферы в冕осфере. Контрастная атмосфера солнечной атмосферы. Выступают солнечные пятна факелы (F) и корона. Яркие области – факелы активной области, яркие пятна и факелы – солнечные пятна. Яркие области – корона солнечной атмосферы. Яркие области – корона солнечной атмосферы. Яркие области – корона солнечной атмосферы.

В атмосфере Солнца также можно наблюдать самые разнообразные проявления солнечной активности. Из картины, как уже сказано выше, гораздо больше, чем в фотосфере! Например, именно здесь, в атмосфере, рождаются самые крупные солнечные образования – протуберанцы. Это более плоские и холодные облака плазмы, подвешенные на дугах и даже сотни тысяч километров при ширине 5–10 тысяч километров. Протуберанцы – это протуберанцы, который 4 июня 1946 года взлетел на высоту 1 миллион 700 тысяч километров! Нижняя часть протуберанца находится в атмосфере, а верхняя – в солнечной короне. Через эти каналы происходит обмен веществом между атмосферой и короной. Возникновение же, развитие и движение протуберанца связано с мощной группой

солнечных веток. Компактные и низкие протуберанцы наблюдаются в зоне сильных магнитных полей солнечных пятен, высокие диффузные протуберанцы «ростут» за пределами активной области.

Наблюдения протуберанцев в момент появления солнечного затмения очень интересны из-за их чрезвычайного разнообразия. Их форма делится на три типа — сплюснутые, активные и групповые (приподнятые). Протуберанец может несколько месяцев иметь стабильную форму и относиться к сплюснутым, но затем внезапно взорваться и провалится в виденый выброс вещества, которое по огромной дуге затем направится на Солнце. Стоит упомянуть, что принадлежность протуберанцев Солнцу была общепризнана только после затмения 1860 года, когда англичанин *Дж. Де Рен* и итальянец *Альфонсо Строк* получили их первые фотографии.

Но, пожалуй, самые впечатляющие явления на Солнце — это солнечные вспышки. По сути, это грандиозные взрывы в солнечной атмосфере, во время которых стремительно освобождается энергия, накопленная в сильных магнитных полях активной области. Они происходят в хромосфере, в зоне сильных радиальных магнитных полей, и в течение 3—10 минут достигают такой яркости, что в ультрафиолетовом (очень редко) становится видны даже в видимом свете на фоне неослепавшей фотосферы. Именно так вспышки были впервые обнаружены в середине XIX века. Большинство же вспышек наблюдается с помощью специальной аппаратуры и систем, построенных специально для их наблюдения. Отдельные, самые мощные вспышки могут продолжаться до полутора — двух часов! После достижения максимальной яркости в течение нескольких десятков минут излучение постепенно ослабевает. Результатом вспышки является мощное электромагнитное излучение в корpusкулярный поток — выброс в межпланетное пространство огромного количества заряженных частиц (протонов и электронов). Нередко вспышка сопровождается выбросом струйки корональной плазмы, когда огромные облака из заряженных частиц стремительно уносятся от Солнца.

Оказалось, что Солнце постоянно испускает мощный поток частиц, летящий в космическое пространство вдоль силовых линий магнитного поля, генерируемого самим Солнцем. Из-за

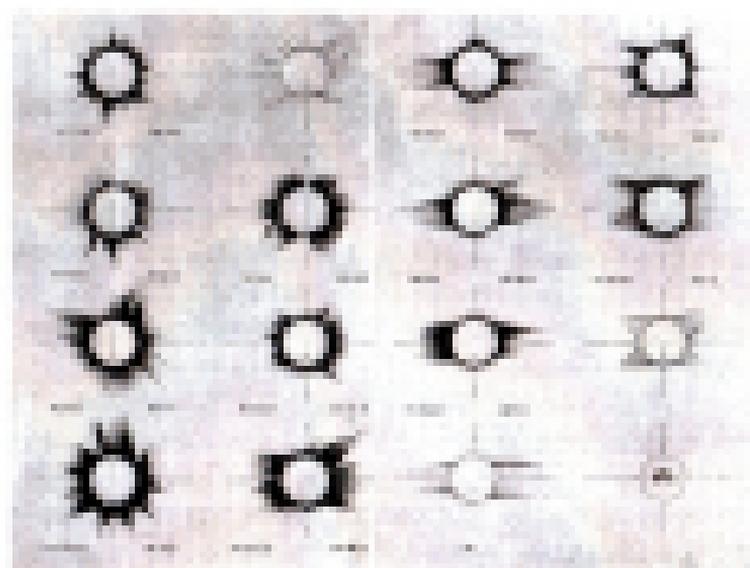
этого места Солнца в секунду увеличивается на 400 тысяч тонн, а интенсивность и скорость этого так называемого солнечного ветра также зависят от общего уровня солнечной активности.

Регулярные выбросы корональной плазмы уносят над поверхностью Земли массы в миллиарды тонн! Кроме того, не следует забывать, что в ядре Солнца каждую 5 минут тонна водорода превращается в электромагнитное излучение, подчиняясь законам термоядерных реакций. К счастью, все эти потери – вторичная величина для нашего светила, впрочем, если исходить по сравнению с его чудовищной массой, в 100 тысяч раз превышающей массу нашей Земли.

Но вернемся к волнующему вопросу вылета. Эти потоки высокоэнергетичных частиц со скоростью до тысяч километров в секунду уносятся прочь от Солнца и через сутки-двое обрушиваются на земную магнитосферу, порождая магнитные бури, которые вызывают ряд не всегда приятных вторичных эффектов на нашей планете – нарушения радиосвязи, обрыв в электронных системах, а иногда и ухудшение самочувствия людей. Есть основания полагать, что через сложную цепочку причин в следствие солнечной активности оказывает опосредованное влияние на климат. Максимальный урон наносится космическим аппаратам, особенно тем, которые находятся на высоких орбитах, за пределами защитного слоя магнитосферы. Пожалуй, единственной положительной стороной – это красивые полярные сияния, наблюдаемые в высоких широтах. Впрочем, и там не всегда можно радоваться совсем недавно выяснилось, что полярные сияния сопровождаются инфракрасными колебаниями в земной атмосфере и также могут негативно влиять на наше самочувствие.

Наконец, структура и форма солнечной короны, как выяснилось, также сильно зависит от уровня солнечной активности. На рисунке А.П. Павлова это явление видно (см. стр. 24).

Теперь, когда читатель получил представление о характерах двух главных «персонажей» спектакля под названием «солнечное затмение», посмотрим, как они ведут себя на сцене. Об этом пойдет речь в следующей главе.



Различные формы галактической короны на разных фазах цикла галактической эволюции. Рисунки А.В. Колесова, 1996 г. В первом столбце — короны в начальной галактической эволюции, а во втором столбце Солнца — в зрелом возрасте, два других столбца — промежуточные формы

ОТЧЕГО БЫВАЮТ ЗАТМЕНИЯ

Нам, жителям Земли, необыкновенно повезло в том, что наша родная планета имеет свой собственный спутник — естественного происхождения — Луну. Нет человека, который бы хоть раз не любовался ее велико-изменяющимся ликом или величественной прелестью в слабом лунном свете. Луна помогает нам в темные ночи, освещая дорогу своим сиянием. Она стала главной целью для первых космических аппаратов, а также постоянным источником вдохновения для поэтов и писателей. Сколько стихов и прозы сказано в ее честь — трудно даже представить. А какой это прекрасный объект для любительских наблюдений!

Но еще больше нам повезло в том, что видимый диаметр Луны почти в точности совпадает с видимым диаметром Солнца. Великая Творца — Природа распорядилась так, что Луна по своим размерам примерно в 400 раз меньше Солнца, и именно в 400 раз она ближе к нам. Именно это удивительное совпадение и позволяет наблюдать такие красавецки явления, как солнечное затмение. Представьте, если бы Луна была меньше всего на несколько процентов, полная затмений не было бы вовсе! Нам бы пришлось довольствоваться лишь кольцеобразными затмениями, при которых полной тьмы не наступает. А если бы Луна была намного больше, она закрывала бы Солнце вместе с его великолепной короной. Кроме того, природа позаботилась и о том, чтобы это явление не стало слишком частым, нежного наклона лунную орбиту.

Как великий мастер творит шедевр, создавая простые формы, так и природа сотворила удивительное явление, варьируя размеры и расстояния. Люди смогли насладиться красотой этого творения! Даже сейчас, в наше промышленное, как нам кажется, время, тысячи километров, забросив свои обычные дела, продолжают плыть километрами пути, чтобы достичь того места на земной поверхности, где происходит этот грандиозный спек-

такая. На не останавливают ни расстояния, ни дорожные неудобства. И вот, наконец, современный, хорошо знакомый пример: этого явления человек на несколько минут замирает в благоговейном трепете и испытывает необыкновенный восторг при виде этого редкого явления.

Для многих людей, однажды увидевших полное затмение, солнечная фаза затемнения становится делом всей жизни. Это относится и к простым любителям астрономии, и к профессионалам-солнечникам. Так, 1 августа 2007 года, ровно за год до предстоящего затмения, в Новосибирск прибыл американский астроном Дэвид Ласселл. Первое полное затмение он наблюдал в 1999 году и с тех пор 36 раз побывал над лунной тенью. Наверное, это достижение не достойно книги рекордов Гиннесса!

Рассмотрим подробнее механизм, созданный Великим Творцом. Начнем с того, что все планеты вращаются вокруг Солнца по эллиптическим орбитам, лежащим примерно в одной плоскости. Орбиты обычно видны от плоскости орбиты Земли, которую называют плоскостью эклиптики.

Орбита нашей планеты немного отклоняется от круговой — среднее расстояние от Солнца составляет 149,6 млн км, минимальное — 147 млн, максимальное — 152 млн км. Орбиты поворачиваются — ближе всего к Солнцу мы ближе северного полушария оказываемся во время январских морозов, когда Земля проходит перигелий своей орбиты.

К чему приводит изменение расстояния от Земли до Солнца? Для нас сейчас важно то, что видимый диаметр нашего светила из-за этого тоже меняется. В первом случае января, когда Земля находится в перигелии, видимый диаметр Солнца составляет $32'27''$, а в начале июля, когда Земля в афелии, т.е. на максимальном расстоянии от Солнца, мы видим диск нашего дневного светила под углом $31'27''$. Кажется бы, отличие от среднего значения небольшое — всего 1,5% в одну или другую сторону, но обнаружить мы можем этого не заметить, но для механизма затмений это очень важная деталь.

Основные данные о Солнце приведены в таблице на стр. 36.

Луна движется вокруг Земли также по эллиптической орбите, чуть более вытянутой, чем орбита Земли. Среднее нами — среднее расстояние Луны от Земли составляет 384 тыс. км, минимальное — 363 тыс. км, максимальное — 405 тыс. км. Здесь



Фотографии Луны в фазе (слева) и в апогее

разница в крайних расстояниях составляет уже 10% и становится вполне заметной, если сделать фотографии Луны в двух крайних положениях.

Но нам здесь больше всего интересуют сравнения в размерах включены условного диаметра Луны. Простые расчеты дают следующие значения — $1721''$ в перигее и $1472''$ в апогее. Эти расчеты даны для центра Земли, если же учесть, что точка на поверхности Земли может оказаться на 6378 км ближе к Луне, видимый максимальный диаметр Луны при этом увеличивается до $1806''$. Благодаря не значительному видимому диаметру Солнца, можно считать, что на поверхности Луны может полностью закрыться его яркий диск.



Крайние значения видимых диаметров Солнца и Луны. Слева — Солнце в перигее (в начале января), Луна в апогее, условно идеализированные величины. Справа — Солнце в апогее (в начале июля), Луна в перигее, более обильные значения с максимальной фазой. Миллиард раз увеличено

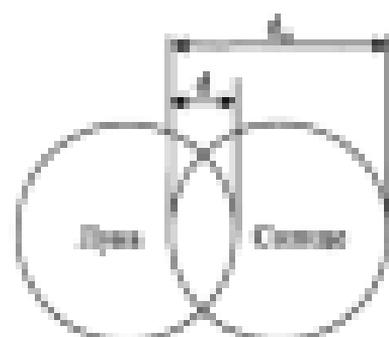
Фаза солнечного затмения определяется как отношение закрытой части (d) диаметра солнечного диска ко всему его диаметру (d_{\odot}) и вычисляется по формуле: $\Phi = d / d_{\odot}$. Величина Φ всегда выражается десятичной дробью. Для любого момента затмения текущая фаза может вычисляться по формуле:

$$\Phi = \frac{r_{\oplus}^2 - r_{\odot}^2 - b^2}{2r_{\odot}^2},$$

где r_{\oplus} и r_{\odot} – радиусы Луны и Солнца, b – расстояние между ними.

На центральной линии затмения, где центры обоих дисков совпадают ($b=0$), фаза вычисляется по упрощенной формуле:

$$\Phi = \frac{1}{2} \left(\frac{r_{\oplus}}{r_{\odot}} + 1 \right).$$



Фаза солнечного затмения

Максимально возможное отношение диаметров Луны и Солнца составляет 1,067, что возможно только в начале июля. Фаза, рассчитанная по вышеприведенной формуле, при этом достигает своего максимального значения 1,033, а продолжительность полного затмения – своего максимума – 7 минут 41 секунда

(22 июля 2009 года состоится затмение продолжительностью 6 минут 44 секунды, что близко к максимальному).

Во время затмения 1 августа 2008 года радиус Луны равен 1674,1", Солнца – 1545,5". Отношение диаметров достигает максимального значения 1,07942.

Причиной солнечного затмения является конусообразная тень Луны, которую наш спутник обрасывает на поверхность Земли. В зависимости от расстояния, конус тени может не доходить до поверхности нашей планеты, и тогда возможно только кольцеобразное затмение. Наблюдатель увидит составившейся ободок Солнца, не закрытый Луной. Фаза кольцеобразного затмения всегда меньше 1, но больше 0,55. Ширина полосы, откуда видно кольцеобразное затмение, может достигать 380 км. Полутень, т.е. область, где солнечный диск закрыт частично, гораздо шире – до 7340 км в диаметре.

СОЛНЦЕ. СПРАВочНЫЕ ДАННЫЕ

Средний диаметр Солнца	1,392,000 км (в 109 раз больше диаметра)
Видимый диаметр Солнца (по внешней границе фотосферы)	в перигелии (начале января) — 31'31,4" в афелии (конец июля) — 31'27,2" средний — 31'29,28"
Расстояние от Земли	в перигелии — 147,1 млн км (0,983 а.е.) в афелии — 152,1 млн км (1,017 а.е.) среднее — 149,597,870 км (1,000 а.е.) или 8,31 мин. для скорости света
Видимая угловая скорость движения Солнца	в перигелии — 1,01825 °/сутки в афелии — 0,98503 °/сутки среднее — 0,99694 °/сутки или 29,0956 °/сутки (2,46 °/час)
Скорость движения Земли по орбите вокруг Солнца	в перигелии — 38,287 км/с в афелии — 29,291 км/с среднее — 29,785 км/с
Синодический (видимый) период вращения Солнца вокруг своей оси	на экваторе 25,388 суток (14,184° в сутки) вблизи полюсов — 30 суток
Синодический (относительно Земли) период вращения	На экваторе — 27,33 суток (13,189° в сутки) вблизи полюсов — 30 суток
Масса Солнца	$1,989 \times 10^{30}$ кг (в 332946 раз больше массы Земли)
Средняя плотность	$1,408 \text{ г/см}^3$ (у Земли — $5,5 \text{ г/см}^3$)
Светимость	$3,86 \times 10^{26}$ ватт или $3,86 \times 10^{26}$ Вт (Земля получает 2×10^8 долю этой энергии)
Солнечная постоянная (количество энергии, падающей на 1 кв. м земной поверхности)	$1,4 \text{ кВт/м}^2$
Эффективная температура	внешний слой атмосферы — 5780 Кельвинов, в центре — 15 млн Кельвинов
Видимая температура планеты на Солнце	-26,8°

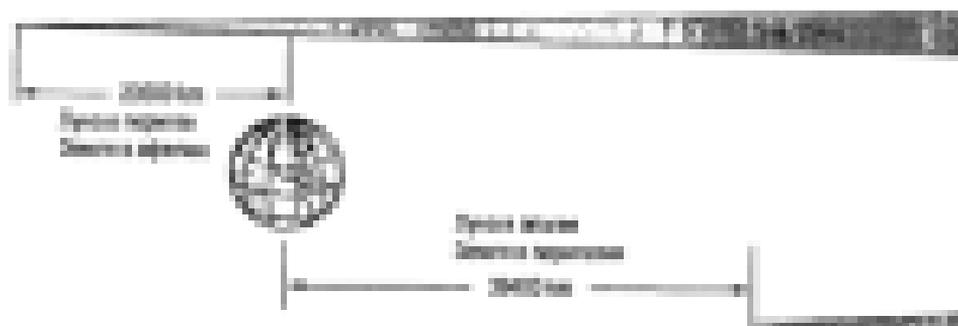
ЛУНА. СПРАВочНЫЕ ДАННЫЕ

Средний диаметр Луны	3476,2 км (0,2715 земного диаметра Земли)
Видимый диаметр Луны (полюсцентрический)	в перигее – 31'12" в апогее – 29'13" средний – 31'05,16"
Расстояние от Земли	в перигее – 363104 км в апогее – 405896 км среднее – 384999 км (30,134 диаметров Земли)
Наклон лунной орбиты к эклиптике	5°08'43" (изменяется от 4°38" до 5°17")
Наклон лунной орбиты к земной экватору	от 18°18" до 28°38"
Видимая угловая скорость движения Луны	в перигее – 13",8 в сутки, в апогее – 11",8 в сутки, средняя – 12",1143 или 13°10'23" в сутки (33/час)
Скорость движения Луны по орбите	в перигее – 1,083 км/с в апогее – 0,968 км/с средняя – 1,023 км/с
Синодический (лунный) месяц	27 дней 7 часов 43,1 минуты = 27,321582 суток
Сидерический (относительно звездного экватора) месяц	29 дней 12 часов 44,8 минуты = 29,530588 суток
Древнегреческий месяц (период движения Луны относительно своего и того же узла)	27 дней 5 часов 5,6 минуты = 27,212220 суток
Период вращения лунной оси	6798 суток или 18,61 года
Период вращения лунной оси (длина, совпадающая периодом в апогее лунной орбиты)	1010,6 суток или 2,848 года
Масса	7,3476 × 10 ²² кг (яв. 0,012 раз массы Земли)
Средняя плотность	3,35 г/см ³ (у Земли – 5,5 г/см ³)
Температура на поверхности	От -130° до +130°C
Видимая звездная величина в противостоянии	-12,75° (в 461-800 раз слабее Солнца), в перигее и в апогее Луны в 16 раз слабее

Если тень Луны достигнет земной поверхности, в этом месте наступит полное солнечное затмение. В этом случае максимальная ширина полосы затмения составляет 270 км, ширина полутопни — до 6750 км в диаметре. Как и в случае кольцеобразного затмения, полутопни может закрывать больше половины земного шара. Во всех точках полутопни наблюдатель видит частичное или полное солнечное затмение, при котором Луна закрывает часть солнечного диска.

Заметим, что такое идеальное совпадение видимых диаметров Солнца и Луны происходит только на эпоху существования человечества. Когда-то давно, более миллиарда лет назад, Луна была гораздо ближе к Земле. Стройный диск нашего спутника закрывал не время затмений не только Солнце, но и значительную часть его короны — картина затмения была гораздо менее интересной. Кольцеобразных же затмений не было вовсе. Навряд ли через полтора миллиарда лет такое будут наблюдать! Медленное удаление Луны от Земли постепенно делает полные затмения все более редкими, а кольцеобразные — все более частыми. Придет время, когда кольцеобразные затмения (наряду с частыми) будут единственными видами затмений! Корону снова будет невозможно увидеть...

Теперь, для того, чтобы получить полную картину механизма затмений, осталось рассмотреть еще одну важную его составляющую — наклон лунной орбиты. Если бы орбита Луны



Крайние положения наклона лунной орбиты. В среднем Луна наклонена относительно 174,000 км. Когда Луна в перигее, а Земля в афелии, наклон орбиты на 23,500 км больше центра Земли. Он уменьшается до перпендикулярности Земли до центра диаметра 270 км или меньше. Когда Луна в апогее, а Земля в перигее, наклон орбиты на 20,400 км не превышает до центра Земли. В такой ситуации лунная затмения не будет, возможно только кольцеобразные

лежала точно в плоскости эклиптики, то каждый месяц в момент новолуния Луна бы заслоняла Солнце в плоскости полнов или кольцеобразной затмения, которое в этом случае стало бы таким же обидным явлением, как солнечные флэ. К счастью, орбита Луны наклонена к плоскости эклиптики на небольшой угол — на 5,2 градуса. Но для нашего «светского» этого вполне достаточно.

Точка пересечения лунной орбиты с эклиптикой называется узлом, возмущающей узел — там, где Луна в своем движении переходит из южной части эклиптики в северную, и нисходящей узел — в противоположной части орбиты. Если древние поровно принимали значение этих точек и их связи с затмениями, мы даже для собственных планет — Марс, что означает «глаза дракона», и Юпитер — «хвост дракона». Этот дракон и преследовал Солнце, если оно слишком близко приблизилось к узлу. Если бы узлы были неподвижны, затмения происходили бы два раза в год в одни и те же же месяцы. Но лунные узлы медленно смещаются — примерно на 19 градусов в год навстречу Солнцу.

Вспомним, что диаметры Солнца и Луны составляют примерно 0,5 градуса. Поэтому затмения возможны только тогда, когда центр лунного диска будет не далее 0,5 градуса от эклиптики. Однако, это если смотреть из центра Земли. Наблюдатель на поверхности планеты может сместиться на величину радиуса Земли. Это приводит к тому, что Луна для наблюдателя может сместиться еще на целый градус. Получается, что затмения возможны даже тогда, когда расстояние центра Луны от эклиптики составляет 1,5 градуса.



Лунная затмения происходят регулярно, Лунные затмения Солнца и Луны происходят регулярно каждые 180 дней (180 дней орбиты)

Теперь, глядя на рисунок, можно понять, что частные солнечные затмения возможны, если наблюдатель находится ближе 16–18 градусов от одного из узлов в зависимости от углами диаметров двух светил в этот момент. Полные же или кольцеобраз-

ные затмения происходят, если светила в момент новолуния оказались ближе 11,5 градуса от «узлов» или «узлов движения».

Солнце движется по эклиптике со средней скоростью около 1 градуса в сутки. Расстояние в 16–18 градусов до и после узла Солнце преодолевает за 12–18 дней. Это зона возможных затмений, правда, во-первых встречное движение узла она сокращается до 10–14 дней. Путь за это время совершает один оборот вокруг Земли и обязательно произойдет хотя бы одно новолуние, а иногда и два (вблизи края зоны), так как они чередуются через синодический месяц, т.е. период смены лунных фаз (29,5 суток).

Получается, что одно возможное затмение вблизи середины этого периода или два частных у края зоны должны произойти обязательно. Во втором узле Солнце окажется через полгода, или с учетом смещения узла, — через 178 суток. Это вторая зона затмений, где также может произойти одно или два затмения. Значит, ежегодно происходят минимум два солнечных затмения любого вида, а иногда редкие годы — до четырех — пяти частных затмений с небольшими фазами. В обозримом будущем по 4 затмения будет в 2011 и 2019 годах.

Почему же, если столько затмений происходит каждый год, правдо считать, что это редкое явление? В основном из-за того, что ценность представляют наблюдения только полных солнечных затмений. А во-вторых, гавриха полосу возможного затмения велика, она в среднем случае покрывает 0,5% земной поверхности, а иногда и вовсе прокатит по безлюдной океанской глади.

И потому любители астрономии должны отправиться в путь. К счастью, человек достаточно мобилен. Никогда и очень далеко не надо, главное — знать куда. Многие Новосибирск смогли побывать в полосе затмения 1981 года. Для этого достаточно было сесть на электропоезд до станции Черепаново. Кто-то ездил в Забайкалье на затмение 1997 года, кто-то на Алтай, в Казахстан и на Кавказ в 2006 году. Ну а самые большие фанаты не ограничиваются территорией нашей страны, а выезжают на затмения за границу, как это делают «охотники за затмениями» из других стран. Особенно массовые астрономические выходы россиян состоялись в 1999 году (в Европу) и в 2006 году (в Турцию). В 2008 году ситуация будет обратная — и иностранные любители астрономии прибегут в Новосибирск и другие российские города, лежащие в полосе затмения.

ПЕРИОДИЧНОСТЬ ЗАТМЕНИЙ

В предыдущей главе мы узнали, что затмения происходят только тогда, когда Луна и Солнце встречаются вблизи одного из узлов («голова» или «хвост Дракона»). В результате в каждом календарном году обычно бывает два сезона затмений. Сезоны продолжаются по 34 дня вблизи каждого из лунных узлов. Как минимум, два новолуния обязательно попадают в эти интервалы, и поэтому, по крайней мере, два солнечных затмения ежегодно гарантированы. В самом же благоприятном (но достаточно редком) случае их может быть и пять!

Однако чаще всего наблюдаются частные затмения, которые гораздо менее интересны, чем полные. Чтобы произошло полное затмение, Солнце и Луна должны встретиться на небе, находясь не далее чем в 11,5 градуса от узла. Так что два периода в году, когда возможны полные затмения, оказывается всего короткими: они охватывают лишь по 22 дня каждой, и новолуние может уже «не попасть» в пределы «зоналы «дракона». Вот почему полные солнечные затмения случаются в среднем 71 раз за 100 лет – не каждый год. В прошлом, XX веке было, к примеру, 73 полных затмения.

Тем не менее случается, что хотя бы раз в один или два года на Земле должно неизбежно состояться полное солнечное затмение – событие, достойное того, чтобы тысячи любителей астрономии, профессионалов-солнечников и простые люди устремлялись за ним в самые разнообразные уголки нашей планеты. Иногда это настолько удаленные от цивилизованных мест, что не всякий, даже подготовленный, путешественник отважится туда отправиться, тем более, что такие экспедиции сопряжены с большими финансовыми затратами. Например, 22 июля 1999 года тень Луны пробежала вдоль побережья Северного Ледовитого океана, едва ли не повторив путь первых героических экспедиций вдоль Северного морского пути.

Когда происходит полное солнечное затмение, полоса лунной тени длиной до 16 тысяч километров и шириной до 270 километров способна покрыть площадь до 4 млн. кв. км (в среднем бывает несколько меньше — 2,5–3,0 млн. кв. км). По сравнению с полной площадью земной поверхности, это совсем немного — около 0,5% (полная площадь поверхности земного шара — 510 млн. кв. км).

Примерно за 100 лет затменная полоса состоитых во всех точках земной поверхности. Для этого должно произойти порядка 200 полных солнечных затмений. Именно эти достаточно редкие случаи обычно упоминаются в учебниках по астрономии — только для того, чтобы вызвать образ яркого явления.

Более тщательные подсчеты выполнял бельгийский астроном Жан Мойс. Он проанализировал все затмения на интервале 4000 лет для фиксированного набора точек на земной поверхности. В качестве таких точек он взял параллели параллелей с широтами, кратными 10° ($-80^\circ, -70^\circ, \dots, +70^\circ, +80^\circ$), и меридианы с долготами, кратными 15° ($0^\circ, 15^\circ, 30^\circ, \dots, 345^\circ$). Оказалось, что средний промежуток времени между повторениями полных солнечных затмений в одной и той же точке земной поверхности зависит от широты места. Для средних северных широт ($+50^\circ$) он равен 313 годам — очень близко к общепринятому значению. Интересно, что на высоких широтах ($+70^\circ$) затмения идут чаще — раз в 275 лет, а ближе к экватору, на широте Прованс ($+40^\circ$) реже — раз в 333 года. Результаты расчетов Жана Мойса приведены в таблице.

Широта	Средний интервал в годах между полными затмениями
$+80^\circ$	274
$+70^\circ$	275
$+60^\circ$	285
$+50^\circ$	313
$+40^\circ$	333
$+30^\circ$	353
$+20^\circ$	364
$+10^\circ$	377

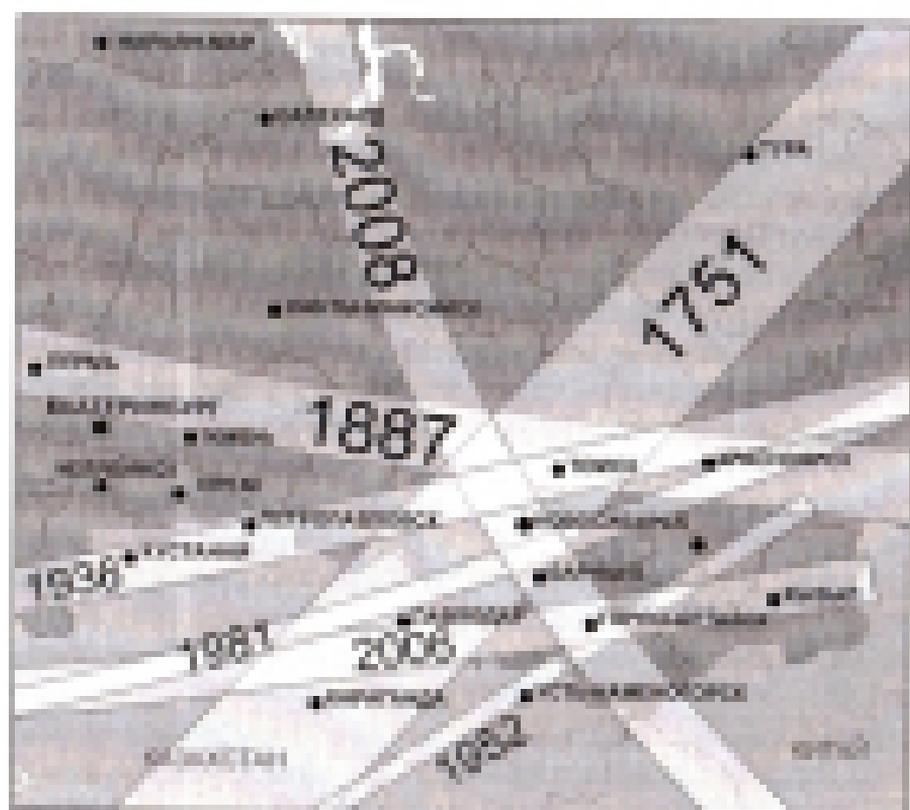
0	388
-10°	388
-20°	407
-30°	417
-40°	427
-50°	441
-60°	456
-70°	481
-80°	513

Как видно из таблицы, длительным северным полушария с затмевания «холода похололо». Ведь в южном полушарии солнечные затмения видны редко, причем значительно. Например, на широте -30° они наблюдаются раз в 441 год! Этот странный, на первый взгляд, факт имеет свое логическое объяснение. В летнее время Солнце довольно находится над горизонтом, увеличивая вероятность наблюдений затмения. Но именно тогда, когда лето царит в северном полушарии, Солнце находится «ближе» к южному (то максимальное расстояние от Земли). В этот период Солнце имеет минимальный видимый диаметр и с большой вероятностью может быть закрыто диском Луны.

Но что будет, если избранными точками будут не искусственные пункты на орбите Меркура, а вполне конкретные города на земной поверхности? Будут ли для них действовать закономерности, выведенные Вольфгангом ульманом? Рассмотрим, например, регион Западной Сибири, включающий города от Омска на западе до Красноярска на востоке и от Томска на севере до Горно-Алтайска на юге. На этой обширной территории размерами примерно 1200 на 600 км, что в два раза превышает площадь Перувию, за последние 300 лет (от начала XVIII до начала XXI века) наблюдалось всего 7 полных затмений:

1. 25 мая (14 мая по ст. стилю) 1751 г. – было видно на территории современных Новосибирска, Черепаново, Болотное, Камероно и уже существовавшего тогда Колывана, Иссыктыма и Томска;
2. 19 августа (7 августа по ст. стилю) 1887 г. – в Томске и Красноярске;

3. 19 июня 1956 г. – в Омске, Барнауле, Томске, Астане, близкая окрестность Красноярска;
4. 25 февраля 1952 г. – в Горно-Алтайске;
5. 31 июля 1981 г. – в Кызыл-оя-Оба, Черепаново; полосу затопления провела между Новосибирском и Барнаулом, не затопила сами города, а также в близкой окрестности Красноярска;
6. 29 марта 2006 г. – в Горно-Алтайске;
7. 1 августа 2008 г. – в Колыцком, Новосибирске, Черепаново, Новокузнецке, Барнауле, Горно-Алтайске.



На карте отмечены также линии сейсмического зонирования с 1931 по 2008 гг.

Как видно, в Томске и Горно-Алтайске за это время произошло по три землетрясения (в три раза чаще, чем должно быть по средней статистике). А в Барнауле землетрясение 2008 года – первое подобное событие за 800 лет. Вот и дайверий после этого кризиса вспоминаем?

Обычный человек, который редко глядит на небо, сможет заметить затмение, если его фаза превысит 0,5, т.е. Луна закроет половину солнечного диска. Затмения с такой частотой заметны спускался в русских летописях. Видны они на гораздо большей территории, чем полдень, потому что ширина полосы частного затмения измерится уже не двумя сотнями, а несколькими тысячами километров. В любой точке поверхности нашей планеты такие явления можно наблюдать не раз в 100 лет, а почти ежегодно. Это обстоятельство позволило нашим предкам накопить богатую статистику и еще в глубокой древности обнаружить периодичности в наступлении затмений.

Классическим примером периода повторности затмений является так называемый сарос, равный 18 годам и 11,3 суток. Через этот период времени повторятся классные полные солнечные и Лунные относительно земного наблюдателя, следовательно, повторятся и последовательность солнечных и лунных затмений.

Сарос содержит целое число трех небесных циклов:

1. 223 синодических лунных месяца (период смены лунных фаз), $S = 29,5306$ суток;
2. 242 draconических месяца (период обращения Луны к одному из лунных узлов), $M = 27,2122$ суток;
3. 19 draconических лет (период обращения Солнца к тому же лунному узлу), $T = 346,6200$ суток.

Эти периоды с достаточно высокой точностью связаны между собой следующими соотношениями:

$$223 \cdot S = 6385,33 \text{ суток,}$$

$$242 \cdot M = 6385,35 \text{ суток,}$$

$$19 \cdot T = 6385,78 \text{ суток.}$$

Другими словами, сарос – это наименьшее общее кратное для трех указанных циклов. Затмения, которые происходят через сарос, равный 6385,33 суток или 18 лет 11,3 суток, очень похожи друг на друга, но область их видимости сдвинута относительно земной поверхности примерно на 120° по долготе и на несколько десятков километров примерно в 0,3 суток в двух противоположных направлениях. В сарос, если в 18 лет данного сароса попадут пять високосных лет, он окажется на один сутки короче – 18 лет 10,3 суток. Кроме того, происходит и небольшое смещение Солнца

относительно узла, на что указывает протые произведения. В результате вектор затмения сдвигается на 0,47 градуса западнее по сравнению с предыдущим полноклассием. Поскольку зона затмений лежит вблизи узла на интервале 36 градусов, то каждое последующее затмение, постепенно смещаясь каждый раз на 0,47 градуса, пройдет всю эту зону в среднем за 70-сороксемь в течение времени от 1790 до 1338 лет.

Такая цепочка затмений, разделенная саросом, составляет серию. Затмение 1 августа 2008 года, к примеру, лежит в серии номер 126 по принятой классификации. Всего в этой серии 72 затмения, в 2008 году будет 43-е по счету.

Первое затмение с небольшой фазой затмения этой серии произошло 800 с лишним лет назад – 10 марта 1179 года вблизи Атарстиды. В затмении была частая фаза, затем 28 кольцеобразных. С каждым разом затмения одной серии происходят все ближе к узлу, а полоса покрытия постепенно смещается все дальше к северу. Как помнит читатель, узлы – это «голова и хвост Дракона», так что Дракон всё ближе подбирается к нашему светилу.

Наконец, на Землю начинает попадать все драконья тень целиком. В результате происходит сначала 3 затмения смешанного типа (на краях волосы – кольцеобразное, в середине – полное), а с 1882 года начались цепочки из 10 полных затмений – «Дракон» настиг свои жертвы. В 2008 году мы будем наблюдать его 43-ю попытку «просветить» Солнце. При этом волосы каждого последующего затмения также постепенно смещаются к северу.

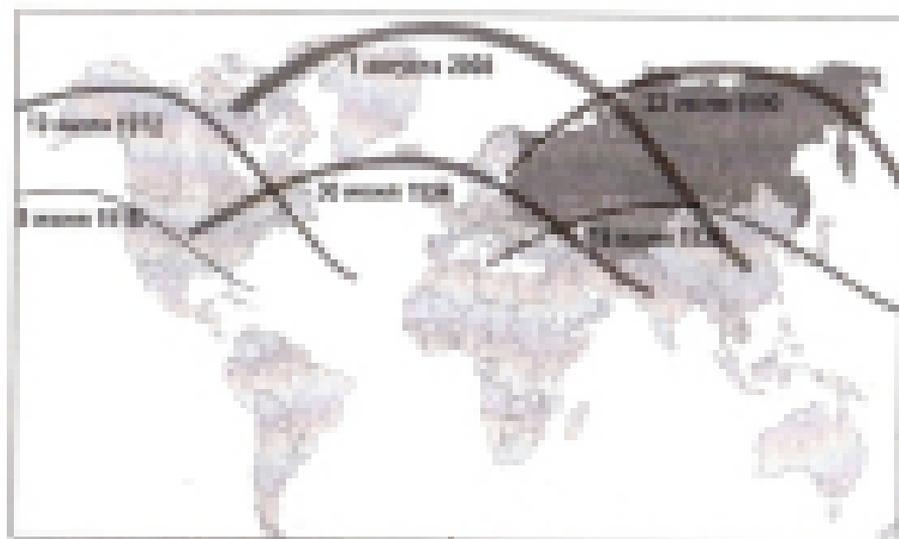
Номер затмения в серии	Дата	Тип затмения	Из чего
37	18.04.1838	смешанное	Африка, Индия
38	25.04.1846	смешанное	Центральная Америка
39	05.05.1854	смешанное	Тихий океан
40	17.05.1862	полное	Центральная Азия
41	28.05.1870	полное	Австралия
42	08.06.1878	полное	Тихий океан
43	19.06.1886	полное	СССР

44	30.06.1938	полное	Канада, Северная и Восточная Европа, Канада
45	10.07.1972	полное	Чукотка, Северная Канада
46	32.07.1990	полное	Кавказ, Чукотка
47	01.08.1998	полное	Арктика, Сибирь, Китай
48	12.08.2006	полное	Северная Азия, Гренландия
49	23.08.2044	полное	Северная Канада

После окончания периода полных затмений вновь начнутся частые, теперь уже у северного полюса планеты. И, наконец, 3 мая 2459 года произойдет последнее, 72-е по счету в этой серии, частное затмение с небольшой фазой в Северной Ледовитом океане — светила выйдут из зоны досягаемости «хвоста дракона». Почему именно «хвост»? Дело в том, что движущаяся затмевая тень с юга на север характерна для южной, происходящая южнее восходящего узла лунной орбиты, а это и есть «хвост дракона». В нечетных сериях сароса события происходят южнее восходящего узла («голова дракона») и движутся там в затмевании, разделенных саросом, идет в север на юг.

Большой сарос (34 года и 34 дня), который охватывает три обычных сароса, дает затмения, происходящие примерно на одной долготе. Дело в том, что в этом саросе утроенная длительность обычного сароса равна целому числу дней $(6585,32 \cdot 3 = 19756)$, и затмения повторяются через целое число оборотов Земли. Этот период можно зафиксировать из наблюдений, именно он и был обнаружен наблюдателями Древнего Китая, Вавилона и, как стало известно совсем недавно, народами, населявшими территорию Сибири.

Можно отметить и другие периодичности в рядах затмений. Так, недавно отмеченный цикл охватывает период 358 синодальных лунных месяцев и 388,5 драконических месяцев и равен 29 годам без 20 дней. За период одного цикла Луны относительно узла своей орбиты выноса меньше, чем за один сарос и, соответственно, серия некая действует на более длительном промежутке времени, чем серия сароса.



Пять последовательных полных затмений лунной ЛМ-й серии сорок — с 1918 по 2008 гг. Четыре серии, датной ЛМ-ой по 11 мая и 11 июня, лунные проносятся по экватору по долготе по ЛМ-градусах, так что через три серии (Большой цикл) лунные проносятся по той же долготе, что и первоначально, но теперь уже по экватору и северу.

Посмотрим теперь даты лунной, солнечной и кометной серии:

- 30 октября 1892 г. — частное затмение в США, Америке;
- 1 октября 1921 г. — полное в Антарктиде;
- 12 октября 1958 г. — полное в Якутии;
- 22 августа 1979 г. — кольцеобразное в Антарктиде;
- 1 августа 2008 года — полное в Сибири.

Здесь чередуются затмения, происходящие попеременно в южном и северном узлах лунной орбиты. Нам особенно важно проследить эту периодичность, она действительно имеет место, но какие периоды не могли обнаружить ее на практике — слишком далеко по лунной поверхности разбросаны зоны видности этих затмений. Все другие периодичности являются комбинациями серии (S) и цикла (C). Даже хорошо известный цикл Метона — это $18 \cdot 1 + 15 \cdot 5$, что составляет 6940 дней или ровно 19 лет. По окончании этого цикла лунная фаза повторится примерно в ту же календарную дату. Именно эта сложность и использовал афинский астроном Метон в своем календаре, составленном около 432 г. до н.э.

С помощью цикла Метона на основании «нашего» затмения можно рассчитать даты еще трех, случившихся в южные широты:

- 1 августа 2008 г. – полное в Сибири;
- 2 августа 2007 г. – полное в Северной Африке;
- 2 августа 2046 г. – полное в Южной Африке;
- 2 августа 2085 г. – частное у берегов Антарктиды.

В заключение упомянем еще интересное, равный 9 годам и 5, 6 или 7 дням (в зависимости от количества високосных лет в периоде) без 8 часов. Этот период, который Жан Мейо остроумно предлагает назвать сар, позволяет предсказать лунные затмения, происходящие после солнечного. Например, солнечное затмение 11 августа 1999 года через один сар даст лунное затмение 16 августа 2008 года.

Теперь, когда мы знаем законы цикличности солнечных затмений, самое время посмотреть, что было известно по этому поводу нашим предкам. Они не располагали вычислительными машинами и не знали о событиях, происходивших далеко за пределами их обычного места жительства. Это кажется парадоксальным, но преданная натурная и внимательный взор помогли им, тем не менее, обнаружить важные закономерности!

КАК ПРЕДСКАЗЫВАЮТ ЗАТМЕНИЯ

С самых древних времен люди стремились сделать солнечные затмения предсказуемыми и потому неизменными — по крайней мере, для класса зрителей, использующих эту информацию для управления светом-влиянием на социальную массу. Жрецы должны были найти способ рассчитывать градусах затмения, а еще лучше — научиться составлять расписание этих явлениях на многие годы вперед, поскольку не было на небе более движущихся и предсказуемых явлений. Даже кометы выглядели не столь угрожающе, как неслыханное Солнце и неожиданное погружение мира в полный мрак среди белого дня.

Наиболее древние на сегодняшний день инструменты для предсказания затмений археологи обнаружили не так давно — во второй половине XX века. Классическим примером обсерватории доисторического периода стал английский комплекс Стоунхендж. Строительство этого грандиозного сооружения началось примерно за 2800 лет до н.э. (почти 5000 лет назад), а главные камни были установлены в кольцо диаметром 31 м около 2500 г. до н.э. Неизвестно, сколько времени этот удивительный прибор использовался древними жрецами для астрономических наблюдений. Только к середине XX века стало известно астрономическое назначение Стоунхенджа или, по крайней мере, некоторые из его астрономических функций. В этой книге нас интересует, прежде всего, возможность предсказания солнечных и лунных затмений. Для этого, как показала недавний исследователь Стоунхенджа американский астроном Джеральд Дюжак, использовались 56 так называемых джок Обри, расположенных по кругу диаметром 88 метров. Перемычка особый маркерочный камень во кольцо, образованному этими джками, т.е. повороту перемычки его в соседнюю джку по заранее заданному для каждой даты года алгоритму, можно было собственноручно конструировать 56-летний затмевый цикл сароса, что в комбинации с други-

Если в эпоху палеолита небесные явления считались священными для наших предков, лунками и серпиками, то после появления письменности календарная информация стала изображаться более понятными для нас знаками — цифрами и буквами. Основой первых таблиц, предназначенных для вычисления положений семи классических светил — Солнца, Луны и пяти планет, — служила система мира древнегреческого астронома Клавдия Птолемея, жившего во II веке. Его книга «Альмагест» использовалась в качестве основного источника астрономической информации почти полторы тысячи лет. Эти знания сохраняли и развивали арабские астрономы и математики.

В X веке **Абн Юсуф** опубликовал Хорезмские таблицы с теорией и методами вычислений. В следующем, XI столетии распространение получили Толдские таблицы, составленные испанским астрономом **Абн ал-Дарваном**. Затем эту кропотливую работу из рук арабских астрономов переняли астрономы Средневековой Европы. Испанский король **Альфонс X Кастильский**, прозванный «Мудрым», для составления новых таблиц специально собрал у себя при дворе лучших астрономов. Альфонсовские таблицы были опубликованы в 1252 году, в день восшествия Альфонса X на престол, и находились в употреблении в течение трех столетий, вплоть до середины XVI века. Одновременно с таблицами Альфонса в Азии при дворе императора Чингиз-хана были составлены Нильхасские таблицы. Они стали плодом 12-летних упорных наблюдений **Масариджана ал-Туси**. На их разработку монгольская правительница потратила огромные средства, собрав библиотеку из 400 тысяч рукописей и построив квадрат радиусом более 3-х метров.

Резидманган составил первые печатные эфемералы, в которых были вычислены положения Солнца, Луны и планет на 32 года — с 1473 по 1506 г. В них содержались и расчеты дат лунных затмений. Этими таблицами пользовались **Коперник** и **Андреа Везувий**, а **Колумбу** при эфемералы помогли в трудный момент продемонстрировать свое могущество перед индийскими племенами — он просто-напросто «ураг» Луну с неба 29 февраля 1504 года.

С наступлением в астрономии новой эпохи, связанной с гелиоцентризмом, в обиход вошла таблица, рассчитанная на основе теории Коперника. Он составил в 1581 году **Зодиак Рей-**

лы, работавшей у герцога Альберта Прусского. Соответственно, в таблицы стали называться Пруссоники. Несмотря на переименование, практическая точность этих таблиц была невысока. Каворник во-первых считал, что все небесные тела движутся по окружностям до открытия Кеплером истинной эллиптической формы орбит, а во-вторых, чуть больше полукруга...

Требовался качественный скачок и в методике наблюдений, и в теории. И этот скачок подготовил знаменитый астроном Тихо Браге в своей обсерватории Уранбург на острове Хейландско от Копенгагена. Его тщательно выведенные на протяжении многих лет наблюдения достались Иоганну Кеплеру, который и составил в 1627 году достаточно точные Рудольфовские таблицы, посвященные, как видно по названию, покровителю астронома — австрийскому императору Рудольфу. Точность показавшая планет достигла нескольких угловых минут — это был предел для наблюдений невооруженным глазом. Благодаря этому Рудольфовские таблицы были в ходу до конца XVII и весь XVIII век. Здесь Кеплер учитывал и движение планет по долготе, и изменение скорости их движения в зависимости от положения в разных точках орбиты.

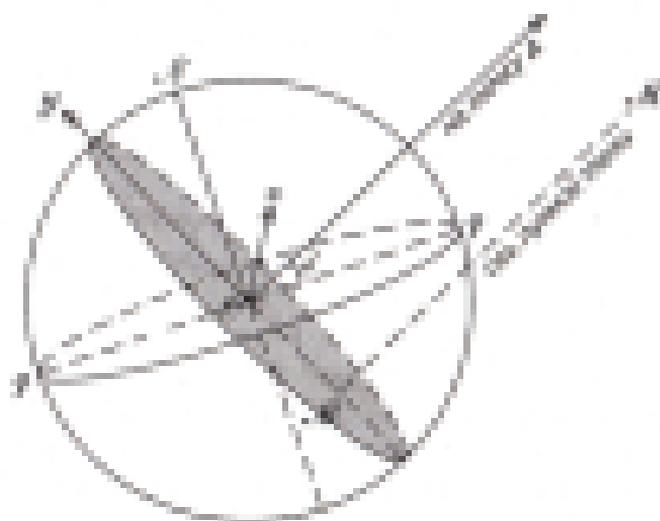
Сказать, что все эти усилия поставили точку в проблеме точного предсказания моментов затмений, к сожалению, пока еще было рано. Например, моменты наступления солнечных и лунных затмений, рассчитанные по таблицам Кеплера, все еще могли отличаться от действительных значений на целый час! Самую большую погрешность вносило пока еще плохо проработанное движение Луны, которая тоже, как выяснилось, движется по эллипсу с переменной скоростью.

Разработка теории движения Луны еще только начиналась. И в этих нелегких не последнюю роль сыграли исторические данные о затмениях, происходивших в данное время. На основе для этого тщательное изучение всех исторических материалов, где хотя бы кратко упоминалось то или иное затмение. Это, к примеру, «История према-передающая война» Пеллопа, китайская книга «Шу-цзин», древнерусские летописи и другие исторические документы. Такая работа, проследив исключительно хронологические цели, еще в XVIII веке начала вследственно монахи, включившие таблицы для предс-

числами земной в свой труд «Искусство проверки даты», опубликованной в 1750 году. Второе издание этой книги было дополнено таблицами Александра Денар, охватывающими почти весь до нашей эры.

Большой вклад в решение упрощенной задачи внёс также Денар Денар, разработавший в середине XIX века первую численно-аналитическую теорию движения Луны. Однако, слагавшие эту теорию, таблицы, в которых сохранились древние таблицы Альфа, Бета, Гамма и Фант (VI–IX вв. до н.э.), вообще не могли состояться!

В современных астрономических вычислениях традиционно приходится использовать таблицы земной. Если на поверхности Земли в 1842 году немецкий астроном Фридрих Бессель предложил настолько удачную метод расчета всех обстоятельств затмения, что он и поныне находится на вооружении астронома. В его методе совместно решаются уравнения кинематик поверхности Земли и поверхности Луны в уравнениях земной поверхности. В результате легко определяются траектории лунной тени и фазы для любого пункта на земной поверхности. Для удобства расчетов Бессель ввел систему координат с



Кинематическая система параллельных поверхностей. Ось z и y лежат в плоскости, параллельной поверхности земной тени, ось z проходит через центр Земли и параллельна оси лунной тени. N — северный полюс Земли, $q-q$ — плоскость земной поверхности, d — диаметр тени;

началом в центре Земли, одна ось идет параллельно оси вращающейся Луны (z), вторая ось лежит в плоскости земного экватора (x), третья (y) направлена к северу. Эта система координат так и называется – бессосновой. Значения координат по всем осям выражаются в единицах земного радиуса Земли.

В России первый канон солнечных и лунных затмений составил непрофессионал. Курский дворянин Федор Селисов не закончил университет. Однако затмения, наблюдавшиеся в Курск в 1842 году, настолько поразило его, что он самостоятельно решил сложные вычисления и в итоге выполнил вполне titanическую работу. В 1856 году ему был завершен фундаментальный труд «Таблица лунных и солнечных затмений в древней Земле с 1840 до 2000 г. по Московскому меридиану по последнему стилю», которые содержали 243 лунных и 172 солнечных затмения.

За границей первый обширный канон солнечных затмений составил австрийский астроном Зендер-Ольмюлер в 1887 году. Этот канон был результатом почти 28-летнего труда и основывался на теории движения Луны, разработанной немецким астрономом Петером Галеем. Работа должна бы гораздо дольше, если бы не феноменальная память Ольмюлера – он вынул карту из ящика 14 тысяч логарифмов! Всего канон охватывал 8000 затмений Солнца за период с 1208 года до н.э. по 2161 год, т.е. за 2000 лет. Для каждого затмения вычислены три точки – начало, середина и конец полосы на земной поверхности. На основе этих координат построено 160 карт с примерно выходящими центральными линиями затмений.

Канон, более скромный по числу затмений, но датированный более полным набором данных для территории Древней Руси, составил талантливый российский астроном Михаил Вильямс. В 1913 году, когда его работа была опубликована в книге Давида Савинского «Астрономические вычисления в русском летоисчислении» (перевыдана в 2007 г.), Вильямсу было всего 32 года (в 36 лет он умер от тифа). Канон Вильяма охватывал период с 1060 по 1715 гг. и для каждого затмения давал момент и величину наибольшей фазы для некоего среднего пункта с широтой 50 градусов и долготой 32 градуса. Пункт этот лежит близ Смоленска и находится примерно на одинаковом расстоянии от древних городов, упоминаемых в древнерусских летописях.

Космическая эра ознаменовалась созданием новых высокоточных эфемерид Солнца и Луны, что позволило с небывалой детальностью рассчитать обстоятельства солнечных затмений за период, охватывающий всю древнюю историю. Один из самых обширных на сегодняшний день каталогов, составленный в 2006 г. Ф. Зельманом и Ж. Мейсом, охватывает период с 2000 г. до н.э. по 2000 год н.э., т.е. в общей сложности 5 тыс. лет. Каталог снабжен картами с полками затмений. Один из авторов этого каталога – американский энтузиаст солнечной активности Фред Зельман в сотрудничестве с НАСА поддерживает интернет-сайт http://www.umbra.org/umbra/obs/obs_frm/obs_frm.htm, где имеется подробная информация как о современных, так и об исторических затмениях. Это наиболее доступный и полный источник информации по затмениям для любительской астрономии со всего мира.

Что касается труда Вышнева, то он получил свое логическое продолжение в недавней работе российских ученых М.В. Жуковский и Л.Н. Думицкой из Санкт-Петербурга. Они рассчитали данные о всех затмениях, которые имеют фазу больше 0,1 при наблюдении с территории России за период с 1800 по 2050 год. Всего за это время на Земле произойдет и произойдут 2498 солнечных затмений. На территории России наблюдаемы 992 из них с фазой больше 0,1 (около 40% от общего числа). Наиболее интересны, конечно же, полные затмения, которых в этом каталоге содержится 282 (28%). Для расчетов использовались наиболее точная на сегодняшний день эфемериды – DE40M/LE40M и классический метод Весселя. Для 48 солнечных затмений, упоминаемых в которых найдены в русских летописях, в каталоге даны обстоятельства видимости для конкретных древнерусских городов.

Практически использовать достижения современных исследователей может сегодня любой желающий – с помощью компьютерных программ и онлайн-программ в интернете. С их помощью легко можно вычислять обстоятельства любого затмения в обозримом прошлом или будущем для любого места на земной поверхности. Однако не стоит забывать, как сложным был путь к этой кажущейся простоте.

АСТРОНОМИЧЕСКИЕ ОБСТОЯТЕЛЬСТВА ЗАТМЕНИЯ 1 АВГУСТА 2008 ГОДА

1 августа 2008 года происходит полное солнечное затмение, полоса которого пролегает обращенное к Солнцу полушарие Земли. Запечатлевшая тень Луны ступит на поверхность Земли в 16 часов 22 минуты 12,5 секунды по новоисибирскому времени (зимнее время +7 часов) в северной части Канады в точке с координатами $67^{\circ}33,9'$ северной широты и $107^{\circ}16,4'$ западной долготы. Здесь в этот момент будет наблюдаться восход Солнца.

Затем тень пересечет Прованцию, Северный Ледовитый океан, Сибирь, Монголию и выйдет за пределы планеты на территории Китая в 18 часов 22 минуты 21,9 секунды в точке с координатами $37^{\circ}32,7'$ северной широты и $117^{\circ}14,7'$ восточной долготы, где в этот момент будет наблюдаться заход Солнца. Восточная часть поверхности полностью солнечное затмение будет продолжаться 2 часа 09 минут 18,5 секунд. Тень Луны пробежит за это время расстояние около 10,2 тысяч километров и покроет 0,4% земной поверхности.

Какая же Луна солнечного диска, с которого начнутся частные фазы затмения, будет наблюдаться в северной части Канады в 15 часов 05 минут 11 секунд новоисибирского времени. Последний контакт частного затмения смогут увидеть жители Дальнего Востока, Тайваня, Вьетнама в 19 часов 39 минут 31 секунду. Таким образом, полная продолжительность затмения на Земле, включая частные фазы, составит 4 часа 34 минуты 20 секунд.

В крайних точках полосы конус тени сильно наклонен к земной поверхности, скорость перемещения тени по земной поверхности из-за этого становится выше, а продолжительность полной фазы — меньше (1 минута 30 секунд в начале и 1 минута 28 секунд в конце полосы сво-

росту тени снижается, и продолжительность затмения увеличивается, достигая своего максимального значения 2 минуты 27,1 секунды в 17 часов 22 минуты 12 секунд новосибирского времени. Это происходит в районе южного города Надыма и только в координатах 68°38' ш.д. и 72°08' в.д. Сам город лежит всего в 14 км от центральной линии полосы, и продолжительность затмения здесь всего на 1 секунду короче максимального значения. Здесь южно лунной тени находится на ближайшем расстоянии от центра Земли: величина тени, равная 0,8367, означает расстояние оси лунной тени от земного центра в единицах экваториального радиуса Земли. Солнце здесь в момент затмения находится на максимальной высоте над горизонтом — 22,5 градуса.

Ширина тени уменьшается от начальных 206 км до своего минимального значения 202 км, которого она достигает при вступлении на территорию Китая, а затем вновь уменьшается до 200 км.

На территории южной страны затмение посетит в малонаселенных северных районах — на острове Новая Земля и полуострове Ямал. Первые населенные пункты, которые окажутся в полосе затмения — центр Ямальского района поселок Ар-Сале (1500 жителей) и маленький поселок Норя (проживает 44 коренных жителей северя) недалеко от устья Обь. Затем follows крупный северный город Надым с 400-летней историей и населением 48 тысяч человек, обаятельная и фолорастая западно-сибирская гостиница, крупный город со 110-тысячным населением Ноябрьск, населенные пункты Новотанкс (10 тыс. чел.), Меггон (47 тыс. чел.), Стремной (40 тыс. чел.), самый крупный из которых — город нефтяников и пловцов Нижневартовск (240 тыс. чел.).

А вот дальше тень пройдет по главным городам сразу трех федеральных образований — Новосибирской области (Новосибирск, 1 290 тыс. чел.), Алтайского края (Барнаул, 600 тыс. чел.) и Республики Горный Алтай (Горно-Алтайск, 33 тыс. чел.), в окрестностях которых расположено множество населенных пунктов. Немаловажно, что асфальтная дорога от Новосибирска до Барнаула и Байска, а также автодорога, связывающая все эти города, и даже Чуйский тракт, уходящий далеко в Монголию, лежат вдоль центральной линии затмения. Это даст хоро-

есть возможность для наблюдения и выбора места наблюдения с учетом фактически складывающейся в день затмения погоды: есть шанс успеть добраться до зоны лунной полуды на автомобиле.

Полуденная дуга Луны покрывает значительную часть земной поверхности. Здесь будут наблюдаться различные фазы частного солнечного затмения. Касание дуги Луны смогут увидеть жители Франции, Италии, Турции, Ближнего Востока. В западных районах России и на Кавказе фаза частного затмения достигнет 0,4–0,5, в столице – 0,6, на Колымом полуострове и Урале – 0,8. К востоку от полюсов полного затмения также будут наблюдаться убывающие фазы – в Забайкалье – 0,8, а вот жители Дальнего Востока смогут увидеть частное солнечное затмение на заходе Солнца. И только на Камчатке и Чукотке затмение не будет видно совсем.

Интерес для наблюдателей представляют данные о моментах контактов дуги Луны с солнечным. Наблюдение этих контактов может представлять научный интерес для уточнения теории движения Луны. Первый контакт происходит, когда Луна касается солнечного диска, на котором появляется небольшая темная впадинка, постепенно увеличивающаяся. Первый контакт очень сложно идентифицировать с точностью выше нескольких секунд, так как лунный диск до этого момента не виден. Точка касания лежит на правом краю солнечного диска, поскольку Луна движется с запада на восток, навстречу направлению движения Солнца. Положенный угол точки касания P рассчитывается от северного полюса мира против направления вращения часовой стрелки. Для того чтобы точно определить место первого контакта, нужна экваториальная монтировка и сетка нитей в поле зрения телескопа. Иногда, если телескоп установлен на азимутальной монтировке, удобнее отсчитывать показанный угол Z от точки зенита. Показан в таблице относительная длина оба эти затмения.

Второй контакт определяется гораздо точнее. Это момент, когда лунный диск полностью перекрывает солнечные лучи, касаясь внутренней стороны солнечного диска. С этого момента начинается полное затмение, которое длится до момента третьего контакта, когда солнечные лучи появляются из-за дуги Луны. Точные фиксированы второго и третьего контактов

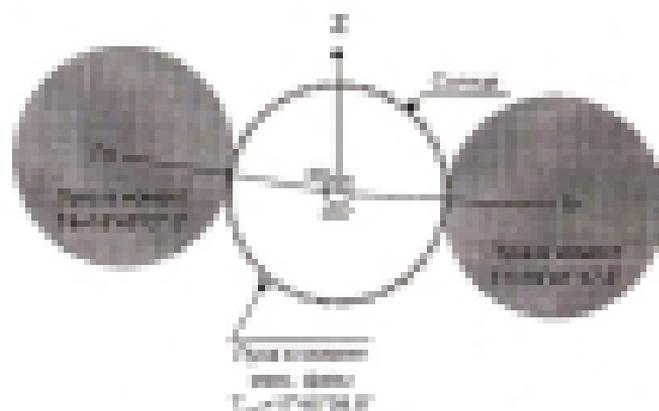
основывается на ровности лунного диска, из-за которых прорываются отдельные лучи, формируя такое явление, как «чирки Вейла». Об этих явлениях формы лунного диска рассказывается в главе I. Здесь мы отметим только, что для наблюдателя, находящегося в Новосибирске, поправки достигают значения 1,3 секунды.

Четвертый контакт заканчивает частичную фазу затмения, в этот момент Луна покрывает солнечный диск.

На соседней странице приведена таблица контактов для некоторых населенных пунктов Сибири, находящихся в поясе полной фазы, по новосибирскому времени (разница со московским временем 7 часов). Автор расчетов — французский астроном Давид Рене (Парижская обсерватория). Вычисления сделаны без учета неровностей лунного диска, так что могут на 1-3 секунды отличаться от фактических моментов. Для расчетов использовались значение лунного радиуса, равное названному МАС в 1982 году и равного 0,2728076 экваториального радиуса Земли (1738,89) км.

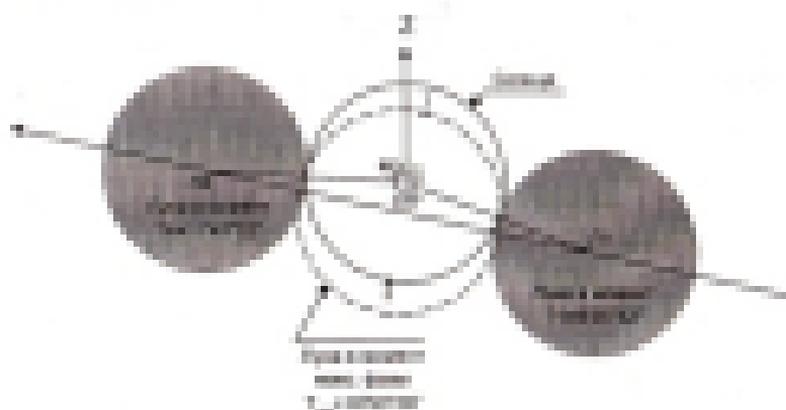
Понятно, что второй и третий контакты могут наблюдаться только из пояса полной солнечного затмения. А вот первый и четвертый наблюдаются на более обширной территории — везде, где видны частные фазы затмения. В последующей таблице приведены сведения для населенных пунктов, находящихся вне пояса полной затмения, в которых будет происходить только частичное солнечное затмение. В этой таблице для каждого населенного пункта даны моменты первого (T1) и четвертого (T4) контактов по московскому времени, полуденные углы этих контактов (Z1 и Z4), момент максимальной фазы (Tm) и ее величина (Фm), а также высота Солнца над горизонтом в момент наибольшей фазы (h₀). Для перехода к московскому времени необходимо в каждому моменту прибавить 4 часа, а затем прибавить разницу времени конкретного населенного пункта с Москвой. В Новосибирской и Томской областях, Алтайском крае и Республке Алтай разность времени с Москвой составляет 3 часа, так что для этих регионов к табличным значениям можно сразу прибавлять 7 часов.

По этим данным для каждого населенного пункта можно прямо построить видимость частных фаз затмения. Это можно сделать как с помощью транспортера и линейки, так и с по-



	P	P	Z	h	A
Первый элемент	16 45 17.1	260	260	30	
Второй элемент	17 41 32.9	130	70	30	
Максимум	17 41 00.0	-	-	30	110
Критический элемент	17 46 20.1	308	270	30	
Числовой элемент	16 41 00.0	117	80	17	

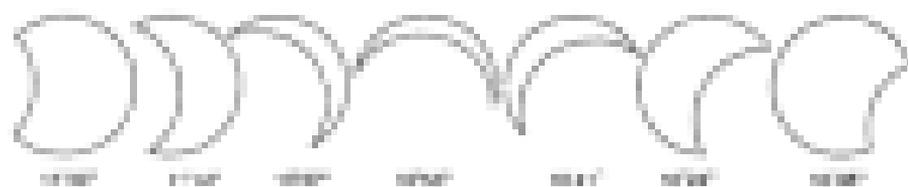
Наб наблюдения в Монтеблорна. Орбиты элементов системы (P) на каскадирующей орбите и максимальная радиус (от центра звезды β до центра звезды Z) для каскадирующей каскадирующей в Монтеблорна. h – высота Солнца над горизонтом, A – азимут. Радиус орбитальной системы Солнца – 11.31 AU ; Z – 1727° ; радиус орбитальной системы Солнца – 1.131 .



Наб наблюдения в Монтеблорна. Радиус орбитальной системы Солнца – 11.31 AU , Z – 1727° , радиус орбитальной системы Солнца – 1.131 . Максимальная радиус (от центра звезды β до центра звезды Z) для каскадирующей каскадирующей в Монтеблорна. h – высота Солнца над горизонтом, A – азимут. Радиус орбитальной системы Солнца – 11.31 AU ; Z – 1727° ; радиус орбитальной системы Солнца – 1.131 .

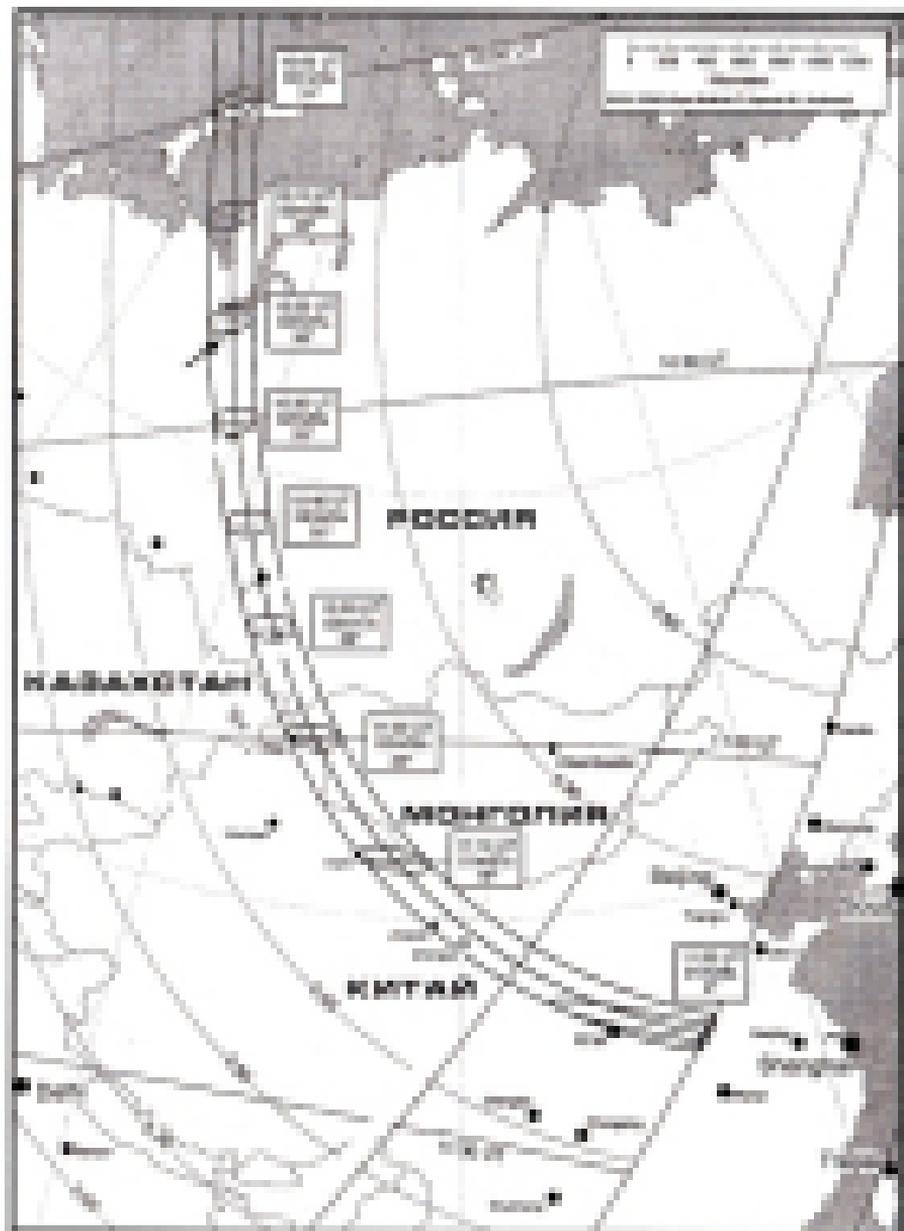
маленькой графической компьютерной программы под SolarMovie. В качестве примера графически построим видимость затмения в городе Иркутск (летняя разница со Всемирным временем +9 часов). Выбором масштабов, пересчитав Γ в 1 мм. Тогда Солнце изобразится окружностью диаметром 31,5 мм, а Луна – 22,5 мм. Показанные углы тени известны в Иркутске – 248 и 86 градусов. Отложим соответствующие углы для каждого из двух моментов и получим два положения Луны рядом с Солнцем, показывающие начало и конец затмения.

Соединив центры нарисованных лунных дисков $L1$ и $L4$, получим путь Луны длиной 61,5 мм, соответствующий продолжительности затмения 1 час 31 мин. (разность моментов $T4$ и $T1$). Получается, что каждый миллиметр этого пути соответствует 1,3 мин. времени (или 1 мин. 48 сек.). Перенеся центр Луны по этой линии, можно получить вид затмения в любой другой момент времени, в том числе и в момент максимальной фазы. Напомним, что фаза затмения – это отношение закрытой части диаметра солнечного диска ко всему его диаметру. В каждом случае диаметр Солнца 31,5 мм, а закрытой части фазмерной от точки Z – 22,5 мм. Их отношение близко к теоретическому значению 0,874.



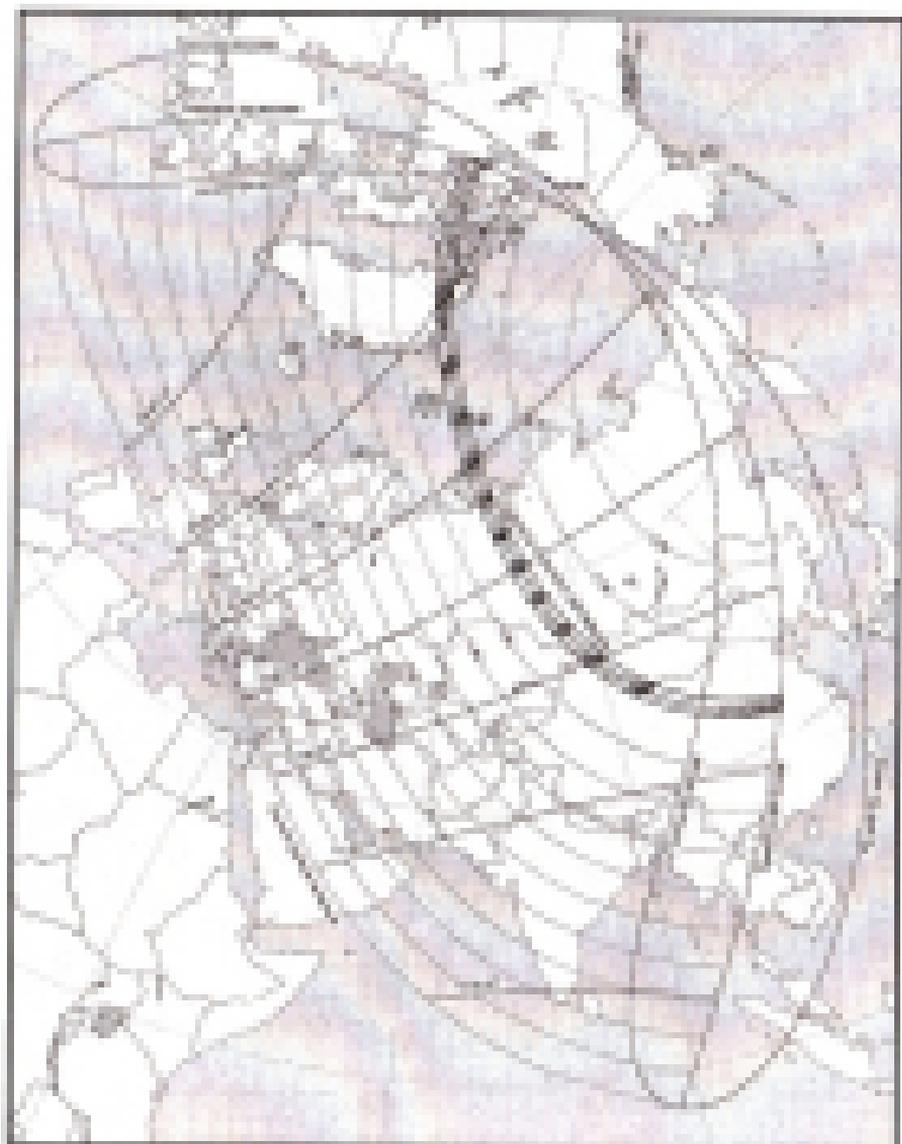
Важные фазы затмения в Иркутске. Фазы лунные

Приблизженные обстоятельства затмения для пунктов, не указанных в таблице, можно получить с помощью карты обстоятельств солнечного затмения. Перпендикулярно полосу полной фазы на карте проведены так называемые линии – линии, соединяющие точки на земной поверхности, где максимальная фаза достигается в одно и то же всемирное время, указанное у этой линии. Интервалы проведены на карте с интервалом 30 минут, по ним можно приблизительно определить, когда будет наблюдаться максимум затмения в той или иной местности.



Карта аэропортных маршрутов самолетов 7 августа 2009 г. Аэропорт закрыт.

RASA 2009 Flight Bulletin (F. Baptsuk & J. Anderson)



Минус карта изменчивости сезонного давления 1 января 2000 г. (NAO) 2000 Gofris Villetti (P. Garreaud & J. Anagnostou)

Линии, соединяющие точки на одной поверхности, где наблюдается одна и та же максимальная фаза, называются изофазы. Они имеют ту же форму, что и линии волновой фазы, которая ее огибает. На карте изофазы проведены с интервалом 0,1. Заметно, что границы полосы волновой фазы — это тоже изофазы со значениями, равными 1,0. При удалении от этой полосы значения максимальной фазы постепенно уменьшаются.

Начало полосы полного затмения ограничено тремя линиями:

1) линия при восходе – это крайняя пологая линия земной поверхности, где теоретически еще можно увидеть затмение, но Луна уже сошла с солнечного диска;

2) середина при восходе – в этот, расположенный на этой линии, можно наблюдать восход уже затмившего Солнца, что позволяет сделать весьма необычные фотографии;



Продолжительность затмения в различных точках. В центре затмившей линии, где продолжительность полной фазы максимальна – 2 мин. 27 сек. В центральной части Московской области продолжительность затмения на 2 секунды меньше максимальной – 2 мин. 25 сек. Линии Москвы, Рима, Парижских обсерваторий

3) начало при заходе – здесь, если на горизонте ничего не мешает, можно увидеть весь ход затмения сразу после восхода Солнца.

Аналогичные линии нанесены и в конце полосы затмения:

1) линия при заходе – здесь Солнце зайдет за горизонт сразу после того, как затмение окончится;

2) середина при заходе – заход затмившего Солнца, вероятно, тоже очень красив;

3) начало при заходе – крайняя пологая точка на земной поверхности, на которой никакая фаза затмения уже не наблюдается.



Карта полосы кометы полной фазы заметная 1 августа 2008 года от Новосибирска до границы России. Показана линия прямой продолжительности кометы полной фазы и граница полосы с шириной 5 минут. Нижняя дуга — граница (OT+3) максимальной фазы, продолжительность кометы заметна по центральной линии в км, в сек., высота Солнца над горизонтом и момент максимальной фазы в градусах. Расчеты Ф. Лопаткина (США).

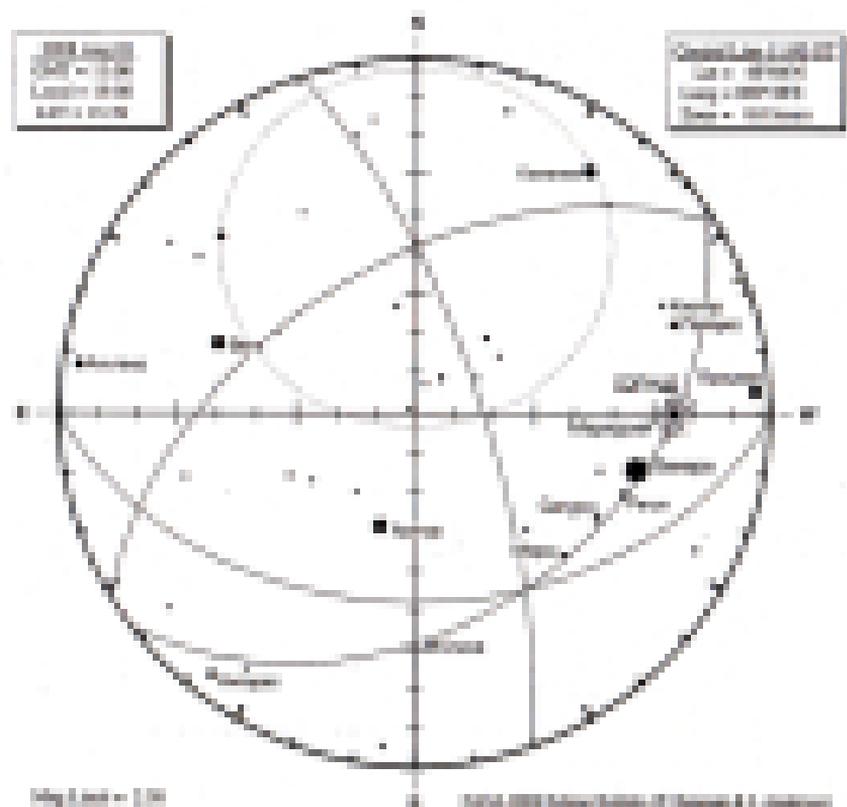
Внутри полосы кометы полной фазы заметной тоже можно построить изофазы, они будут означать моменты с равной продолжительностью полной фазы. Здесь мы приводим более подробную карту для окрестностей Новосибирска, нанесена центральная линия — изофаза максимальной продолжительности заметной и несколько соседних линий.

В заключение приводим карту полосы заметной на интервале от Новосибирска до южной границы России. Именно на этом достаточно коротком (700 км) по сравнению с протяженностью всей полосы (10000 км) отрезке и будут сосредоточены 99% российских наблюдателей и большая часть зарубежных гостей.

Во время заметной 1 августа 2008 года недалеко от Солнца будут находиться четыре планеты — Меркурий (3,4° от Солнца, его диаметр 5"), Венера (14,7" и 10"), Марс (39" и 4") и Сатурн (28" и 16"). Все четыре будут находиться слева от Солнца. Самая яркая из них — Венера — имеет видную величину — 3,8. Меркурий

$-1,2^\circ$, эти две планеты должны появиться на вечернем небе в первую очередь. А вот Марс и Сатурн в их ближайшем окружении $+1,8^\circ$ на большой дистанции от Солнца обнаружить будет трудно.

Солнце в момент наблюдения будет находиться в созвездии Рыб. Ближайшие к нему яркие звезды — это Денеб ($+0,4^\circ$ очень низко над горизонтом), Капелла ($+1,8^\circ$) и Полярис ($+1,1^\circ$) справа и Лата ($+1,8^\circ$) слева. Не исключено, что могут быть видны также Капелла, Лата и Арктур рядом от Солнца.



Карта составлена автором на основе программы Starry Night. Карта составлена автором лично на основе программы Starry Night. Карта составлена автором лично на основе программы Starry Night. Карта составлена автором лично на основе программы Starry Night.

© 2007 by the author. All rights reserved. (by the author)

Таблица 1 — координаты для географических наблюдений
 Время поновоборское (UT+7)

Координаты		Название пункта	Продол- жение лет	Первый контакт		
широта	долгота			T1	F	Z
°	'			г. м. д.	г. м. с.	"
65 32	75 31	Низаны	2 20	16 36 41.4	297	261
65 33	75 37	Нижнеборск	2 24	16 32 20.8	297	278
66 56	76 34	Нижнекаргопольск	2 26	16 36 39.9	298	276
66 42	77 34	Староселье	2 28	16 27 42.8	298	273
65 38	81 44	Козловка	2 21	16 40 40.4	298	286
65 38	83 31	Мельники	1 58	16 41 12.3	298	283
65 13	83 13	Курган	2 14	16 41 01.8	298	286
65 12	80 17	Курган	0 17	16 39 19.6	830	269
65 12	83 18	Солдур	2 13	16 41 11.9	298	286
65 06	80 57	Мурман	1 43	16 39 56.4	299	268
65 02	81 56	Новосибирск	2 21	16 41 17.3	298	286
65 01	82 12	Козловка	2 21	17 40 31.6	299	287
65 00	82 43	Оль	2 21	16 41 17.3	298	286
64 33	82 46	Ворг-Тол	2 23	16 41 28.8	299	286
64 30	82 43	Курганский	2 23	16 41 32.4	299	286
64 47	83 02	Курган	2 23	16 41 48.8	298	288
64 41	82 58	Курган	2 23	16 41 44.9	299	286
64 38	82 58	Курганского	2 23	16 41 58.1	299	286
64 37	83 24	Новосибирск	2 28	16 42 21.7	298	283
64 36	82 27	Дальний	2 17	16 41 58.9	299	286
64 27	82 08	Курганский Ар	2 08	16 41 53.7	299	286
64 22	81 54	Среднее	1 58	16 41 54.2	299	286
64 04	82 58	Курганский	2 18	16 43 08.4	299	283
63 24	83 57	Новосибирск	2 21	16 44 59.8	299	284
63 21	83 48	Курган	2 09	16 44 56.7	299	284
61 34	85 13	Курган	2 18	16 47 19.2	299	282
61 07	86 01	Пурно-Алтайск	2 08	16 48 02.9	299	281
61 36	85 45	Нью-Сол	2 18	16 49 21.5	299	281
61 24	86 02	Курган	2 18	16 49 39.2	299	281
60 00	88 48	Косм-Арктик	1 50	16 54 03.6	298	287

Примечание: F — географический угол точки контакта, измеренный против часовой стрелки от направления на точку центра; Z — географический угол, измеренный от точки центра.

применяя Силыбури и метод полных функций

Исходный вариант			Матр. функция	Средний вариант			Числовой вариант				
Т1	Р	Э		Т1	Р	Э	Т1	Р	Э		
к	м	с	к	м	с	к	м	с	к	м	с
17.20.06.3	113	94	17.21.23.5	17.22.18.5	268	217	18.21.26.8	116	92		
17.25.41.4	100	77	17.26.54.9	17.28.11.7	312	267	18.26.26.9	117	89		
17.30.18.1	138	101	17.31.32.1	17.32.44.9	285	247	18.31.06.1	117	86		
17.31.09.4	112	84	17.32.22.3	17.33.37.0	302	273	18.31.44.1	117	86		
17.43.24.3	108	72	17.44.54.9	17.45.45.2	308	272	18.44.25.7	117	81		
17.43.57.7	94	68	17.44.51.8	17.45.58.7	312	266	18.44.28.9	118	81		
17.47.47.5	78	62	17.44.54.4	17.46.05.1	318	282	18.44.47.5	118	81		
17.43.37.5	193	139	17.43.56.2	17.44.14.0	273	187	18.44.54.7	116	79		
17.43.51.2	96	68	17.44.57.1	17.46.02.8	320	284	18.44.48.9	118	81		
17.43.30.5	161	127	17.44.22.1	17.45.13.5	273	217	18.44.49.9	117	80		

17.43.54.9	118	74	17.45.09.8	17.46.28.3	306	278	18.45.01.6	117	80
17.41.46.1	129	93	17.44.56.8	17.46.02.2	287	251	18.45.02.2	117	80
17.43.58.8	119	74	17.45.08.7	17.46.28.3	306	279	18.45.02.8	117	80
17.44.12.9	117	81	17.45.24.1	17.46.33.3	299	262	18.45.22.2	117	80
17.44.17.3	128	82	17.45.28.9	17.46.48.2	296	260	18.45.28.6	117	80
17.44.29.8	112	78	17.45.40.8	17.46.51.7	302	266	18.45.32.3	117	80
17.44.31.8	125	88	17.45.42.9	17.46.53.9	291	255	18.45.42.2	117	80
17.44.42.8	122	83	17.45.54.2	17.47.05.3	294	278	18.45.51.4	117	80
17.44.56.9	107	71	17.46.06.9	17.47.18.6	308	272	18.45.55.1	117	80
17.44.51.1	125	86	17.46.02.1	17.47.18.5	281	244	18.46.04.8	117	79

17.44.54.3	145	109	17.46.01.2	17.47.05.4	272	215	18.46.08.5	117	79
17.45.08.2	155	113	17.46.08.2	17.47.04.0	262	225	18.46.17.1	117	79
17.45.52.8	132	94	17.47.02.2	17.48.11.5	283	247	18.46.25.1	117	79
17.47.26.4	123	84	17.48.27.8	17.48.47.2	294	255	18.48.11.6	117	78
17.47.28.9	129	81	17.48.35.4	17.49.47.7	287	249	18.48.16.1	117	78
17.49.21.6	118	78	17.50.34.7	17.51.43.4	307	267	18.49.44.8	117	78
17.50.47.8	186	96	17.51.04.6	17.53.03.1	318	278	18.50.01.2	118	77
17.51.09.3	120	79	17.52.28.8	17.53.27.8	296	256	18.51.22.9	117	77
17.51.51.1	119	78	17.53.00.3	17.54.09.0	298	257	18.51.51.5	117	76
17.53.03.1	84	41	17.56.13.3	17.57.09.5	121	288	18.54.13.4	118	75

Рисунки: Р. Вохов, Парижская обсерватория, 2005.

Объемная дальность полета дальнего действия 1 августа 2008 г. для полета полной фазы

Время измерения, для первого и четвертого времени, необходимо в приведенному моменту прибавить 4 часа. T1 и T4 – моменты первого и четвертого контактов, Tm – момент максимальной фазы, Фm – значение максимальной фазы, Z1 и Z4 – возвышения устьев первого и четвертого контактов (считываемых от точки зенита против часовой стрелки), h_с – высота Солнца над горизонтом в момент максимальной фазы.

Названный пункт	T1	Tm	T4	Фm	Z1	Z4	h _с
	h м. л.	h м. л.	h м. л.	°	°	°	°
Абакан	9-48 26	10-49 46	11-41 21	0,958	258	92	34,7
Абдульдино	9-26 36	10-29 43	11-23 07	0,711	303	69	47,3
Абдуль	9-08 20	10-14 23	11-08 08	0,959	291	92	36,6
Абдульдино	9-28 14	10-33 27	11-44 52	0,824	244	89	9,9
Азов	9-21 23	10-38 35	11-25 41	0,414	348	32	38,3
Алашар	9-36 35	10-39 04	11-37 56	0,395	329	42	38,5
Алашарка	9-28 58	10-38 32	11-33 33	0,854	292	78	41,5
Алашарь	9-13 08	10-30 45	11-26 33	0,853	317	70	49,9
Алашар	9-46 20	10-38 34	11-28 41	0,748	346	100	8,4
Александров	9-02 03	10-09 44	11-13 36	0,800	328	74	30,8
Александровск-	9-54 28	10-11 02*	-	0,318	241	-	0,0
Скопинской в							
Алашар	9-03 37	10-10 08	11-13 13	0,547	304	70	32,8
Алашар	9-47 38	10-47 06	11-43 53	0,891	254	87	30,9
Алашаровск	9-17 15	10-36 22	11-32 01	0,716	307	71	47,9
Алашар	9-04 23	10-09 37	11-12 21	0,887	291	86	34,3
Алашар	9-37 18	10-30 36*	-	0,600	348	-	0,0
Алашар	9-29 48	10-35 41	11-23 03	0,337	348	47	61,1
Алашар	9-53 04	10-52 30	11-46 41	0,875	248	86	16,9
Алашар-	9-41 08	10-48 04	11-43 16	0,890	264	83	28,4
Суджовск							
Алашар	8-47 08	9-53 23	10-56 03	0,788	316	95	40,3
Алашар	9-08 28	10-16 37	11-23 47	0,634	323	71	30,4
Алашар	9-28 35	10-31 08	11-30 35	0,392	337	47	39,2
Алашар	10-06 49	10-25 10*	-	0,355	328	-	0,0
Алашар	10-08 36	10-28 32*	-	0,388	338	-	0,0
Алашаровск	8-54 24	10-01 49	11-07 36	0,778	304	88	42,9
Алашар	9-21 48	10-30 11	11-34 54	0,841	293	76	41,9
Алашар	9-38 54	10-37 28	11-40 04	0,314	339	51	34,4
Алашар	9-43 18	10-48 43	11-42 05	0,598	280	83	23,8

Наименование пункта	T1	Tm	Td	Qm	Z1	Zd	k
	h м.г	h м.г	h м.г		г	г	г
Али	9-43-40	10-37-34	-	0,124	243	-	1,5
(Сайбар, край)							
Алтайск	9-35-45	10-35-36	11-32-14	0,878	368	94	23,4
Алашань	9-18-13	10-36-45	11-31-52	0,616	317	64	21,4
Алтайск	9-08-33	10-15-44	11-21-08	0,852	321	74	49,8
Алашань	9-45-21	10-46-36	11-44-16	0,843	358	84	25,8
Алашань	9-02-13	10-09-38	11-13-18	0,584	330	73	21,3
Алашань	9-14-45	10-22-25	11-26-48	0,552	327	65	33,7
Алашань	9-46-42	9-46-48	10-47-18	0,401	358	80	51,3
Алашань	9-37-46	10-42-23	11-44-01	0,865	371	79	32,9
Алашань	9-54-23	10-30-07	11-42-36	0,834	347	89	13,9
Алашань	9-21-38	10-25-19	11-28-12	0,419	358	52	38,4
Алашань	8-58-13	10-05-41	11-11-28	0,613	328	77	49,8
Алашань	9-10-37	10-15-15	11-17-54	0,456	340	62	36,3
Алашань	9-28-28	10-29-27	11-34-52	0,713	303	89	47,1
Алашань	9-52-43	10-44-45	11-34-32	0,764	344	86	6,8
Алашань	9-44-37	10-47-26	11-46-21	0,890	363	81	28,8
(Копер.)							
Алашань	9-58-31	10-49-15	-	0,713	340	-	2,3
Алашань	8-56-28	10-04-14	11-16-32	0,609	324	81	47,3
Алашань	8-48-33	9-56-31	11-03-08	0,717	328	80	43,3
Алашань	9-24-28	10-13-25	11-38-24	0,767	297	76	44,9
Алашань	9-28-14	10-25-43	11-28-22	0,389	341	46	68,8
(Кривой, край)							
Алашань	9-13-58	10-22-26	11-27-48	0,827	299	86	42,9
Алашань	9-14-00	10-28-23	11-24-04	0,932	288	88	37,1
(Кривой)							
Алашань	9-42-12	10-43-03	11-44-12	0,985	263	82	28,2
Алашань	9-33-40	10-40-28*	-	0,734	241	-	6,8
Алашань	9-49-49	10-41-58	11-31-31	0,736	245	98	7,8
Алашань	10-02-58	10-29-38*	-	0,583	239	-	6,8
Алашань	10-00-35	10-40-38*	-	0,710	239	-	6,8
Алашань	9-39-39	10-28-22	11-23-48	0,737	302	72	48,7
Алашань	9-46-38	10-46-18	11-42-23	0,885	235	87	21,5
Алашань	9-39-40	10-50-23	-	0,738	248	-	2,4
(Амур.)							
Алашань	9-47-33	10-42-11	11-34-28	0,794	249	86	13,4
Алашань	8-33-36	10-02-30	11-08-18	0,582	333	78	48,9
Алашань	9-33-36	10-43-18	-	0,745	242	-	1,8
Алашань	10-08-40	10-27-04*	-	0,357	237	-	6,8
Алашань	9-07-09	10-15-43	11-21-45	0,635	328	73	48,6

Исторический пункт	T1	Tm	T4	Qm	Z1	Z4	k
	г. м. д.	г. м. д.	г. м. д.		г.	г.	г.
Борисоглебск	9-14-06	10-31-75	11-25-34	0,536	329	65	54,3
Борисов	8-54-58	10-01-47	11-07-34	0,802	352	79	49,4
Борск	9-48-09	10-46-16	11-41-19	0,868	353	89	19,3
Борисовский	9-24-34	10-26-37	11-25-53	0,388	342	49	59,7
Борск	9-03-01	10-08-27	11-12-16	0,492	341	69	34,4
Ботушка	9-18-21	10-27-28	11-23-02	0,714	307	70	47,9
Бутурлин	9-18-34	10-28-40	11-24-08	0,697	308	68	48,1
Будайковский	9-31-38	10-35-40	11-36-08	0,434	329	46	57,8
Бухари	9-21-04	10-30-06	11-25-24	0,688	308	66	48,7
(Орех.)							
Боньск (Парг.)	9-13-24	10-22-20	11-28-09	0,673	314	70	49,2
Буй (Кастр.)	9-01-47	10-10-04	11-18-28	0,871	321	78	48,4
Буй-инск	9-28-25	10-43-16	11-43-06	0,434	328	42	56,5
Бутурлиновка	9-13-47	10-20-15	11-24-01	0,708	310	61	55,2
Валдай	8-54-44	10-01-28	11-07-04	0,788	324	79	49,9
(Новгород.)							
Ванкоры	9-13-27	9-19-52*	10-48-48	0,124	268	119	0,0
Валдай Луки	8-54-18	9-58-49	11-04-25	0,527	341	77	51,5
Вал. Новгород	8-52-16	9-58-38	11-04-08	0,784	339	80	49,3
Валдай Угол	9-03-08	10-11-34	11-17-49	0,754	312	82	43,3
Вальск	8-58-07	10-07-17	11-13-38	0,725	317	85	45,8
Варна	9-29-17	10-32-24	11-29-49	0,931	321	93	34,2
Васюков							
Варна	9-22-23	10-31-01	11-29-59	0,815	299	74	43,8
Удалей							
Варна	9-21-11	10-29-41	11-24-32	0,831	294	76	42,4
Паша							
Варна Салда	9-19-32	10-27-42	11-22-34	0,845	294	78	41,8
Варшавин	9-18-16	10-26-26	11-21-14	0,858	294	79	41,4
Варонск	9-28-08	10-22-14	11-12-48	0,731	253	108	18,1
Ваша	9-47-50	10-43-38	11-48-23	0,858	293	80	18,7
Вашков	9-02-22	10-09-40	11-15-09	0,576	332	72	51,8
Вельск	9-27-16	10-20-53	11-22-34	0,758	292	103	12,8
Ветви (Вост.)	9-44-19	10-29-39	11-32-28	0,797	331	87	14,8
Велюва	9-47-45	10-46-06	11-41-19	0,871	293	89	19,6
Велута	9-03-51	10-12-10	11-18-18	0,850	323	75	49,4
Владимост	10-08-51	10-29-02*	-	0,390	337	-	0,0
Владимово	9-36-17	10-29-43	11-28-49	0,403	337	43	58,1
Владимир	9-04-04	10-12-02	11-17-52	0,814	328	73	50,7
Волгоград	9-22-09	10-28-51	11-22-18	0,513	328	96	35,1
Волгодонск	9-22-44	10-27-53	11-29-53	0,458	333	53	57,8
Волна	9-11-56	10-20-53	11-28-58	0,698	314	72	48,3
Волосский	9-22-04	10-28-54	11-22-20	0,518	328	57	34,9
Волость	8-58-18	10-07-23	11-12-48	0,678	323	79	48,0

Населенный пункт	T1	Tm	T4	Qm	Z1	Z4	k
	г.м.г.	г.м.г.	г.м.г.		г.	г.	г.
Александровск	9 59 58	10 06 56	11 12 18	0,568	331	74	51,6
Волхов	9 51 42	9 58 50	11 04 29	0,623	331	83	48,6
Волхов	9 17 52	10 26 21	11 31 28	0,811	318	64	51,3
Воркута	9 08 34	10 13 59	11 17 12	0,880	389	93	25,3
Воронеж	9 18 48	10 17 87	11 21 04	0,909	335	64	54,9
Воскресенск	9 03 43	10 11 12	11 16 58	0,981	338	72	51,8
Воткинск	9 15 13	10 24 11	11 28 52	0,766	304	75	45,4
Выборг	9 47 45	9 53 33	10 59 34	0,814	333	85	47,8
Высок	9 07 08	10 15 11	11 20 56	0,815	329	71	51,8
Вышний	9 58 28	10 03 26	11 08 03	0,990	333	77	50,2
Вязьма							
Вязьма	9 58 39	10 03 53	11 18 43	0,533	337	73	52,3
Вязьма	9 09 01	10 17 50	11 23 55	0,748	309	78	46,8
Газачи	9 02 47	10 11 05	11 17 21	0,675	338	77	48,3
Гатчина	9 58 05	9 58 32	11 01 58	0,998	334	83	48,3
Глинское	9 27 39	10 37 39	11 24 51	0,340	346	45	61,1
Гореловск	9 32 32	10 33 59	11 39 37	0,807	331	49	58,4
Гусько	9 12 32	10 21 13	11 27 05	0,770	308	77	45,3
Грайворон	9 09 49	10 14 87	11 16 24	0,443	344	62	58,8
Грязная	9 36 39	10 40 31	11 48 14	0,432	335	49	57,3
Губинск	9 09 54	10 13 30	11 18 51	0,482	339	63	59,7
Гусько	9 19 39	10 24 01	11 25 45	0,441	337	55	57,6
Гурьевск	9 44 38	10 47 29	11 46 36	0,997	363	81	28,2
(Канар.)							
Гусь	9 05 07	10 13 04	11 18 47	0,686	337	73	51,1
Хрустальный							
Давыдовское	9 30 37	10 38 03	11 35 25	0,734	303	70	46,6
Дальнегорск	10 03 34	10 18 09*	-	0,243	238	-	0,0
Дальнереченск	10 04 22	10 29 09*	-	0,471	238	-	0,0
Даровск	9 45 32	10 46 58	11 44 31	0,940	238	84	24,7
Дарьинт (Дар.)	9 42 38	10 46 12	11 43 47	0,436	317	41	59,9
Дарьинск	9 06 47	10 13 18	11 21 16	0,647	321	73	48,8
Демидовск	9 44 46	10 45 47	11 43 17	0,934	299	85	24,6
Демидов	9 09 05	10 18 23	11 09 39	0,930	278	100	27,6
Демидовград	9 13 37	10 24 56	11 38 36	0,675	312	69	49,1
Демидов	9 00 39	10 08 24	11 14 02	0,981	331	74	51,8
Долгоборский	9 01 34	10 08 53	11 14 24	0,981	331	73	51,4
Домнадомо	9 02 37	10 09 54	11 13 17	0,974	332	72	50,9
Дружинка	9 27 32	10 17 58	11 07 39	0,715	294	112	6,8
Дубки	9 03 57	10 10 38	11 13 24	0,538	335	70	52,2
Дубинка	9 31 39	10 38 37	11 32 11	0,523	329	97	34,7
(Валгарка.)							
Дубинка	9 17 53	10 19 87	11 18 18	0,914	273	99	23,2
Егоровск	9 03 55	10 11 29	11 17 08	0,985	338	72	51,7

Паспортный округ	Y1	Y2	Y4	Чис	Z1	Z4	h
	А. м. г.	А. м. г.	А. м. г.		г.	г.	г.
Абакан	9 21 28	18 23 38	11 23 33	0,398	343	51	89,3
Актюбинск	9 21 22	18 28 52	11 34 44	0,829	294	78	42,5
Алабуга (Тат.)	9 15 37	18 24 42	11 30 28	0,726	387	72	47,1
Алаш	9 08 12	18 14 44	11 19 85	0,321	333	66	34,9
Алтайский	9 29 81	18 39 39	11 37 43	0,918	281	89	25,2
Алтайский	9 27 50	18 34 34	11 37 31	0,517	321	53	34,6
Арбатский	9 40 18	18 36 47	11 30 51	0,815	254	97	17,7
Арзамаский	9 24 17	18 32 37	11 36 11	0,866	289	77	40,6
Архангельский	9 20 83	18 28 38	11 35 26	0,608	317	63	31,6
Белый	9 25 14	18 23 28	11 19 19	0,826	263	182	21,6
Белозерский	9 32 40	18 35 38	11 34 37	0,396	333	44	38,8
Березовский	9 06 38	18 13 38	11 18 81	0,329	333	67	33,9
Брянский	9 02 41	18 11 81	11 14 38	0,481	341	66	35,2
Брянский	9 02 21	18 09 46	11 15 16	0,283	331	73	31,2
Брянский	9 31 58	18 35 31	11 17 25	0,754	254	186	13,2
Бурятия	9 02 38	18 18 82	11 15 31	0,583	331	73	31,6
Бурятия	9 01 17	18 08 24	11 13 46	0,371	333	73	31,7
Бурятия	9 28 07	18 37 17	11 41 28	0,243	287	73	41,1
Бурятия	9 01 08	18 08 23	11 13 53	0,388	333	74	31,4
Бурятия	9 12 08	18 21 86	11 27 82	0,898	313	72	48,9
Бурятия	9 54 17	18 45 34	-	0,768	342	-	4,7
Бурятия	9 23 26	18 32 32	11 31 88	0,798	295	33	43,1
Бурятия	9 54 13	18 44 86	-	0,747	343	-	1,2
Бурятия	9 58 24	18 42 29	11 32 22	0,737	245	98	7,4
Бурятия	9 03 19	18 11 29	11 17 31	0,637	324	75	48,8
Бурятия	9 01 35	18 09 21	11 14 53	0,286	331	73	31,3
Бурятия	9 19 09	18 22 39	11 27 49	0,877	294	82	48,8
Бурятия	9 21 21	18 22 30	11 21 54	0,818	271	97	27,9
Бурятия	8 52 48	9 57 47	11 02 04	0,513	342	77	31,5
Бурятия	9 14 38	18 23 31	11 28 36	0,735	305	75	48,8
Бурятия	8 57 58	18 04 32	11 08 33	0,883	303	93	38,8
Бурятия	9 07 41	18 14 82	11 18 08	0,339	293	91	37,4
Бурятия	9 46 35	18 46 40	11 43 28	0,813	256	96	23,8
Бурятия	9 22 00	18 30 85	11 34 33	0,864	291	78	48,9
Бурятия	9 55 42	18 53 80	11 47 02	0,874	248	96	16,3
Бурятия (Томск.)	9 29 54	18 37 84	11 48 18	0,808	282	77	38,8
Бурятия	9 23 14	18 32 38	11 37 28	0,713	301	68	46,4
Бурятия-Омск	9 18 17	18 19 32	11 23 19	0,898	314	74	48,1
Бурятия	9 12 48	18 21 48	11 27 43	0,896	312	72	48,3
Бурятия	9 48 11	18 45 41	11 39 18	0,833	258	92	36,2
Бурятия							

Наименование пункта	T1	Tm	T4	Qm	Z1	Z4	h
	г. м. г.	г. м. г.	г. м. г.		г.	г.	г.
Казань-на-Днепр	9 21 12	10 27 25	11 28 42	0,500	329	56	53,6
Казаньград	9 47 09	9 47 36	10 48 22	0,407	337	80	51,6
Кагуля	9 02 29	10 09 13	11 14 04	0,579	336	71	53,8
Калинковичи	9 23 09	10 31 32	11 28 12	0,837	292	75	42,8
Калинковичский							
Калинковичи	9 19 05	10 23 58	11 28 01	0,451	336	55	57,3
Калинковичский							
Калиновка	9 42 41	10 47 04	11 47 22	0,988	267	78	31,8
Ольга							
Калицкий	9 19 56	10 27 30	11 21 41	0,551	323	60	53,7
Калицкий	9 23 08	10 31 22	11 35 34	0,851	291	76	41,4
Калицкий	9 11 43	10 20 36	11 26 31	0,674	315	71	48,1
Калицкий	8 46 40	9 52 55	10 58 40	0,775	317	94	48,7
Калицкий	9 45 39	10 45 40	11 42 18	0,988	257	87	32,8
Калицкий	8 25 35	10 33 04	11 38 06	0,707	329	84	46,8
Калицкий	9 26 08	10 34 13	11 28 26	0,837	288	75	48,8
(Калицкий)							
Калицкий	9 16 13	10 24 18	11 29 11	0,882	295	81	41,3
Калицкий	9 29 41	10 42 46	11 42 47	0,441	319	42	58,1
Калицкий	9 42 39	10 40 54	11 36 23	0,859	255	92	28,5
Калицкий	9 42 33	10 43 29	11 44 38	0,988	265	82	28,3
Калицкий	8 49 28	9 56 23	11 02 28	0,744	319	90	42,9
Калицкий (Центр)	9 36 13	10 40 42	11 41 15	0,448	322	43	56,4
Калицкий	9 00 02	10 07 31	11 12 16	0,680	330	75	58,6
Калицкий	8 48 53	9 54 45	11 00 08	0,583	336	83	48,4
Калицкий	9 28 40	10 27 39	11 33 06	0,669	311	67	49,3
Калицкий	9 03 46	10 12 08	11 18 17	0,606	322	76	49,2
Калицкий	9 46 33	10 42 00	11 38 41	0,824	251	93	18,5
Калицкий	8 27 13	10 03 04	11 11 22	0,620	324	81	47,6
Калицкий	8 31 52	9 38 33	11 04 22	0,610	322	82	48,4
Калицкий	9 19 58	10 28 27	11 23 25	0,832	295	77	42,5
Калицкий	9 09 25	10 18 15	11 24 19	0,751	309	78	45,9
Калицкий							
Калицкий	9 45 28	10 48 15	11 47 09	0,983	262	80	27,7
Калицкий	9 32 37	10 35 22	11 34 25	0,791	323	64	59,8
Калицкий	9 30 07	10 43 53	11 38 53	0,820	249	92	14,7
Калицкий	9 02 31	10 09 44	11 15 04	0,570	322	72	52,8
Калицкий	9 03 15	10 07 29	11 12 02	0,583	322	74	51,2
Калицкий	9 01 33	10 06 11	11 09 08	0,459	346	68	59,1
Калицкий	9 04 23	10 12 42	11 18 39	0,628	325	74	58,3
Калицкий	9 09 32	10 18 21	11 24 24	0,679	316	73	48,8
Калицкий							
Калицкий	9 04 07	10 11 34	11 16 57	0,577	328	71	52,8
Калицкий	9 23 15	10 28 53	11 28 57	0,892	268	83	38,2

Паспортный пункт	T1	Tm	T4	Qm	Z1	Z4	k
	к м г	к м г	к м г		к	к	к
Калганово	9-58-19	9-58-44	11-02-26	0,608	253	85	48,1
Калмакыял- га-Аурга	9-56-09	10-30-23*	-	0,608	248	-	0,0
Калмык	9-29-15	10-33-49	11-08-29	0,817	292	73	42,7
Калмык	9-49-19	10-47-05	11-49-13	0,960	268	85	38,8
Караюк	9-25-25	10-34-01	11-08-40	0,812	292	73	42,8
Караюк	9-01-36	10-09-20	11-14-52	0,594	330	73	51,4
Кастром	9-02-12	10-10-24	11-16-33	0,651	323	76	49,1
Катлыново (Волгол.)	9-23-24	10-29-03	11-31-23	0,474	358	94	36,3
Катлымет	9-08-15	10-17-05	11-23-12	0,731	312	77	46,7
Катма	9-02-50	10-11-13	11-17-25	0,765	310	82	44,8
Красноярск	9-01-36	10-08-52	11-14-19	0,977	332	73	51,6
Краснояр	9-28-42	10-27-25	11-28-22	0,363	343	47	60,3
Красноярский	10-00-37	10-54-30	11-44-43	0,815	282	89	7,5
Красноярск	9-15-06	10-13-52	11-26-24	0,798	301	77	44,1
Красноярск- Амур	9-18-24	10-24-27	11-29-18	0,864	294	81	41,2
Красноярский	9-18-17	10-28-06	11-33-21	0,798	298	73	44,8
Красноярск	9-44-49	10-45-40	11-43-02	0,829	258	86	24,3
Красный Кут (Саян.)	9-18-36	10-27-45	11-32-27	0,586	318	62	52,3
Кривойск (Краснояр. край)	9-26-51	10-29-20	11-28-09	0,764	338	48	39,2
Крыль	9-26-19	10-26-43	11-24-38	0,747	346	46	60,8
Кудам	9-07-13	10-16-07	11-22-07	0,652	329	73	49,7
Кудамсар	9-12-53	10-21-23	11-27-18	0,885	302	79	43,8
Кудмак	9-15-03	10-23-27	11-28-08	0,821	319	86	51,2
Кудымское	9-37-34	10-42-41	11-43-58	0,885	271	79	32,8
Кумертау	9-24-17	10-23-21	11-28-27	0,720	302	87	46,9
Кунгур	9-17-18	10-26-02	11-21-24	0,802	299	76	43,8
Кунурма (Ирк.)	9-20-16	10-46-20	11-39-51	0,830	249	81	13,3
Курган	9-27-48	10-33-48	11-39-49	0,860	287	73	48,3
Курск	9-07-42	10-13-01	11-16-28	0,477	348	64	33,8
Куртамыш	9-28-00	10-36-11	11-40-21	0,844	288	74	41,2
Кутма	9-18-18	10-26-40	11-31-39	0,841	295	78	42,2
Кызыл	9-53-38	10-33-51	11-50-27	0,947	254	81	22,2
Кыта	9-58-37	10-56-09	11-49-26	0,873	248	84	14,2
Лабанск	9-29-16	10-31-15	11-30-18	0,779	338	46	59,7
Ленинскорск	9-17-58	10-27-03	11-32-39	0,712	307	79	47,8
Ленинско- Кузнецкий	9-42-54	10-46-30	11-45-23	0,592	283	81	28,1
Ленинск	9-48-38	10-41-38	11-39-16	0,821	268	88	23,0

Наименование пункта	T1	Tm	T4	Qm	Z1	Z4	h
	г. м. г.	г. м. г.	г. м. г.		р.	р.	р.
Голыш	9 07 42	10 13 53	11 17 58	0,588	317	66	54,6
Голыш	9 09 06	10 16 11	11 20 41	0,533	319	66	54,8
Голыш	9 12 29	10 18 37	11 22 14	0,497	319	62	53,4
Лобан	9 01 27	10 08 48	11 14 20	0,583	331	74	51,4
Лонча	9 51 20	10 43 58	11 34 03	0,766	245	97	8,1
Лонч	9 53 43	9 56 43	11 02 07	0,577	336	81	48,1
Лысьва (Пург.)	9 16 36	10 23 32	11 30 48	0,819	298	78	43,2
Лыткарино	9 02 39	10 09 50	11 15 18	0,579	331	73	51,7
Лыткарино	9 03 33	10 09 45	11 15 14	0,580	331	73	51,6
Малыга	9 39 06	10 18 57*	-	0,641	246	-	0,8
Малыгиногорск	9 26 06	10 23 08	11 29 31	0,767	296	69	44,7
Майков	9 28 32	10 30 24	11 28 38	0,330	340	45	68,8
Мамынов	9 41 34	10 44 18	11 43 02	0,968	283	84	27,4
(Ковор.)							
Маршанский	9 03 38	10 10 53	11 23 32	0,687	314	73	48,6
Пасад							
Маршанское	9 34 03	10 22 08*	-	0,514	241	-	0,8
Маршань	9 23 45	9 26 44*	-	0,247	234	-	0,8
(Фуртг. п.в.)							
Маркс	9 17 35	10 26 13	11 31 10	0,597	319	63	52,1
Маслова	9 16 38	10 24 11	11 28 41	0,893	293	83	38,8
Матюшкин Шар	8 58 14	10 02 18	11 04 31	0,956	293	101	32,8
Матюшкин	9 39 17	10 43 25	11 43 38	0,442	319	43	56,3
Матюшкинск	9 46 47	10 49 08	11 47 37	0,983	260	81	26,8
Мелья	8 56 15	10 03 28	11 08 13	0,834	309	90	41,2
Менос	9 24 09	10 23 53	11 27 45	0,880	293	72	43,3
Минскорск	9 17 31	10 23 18	11 25 48	0,463	336	57	56,8
(Ростов.)							
Минскорский	9 32 15	10 33 24	11 34 38	0,484	312	45	58,6
Волы							
Минскорск	9 48 32	10 49 47	11 47 18	0,953	238	82	24,6
Минский (п.в.)	9 17 09	10 24 56	11 28 46	0,534	338	59	54,8
Минусинск	9 09 39	10 16 54	11 21 48	0,549	331	68	53,3
Могоча	9 34 38	10 47 53	11 38 26	0,786	244	94	8,3
Мондыш	9 08 49	10 07 48	11 12 30	0,539	334	73	52,8
Монгол	9 34 39	10 38 21	11 38 04	0,436	337	44	57,8
Монголорск	8 48 43	9 52 49	10 58 25	0,763	316	85	48,8
Морозовск	9 28 39	10 36 43	11 38 35	0,473	333	53	56,6
Моршанск	9 08 34	10 17 36	11 23 46	0,573	337	67	52,6
Москва	9 01 33	10 09 13	11 14 41	0,578	331	73	51,6
Мурманск	8 48 34	9 52 13	10 57 35	0,814	314	97	38,8
Муром	9 06 38	10 14 41	11 20 29	0,619	334	72	58,8
Мыс	9 09 06	10 06 34	11 02 58	0,844	272	118	20,8
Мысский							

Центральные

Населенный пункт	T1	T2	T3	Q1	Z1	Z2	k
	к м с	к м с	к м с		с	с	с
Матвеев	9 01 52	10 09 16	11 16 40	0,384	231	73	31,4
Набережные	9 13 39	10 25 00	11 30 44	0,128	307	72	47,0
Чаева							
Нагорск	9 08 38	10 17 30	11 23 20	0,773	307	79	45,0
Нагорный	9 20 49	10 42 30	11 32 40	0,158	244	96	7,2
ОбьГЭ							
Назарово	9 44 47	10 45 31	11 43 23	0,835	258	85	24,7
Назрань	9 26 27	10 39 27	11 28 46	0,408	327	40	58,0
Надыша	9 34 51	10 37 25	11 36 29	0,396	330	43	58,6
Нарь-Филиппов	9 01 43	10 08 44	11 13 29	0,263	333	72	32,1
Нарьян	9 23 18	10 37 15	11 27 40	0,899	270	85	30,5
Нарьян-Мар	9 00 58	10 07 23	11 12 01	0,909	289	90	38,1
Нарышки	10 08 31	10 24 14*	-	0,299	237	-	8,0
(Трува, край)							
Насодин	9 18 23	10 19 23	11 20 24	0,871	278	96	30,7
(Ня.-Ням, АЗ)							
Насер	9 54 13	10 46 13	-	0,308	243	-	6,4
Насимовское	9 20 20	10 33 01	11 32 28	0,396	325	46	59,0
Насимовск	9 18 58	10 28 26	11 33 27	0,834	283	77	42,4
Насишки	9 48 29	10 36 22	-	0,724	244	-	3,1
(Хабар, край)							
Насиповск	9 27 58	10 31 34	11 42 37	0,809	244	90	9,3
Насипово	9 49 28	10 41 46	11 21 45	0,758	245	98	7,7
Насиповское	9 16 33	10 25 56	11 31 34	0,754	304	71	45,4
Насиповское	9 23 49	10 29 31	11 31 57	0,965	288	86	33,0
Насиповгород	9 50 33	10 46 26	11 38 31	0,824	249	82	14,8
Насиповское	9 13 30	10 24 44	11 30 38	0,731	308	72	47,3
Насиповское	9 22 31	10 11 41	10 59 57	0,711	259	113	2,9
Насиповское							
Насиповское	9 49 21	10 48 20	11 43 58	0,892	253	87	20,5
Насиповское	9 22 45	10 15 21	11 08 38	0,741	258	112	11,4
Насипов	9 07 10	10 15 43	11 21 45	0,633	320	73	49,6
Насипов							
Насипов Таши	9 19 04	10 27 30	11 32 17	0,817	295	78	43,3
Насипов Тар	9 21 38	10 27 41	11 30 31	0,408	338	35	56,8
Насиповское-на-Амуре	9 21 34	10 23 22*	-	0,298	242	-	0,0
Насипов Тар	9 49 21	10 43 01	11 34 17	0,779	247	96	10,5
(Чит.)							
Насиповское	9 48 08	10 48 47	11 47 32	0,898	261	80	27,4
Насиповское	9 18 15	10 27 30	11 32 36	0,658	312	67	49,7
Насиповское							
Насиповское	9 05 22	10 12 24	11 17 20	0,548	323	69	53,1

Населенный пункт	T1	Tm	Td	Qm	Z1	Zd	k
	А м.г	А м.г	А м.г		г	г	г
Новгородская	9 26 46	10 26 45	11 26 35	0,148	386	46	61,1
Новгородск	9 29 37	10 28 21	11 43 86	0,127	297	69	46,0
Новоуральск	9 21 43	10 29 58	11 24 24	0,091	317	61	32,2
Ново-Убинск	9 18 48	10 19 42	11 25 41	0,085	313	73	48,6
Новоуральск	9 21 16	10 25 23	11 26 38	0,429	338	33	38,0
(Рост.)							
Новошадринск	9 28 13	10 24 21	11 26 06	0,435	338	54	37,9
Новый Оскол	9 11 18	10 16 44	11 19 51	0,479	339	60	36,1
Новый Улей	9 58 08	10 45 26	11 28 03	0,811	288	93	13,9
Новый Уренгой	9 18 01	10 21 47	11 22 57	0,886	278	94	21,6
Новый	9 02 36	10 10 87	11 13 42	0,589	338	73	31,4
Новый	9 18 59	10 13 29	11 08 28	0,818	366	188	19,8
Новоселье	9 18 58	10 19 42	11 18 23	0,804	272	188	28,6
Новый	9 16 32	10 23 41	11 27 28	0,835	338	86	37,9
Новый	8 58 48	10 04 43	11 11 05	0,738	319	84	49,7
Новоселье	9 02 02	10 08 25	11 14 02	0,555	334	72	32,4
Новосоло	9 01 47	10 09 80	11 14 24	0,574	332	73	31,7
Новосел	9 35 58	10 23 36	-	0,708	349	-	4,1
Новосельский	9 19 01	10 28 88	11 23 48	0,721	308	79	7,2
Новосельск	9 43 18	10 26 49	11 28 18	0,763	248	188	11,6
Новоселье	9 27 21	10 23 23	11 17 28	0,794	258	181	7,8
Новый	9 24 39	10 41 20	11 43 38	0,835	278	77	9,9
Новый	8 53 01	10 00 23	11 08 38	0,747	318	88	2,7
Новый	8 52 02	9 57 05	11 01 38	0,538	343	78	1,1
Новый	9 09 09	10 11 04	11 13 06	0,585	339	67	34,4
Новый Бурт	9 23 17	10 24 28	11 28 33	0,686	303	85	7,7
Новосоло-Луно	9 03 12	10 10 28	11 16 28	0,593	329	73	1,3
Новый	9 29 49	10 38 43	11 43 17	0,729	297	63	43,8
Новоселье	9 46 29	10 49 03	11 47 46	0,990	261	80	7,3
Новоселье	9 41 36	10 30 59	-	0,710	246	-	1,4
Новоселье	9 06 32	10 13 16	11 21 12	0,637	312	71	8,3
Новосельский	9 02 34	10 10 28	11 18 03	0,590	338	73	1,4
Новый							
Новый	9 35 46	9 26 39*	-	0,817	248	-	0,8
Новоселье	10 08 14	10 24 08*	-	0,386	237	-	0,8
Новосельск	9 46 26	10 46 51	11 43 47	0,921	257	86	3,4
Новоселье	9 17 29	10 06 23	-	0,721	258	-	1,9
Новый	9 18 47	10 26 21	11 38 26	0,887	291	81	40,1
(Новый.)							
Новый	9 13 25	10 21 44	11 27 04	0,685	322	67	1,7
Новосельск	9 28 44	10 29 18	11 34 15	0,828	295	76	2,8
Новосельск	9 01 41	10 09 27	11 13 18	0,811	328	75	8,9
Новосельский							

Калининский округ	T1	Tm	T8	Qm	Z1	Z4	k
	к. м. с.	к. м. с.	к. м. с.		г.	г.	г.
Торжок	9-13-44	10-34-27	11-29-53	0,800	308	77	43,9
Шарья-Зайковский	9-58-23	10-54-34	11-47-01	0,813	346	86	13,3
Погорельское	9-49-30	9-55-48	11-01-27	0,804	304	83	47,9
Погорельское	9-51-43	9-58-36	11-03-18	0,878	375	85	46,0
Почара	9-08-44	10-13-39	11-18-17	0,807	298	89	38,9
Починки	9-51-18	9-58-32	11-04-37	0,764	323	87	45,0
Починки	9-14-35	10-21-43	11-25-58	0,534	339	83	34,3
Польское	9-02-25	10-09-39	11-19-08	0,572	332	72	31,9
Польской	9-21-40	10-30-27	11-25-11	0,838	295	75	42,9
Преворонь-Ахтарск	9-23-18	10-24-27	11-24-07	0,715	344	90	39,9
Привольное	9-03-43	10-48-29	11-47-21	0,993	363	80	37,7
Просторск (Ростов)	9-24-29	10-28-31	11-30-04	0,436	334	31	37,8
Прохладный	9-34-22	10-37-23	11-36-34	0,807	329	44	38,3
Росин	9-58-22	9-55-44	11-00-34	0,544	348	80	49,9
Рудань	9-18-13	10-27-53	11-23-03	0,637	315	64	30,9
Рудань	9-58-17	9-56-37	11-02-14	0,808	304	83	48,1
Рудань	9-01-58	10-09-25	11-14-49	0,586	330	73	31,3
Руданьское	9-32-58	10-35-36	11-24-57	0,299	332	44	38,7
Руданьское	9-02-50	10-10-19	11-19-43	0,581	330	72	31,7
Рудня	9-28-54	10-29-28	11-24-28	0,823	295	76	42,8
Рудня	9-03-13	10-09-35	11-15-05	0,581	331	73	31,3
Рудня	9-58-05	10-04-41	11-08-34	0,509	335	73	31,3
Рудня (Слав.)	9-00-19	10-05-33	11-08-25	0,493	342	71	33,8
Рудня	9-01-35	10-09-38	11-15-28	0,625	326	73	30,0
Рудня-на-Дону	9-21-21	10-23-87	11-28-04	0,420	339	33	38,3
Рудняно	9-13-59	10-21-51	11-28-48	0,573	325	64	32,9
Рубаевское	9-48-35	10-51-24	11-51-32	0,976	265	73	30,8
Рудань	9-11-48	10-20-36	11-25-58	0,620	320	68	31,1
Рубань	9-59-31	10-07-49	11-13-30	0,638	326	77	49,2
Рудня	9-07-43	10-15-86	11-28-08	0,561	338	68	32,9
Рудня	9-05-49	10-13-32	11-18-40	0,577	338	70	3,2
Савинь	9-23-18	10-32-23	11-37-34	0,721	303	68	46,3
Савинь	9-44-29	10-47-33	11-48-42	0,998	263	80	28,3
Савинь	9-11-29	10-16-53	11-18-52	0,888	287	82	35,1
Савинь	9-25-00	10-29-86	11-30-04	0,429	335	30	38,0
Савинь	9-18-14	10-27-11	11-32-58	0,882	312	87	48,6
Савинь	9-48-51	9-58-13	11-01-58	0,808	333	83	47,9
Пестрофурт							
Саранск	9-11-48	10-30-39	11-25-56	0,625	328	69	30,9
Саранул	9-15-38	10-25-80	11-30-41	0,736	304	74	45,9
Савинь	9-17-34	10-25-42	11-30-33	0,285	320	63	32,3

Населенный пункт	T1	Tm	T4	Qm	Z1	Z4	k
	г. м. л.	г. м. л.	г. м. л.		г.	г.	г.
Сайда	9 23 06	10 31 36	11 36 37	0,709	296	32	46,1
Сафоново	9 58 32	10 04 48	11 09 24	0,525	339	73	32,7
Самсогорск	9 49 28	10 50 49	11 48 23	0,960	257	81	28,7
Савицкий	9 37 30	10 48 42	-	0,770	241	-	2,8
(Амур.)							
Саяск	9 32 37	9 37 15	11 01 26	0,509	343	77	31,5
Северодвинск	9 33 32	10 01 16	11 07 24	0,771	319	89	43,0
Северозорск	9 46 38	9 52 27	10 57 48	0,817	313	97	38,8
Сейчан	9 33 41	10 23 14	-	0,704	249	-	0,9
Серебрянское	9 18 30	10 29 04	11 28 33	0,508	339	98	35,3
Сергиев-Посад	9 01 38	10 09 11	11 14 51	0,995	339	74	31,0
Серск	9 16 35	10 24 57	11 28 48	0,885	294	81	41,1
Серпухов	9 03 06	10 10 09	11 15 18	0,599	313	71	32,4
Светловодский	9 08 37	10 14 29	11 18 05	0,962	293	92	36,3
Светлояр	9 34 15	10 46 18	-	0,770	243	-	6,3
Светогорск (Ам. край)	9 42 32	10 47 33	11 48 28	0,966	269	76	32,7
Светлый-на-Кубани	9 23 35	10 28 18	11 24 32	0,337	343	47	60,5
Свободск	9 58 09	10 03 30	11 07 38	0,584	342	73	33,1
Светлый	9 47 54	9 49 19	10 58 54	0,437	334	79	31,6
Светлояр	9 13 41	10 23 06	11 27 27	0,831	299	80	42,7
Солнечногорск	9 00 45	10 08 01	11 13 32	0,582	332	74	31,3
Соловьевск	9 33 51	10 43 48	-	0,767	243	-	6,4
(Амур.)							
Сосновый Бор	9 48 51	9 54 58	11 08 32	0,599	335	84	47,9
Сосны	9 18 40	10 26 38	11 31 15	0,871	292	80	40,8
(Иркут.)							
Сосны (ХМАО)	9 11 38	10 18 52	11 23 04	0,934	292	88	38,4
Софиевка	9 34 34	10 23 59*	-	0,525	241	-	0,0
(на Амуре)							
Сочи	9 31 43	10 31 46	11 28 56	0,342	342	43	60,9
Спасск-Дальний	10 06 30	10 29 19*	-	0,438	238	-	0,0
Средневолокно	9 26 35	10 15 53	11 04 28	0,708	253	114	3,9
Средний Урал	9 57 18	10 47 10	-	0,768	248	-	0,3
Среднея	9 37 34	10 30 51	11 01 40	0,809	243	91	8,8
Стерлитамак	9 29 09	10 32 15	11 32 08	0,405	335	47	58,8
Старая Лядова	9 51 37	9 58 26	11 04 22	0,825	331	83	47,9
Старая Русса	9 52 58	9 58 14	11 04 36	0,572	336	79	49,9
Старый Оскол	9 19 04	10 15 32	11 19 19	0,486	338	61	35,6

Продолжение

Наименование груза	T1	T2	T3	Q1	Z1	Z2	k
	А, м/с	А, м/с	А, м/с		р	р	р
Сарытамак	9 22 54	10 31 38	11 37 11	0,135	381	68	46,4
Сарытау	9 03 06	10 10 39	11 05 04	0,260	333	71	52,3
Сарытау	9 03 39	10 11 41	11 17 34	0,028	326	74	58,4
Сунгар	9 40 00	10 34 20	11 36 29	0,771	251	181	13,6
Сургул (СМАД)	9 24 00	10 29 31	11 31 47	0,993	279	86	34,6
Сырым	9 18 58	10 25 45	11 31 11	0,840	313	67	58,3
Сыстымак	9 03 53	10 14 12	11 20 04	0,308	386	83	43,3
Татарал	9 20 43	10 34 08	11 34 43	0,418	341	53	58,7
Таймак	9 18 36	10 08 49	11 03 39	0,858	373	188	32,1
Тайкит	9 47 03	10 46 24	11 42 24	0,890	253	88	21,4
Талкыс	9 50 13	10 44 40	11 36 23	0,795	347	94	12,3
Талма	9 23 40	10 31 47	11 36 08	0,360	290	77	48,8
(Сырым.)							
Талма	9 18 45	10 19 34	11 08 10	0,900	271	180	26,5
Тайбаш	9 18 52	10 18 39	11 23 09	0,356	328	66	53,3
Ташкүл	9 48 08	10 47 32	11 42 44	0,877	253	88	18,6
Тарко-Сала	9 20 53	10 34 43	11 33 44	0,887	376	90	31,6
Татарк	9 28 22	10 42 06	11 43 48	0,360	273	78	34,5
(Николаев.)							
Тарк	8 58 40	10 05 31	11 11 27	0,386	330	76	58,8
Таркык	9 24 44	10 25 07	11 23 00	0,347	347	48	68,8
Ташк	9 23 37	10 06 31	11 08 40	0,735	339	110	13,4
Ташкык	8 53 04	10 00 03	11 00 03	0,808	338	82	48,2
Ташкык	9 25 30	10 28 30	11 28 01	0,397	338	49	59,2
Ташкык	9 25 31	10 33 28	11 33 56	0,919	284	80	38,1
Ташк	9 25 08	10 38 46	11 38 51	0,390	358	83	39,3
Ташк	9 24 14	10 44 17	-	0,748	342	-	1,6
Ташкыт	9 17 00	10 25 56	11 21 27	0,609	313	67	49,7
Ташкыт	9 45 40	10 27 43	11 27 46	0,745	346	101	8,3
Ташк	9 28 48	10 43 00	11 42 28	0,388	260	83	29,0
Ташкык	8 57 36	10 04 33	11 10 08	0,382	330	76	50,7
Ташкык	9 01 00	10 09 20	11 13 40	0,709	318	80	46,8
Ташкык	9 27 00	10 33 38	11 40 13	0,800	292	71	43,1
(Челяби.)							
Ташкыт	9 29 41	10 29 32	11 27 16	0,344	343	44	69,9
Таш	9 04 30	10 11 23	11 16 17	0,346	334	70	53,0
Ташк	9 29 24	10 48 56	11 44 18	0,384	330	87	19,5
Таш	9 32 20	10 30 36	11 27 00	0,349	368	98	21,9
Ташкык	9 21 58	10 29 31	11 34 12	0,875	298	79	40,4
Ташкык	9 24 46	10 26 10	11 25 00	0,816	368	86	37,2
Ташкык	9 24 30	10 00 00*	-	0,360	348	-	8,0
Ташкык	9 22 13	10 44 13	11 33 58	0,760	344	97	6,8
Ташкык	9 24 57	10 32 43	11 38 44	0,882	287	78	39,8
Ушкыт	9 08 00	10 07 48	11 13 40	0,600	320	36	48,8

Наименование пункта	T1	Tm	T4	Qm	Z1	Z4	k
	г. м. д.	г. м. д.	г. м. д.		г.	г.	г.
Устьевка	9 05 19	10 12 17	11 17 18	0,247	133	69	19,1
Усть-Уда	9 07 13	10 03 29	11 08 28	0,837	147	87	14,3
Устьинка (Мрк.)	9 08 31	10 06 18	11 08 31	0,834	158	91	16,0
Устьинское	9 14 17	10 21 31	11 28 13	0,603	115	69	49,6
Устьинск	9 05 32	10 12 30	11 16 38	0,918	296	91	38,2
Устьинь	9 10 32	10 17 15	11 21 38	0,513	133	84	34,4
Устьинь-	9 04 41	10 02 11	11 06 26	0,875	148	86	17,0
Сибирское							
Уссурийск	10 07 04	10 28 04*	-	0,436	218	-	0,0
Усть-Нелюба	9 04 25	10 02 25	11 07 28	0,804	214	82	19,3
Усть-Кут	9 07 33	10 04 38	11 09 07	0,842	231	91	17,4
Усть-Нора	9 13 37	10 21 38	11 12 37	0,789	250	118	3,0
Усть-Ноякка	9 09 39	10 02 49	11 03 12	0,767	245	87	9,1
Усть-	9 04 32	10 02 02	11 06 08	0,887	248	87	16,4
Ордынский							
Уфа	9 28 34	10 28 37	11 09 18	0,731	301	71	43,8
Уфа	9 05 15	10 13 38	11 18 38	0,809	301	87	41,1
Фарфальск	9 15 35	10 05 37	-	0,736	341	-	3,1
Фрунзе	9 18 37	10 21 34	11 28 39	0,513	337	99	34,8
(Валгарь)							
Фрунзе	9 02 48	10 10 19	11 13 32	0,587	138	73	31,3
Хабаровск	10 00 23	10 31 31*	-	0,575	139	-	0,0
Халычанск	9 29 02	10 29 37	11 28 08	0,357	143	45	60,4
Ханга	9 09 18	10 02 37	11 03 35	0,773	246	97	10,3
Ханты-	9 21 34	10 27 31	11 31 02	0,935	284	82	36,7
Ханты-Мансийск							
Хасмарт	9 17 49	10 01 44	11 01 43	0,434	112	43	36,7
Хатанга	9 18 39	10 16 33	11 13 05	0,836	267	105	21,3
Ханымск	9 17 39	10 26 19	11 31 35	0,637	116	63	30,9
Ханым	9 08 17	10 03 31	11 08 15	0,843	245	87	12,4
Ханым	9 01 35	10 08 33	11 14 23	0,580	131	73	31,3
Цаганск	9 23 31	10 27 41	11 28 32	0,464	132	54	36,8
Цаган (Мрк.)	9 05 38	10 26 46	11 28 08	0,734	246	102	6,2
Чайковский	9 13 31	10 24 38	11 28 38	0,784	304	73	43,3
Чаласк	9 18 16	10 27 18	11 32 34	0,634	113	66	49,9
Чабаркуль	9 24 38	10 33 07	11 37 36	0,802	294	72	43,4
Чабакань	9 13 34	10 19 18	11 29 17	0,682	115	73	48,7
Чабанск	9 24 34	10 33 30	11 38 11	0,815	293	73	42,8
Черныково (Мрк.)	9 13 48	10 31 30	11 05 37	0,876	258	86	17,3
Черныята	9 07 38	10 03 23	11 11 38	0,632	129	80	48,4
Черныск	9 21 28	10 33 31	11 32 38	0,389	135	45	39,2
Черныгорск	9 08 07	10 08 31	11 07 19	0,934	258	82	24,9
Черный Яр	9 25 05	10 31 37	11 35 12	0,321	123	59	34,7

(Актг.)

Древности

Исторический пункт	T1	Tm	T4	Qm	Z1	Z4	h
	к м л	к м л	к м л		г	г	г
Чехов	9-02-48	10-09-55	11-15-18	0,564	303	73	52,3
Чистовский	9-14-59	10-23-59	11-29-47	0,705	300	71	47,9
Чисты	9-27-34	10-32-08	11-42-54	0,823	245	89	11,8
Чокордан	9-22-28	10-13-27	11-02-28	0,723	296	114	7,7
Чулымск	9-51-12	10-40-57	-	0,736	242	-	1,5
Чулымск	9-16-38	10-25-12	11-38-28	0,823	298	78	43,8
Шаранск	9-29-13	10-33-27	11-37-47	0,851	280	75	41,2
Шары	9-05-35	10-14-16	11-28-31	0,706	306	77	47,5
Шаша	9-26-34	10-24-39	11-26-33	0,438	337	54	57,8
Шенкурск	8-58-49	10-06-48	11-13-08	0,750	303	84	44,8
Шенск	9-58-01	10-51-52	11-42-02	0,812	244	90	9,5
Шун	9-03-53	10-12-06	11-18-08	0,638	304	75	49,8
Шушун	9-04-42	10-11-51	11-16-18	0,540	304	69	53,2
Шушун	9-02-08	10-09-52	11-15-08	0,588	300	73	51,4
Электросталь	9-02-41	10-18-12	11-15-47	0,588	300	73	51,4
Эльма	9-27-41	10-32-54	11-34-36	0,462	328	50	56,7
Эльма	9-41-52	10-32-03	11-28-58	0,728	247	185	3,4
Эльма (Саранск)	9-17-42	10-25-51	11-38-41	0,588	321	63	52,5
Юва	9-41-18	10-44-27	11-42-56	0,995	265	82	29,8
Юрьев	9-04-58	10-13-18	11-19-27	0,683	321	75	49,8
(Нижний)							
Нарва	9-48-11	10-31-57	11-21-54	0,732	248	184	8,4
Нартовск	9-28-28	10-34-08	11-38-01	0,884	286	77	39,8
Нартовск	9-48-23	9-48-42	10-47-28	0,408	337	80	51,2
Нарва	9-08-00	10-13-42	11-19-06	0,858	381	88	41,2
Нарва	9-01-24	10-09-28	11-15-31	0,638	325	76	49,5
Нарва (Юва)	8-58-18	10-04-08	11-08-26	0,517	340	73	52,8

Городы ближнего зарубежья

Паспортная страна	T1	T2	T3	Физ	Z1	Z2	λ_0
	А.м.г.	А.м.г.	А.м.г.		г	г	г
Азербайджан							
Баку	9 48 29	10 51 29	11 50 05	0,438	313	37	55,9
Армения							
Ереван	9 45 47	10 45 19	11 41 14	0,342	327	34	59,4
Беларусия							
Минск	8 55 15	9 58 17	11 00 40	0,443	358	19	53,8
Бразил							
Ватуси	9 39 11	10 38 17	11 34 12	0,328	336	37	60,9
Курати	9 37 58	10 38 58	11 35 57	0,337	333	39	59,9
Супуи	9 34 27	10 34 48	11 31 58	0,348	338	40	60,5
Тейлеси	9 41 02	10 42 31	11 40 18	0,377	327	38	58,6
Казахстан							
Актобын	9 30 27	10 29 18	11 43 48	0,699	299	60	47,0
Алма-Ата	10 03 46	11 03 44	12 03 33	0,840	263	59	32,5
Астана	9 40 41	10 47 42	11 50 18	0,873	277	78	37,5
Байконур	9 45 08	10 50 58	11 53 54	0,771	283	62	40,4
Джанбул	9 37 47	11 03 53	12 04 42	0,770	273	55	38,9
Караганай	9 39 38	11 04 58	12 04 36	0,830	263	68	32,5
Караганды	9 44 33	10 51 09	11 53 04	0,877	274	68	36,3
Кокшетау	9 49 07	10 56 31	11 58 44	0,733	283	36	40,9
Кызылтай	9 35 02	10 42 27	11 45 33	0,876	281	72	38,6
Курганай	9 30 34	10 38 49	11 42 59	0,814	289	78	42,1
Петропавловск	9 31 51	10 39 13	11 42 28	0,891	282	75	38,5
Степногорск	9 48 25	10 53 18	11 53 26	0,956	286	73	31,4
Талды-Курган	9 58 02	11 02 54	12 02 49	0,878	284	63	30,8
Темуртау	9 43 58	10 50 38	11 52 38	0,877	274	68	36,4
Чкалов	9 37 51	11 04 05	12 03 00	0,739	274	53	38,3
Эмбабула	9 42 37	10 48 42	11 50 39	0,820	273	72	34,8
Киргизия							
Бишкек	10 03 04	11 03 28	12 03 40	0,808	267	57	34,3
Носын-Куль	10 01 35	11 06 50	12 06 44	0,821	263	58	33,9
Ош	10 03 58	11 09 11	12 09 03	0,754	268	52	33,2
Латвия							
Рига	8 47 29	9 51 04	10 54 37	0,461	347	81	58,2

Примечание

Наименование пункта	T1	T2	T3	Физ	Z1	Z2	h
	h м.з	h м.з	h м.з		р	р	р
Ленин							
Большое	8 31 47	9 34 34	10 38 43	0,443	351	76	52,7
Молдавия							
Киевская	9 02 31	10 08 27	11 03 18	0,282	5	37	60,8
Украинская							
Донецкая	10 05 54	11 10 58	12 18 34	0,674	272	46	38,2
Туркмения							
Ашгабат	10 00 52	11 05 00	12 03 58	0,505	288	37	47,5
Узбекистан							
Андижан	10 03 05	11 08 32	12 08 32	0,702	309	32	35,7
Бухара	10 00 00	11 05 35	12 06 17	0,603	288	45	42,5
Копет	10 03 21	11 08 46	12 08 45	0,687	275	46	40,0
Самарканд	10 02 11	11 07 48	12 08 00	0,668	276	47	40,0
Ташкент	9 59 54	11 05 53	12 06 38	0,722	272	51	38,5
Украина							
Днепропетровск	9 14 02	10 16 20	11 16 36	0,390	348	37	38,8
Донецк	9 17 44	10 21 09	11 22 05	0,413	343	35	38,4
Киев	9 04 58	10 06 23	11 06 54	0,388	354	64	57,4
Львов	9 08 20	9 56 56	10 53 15	0,306	6	68	37,3
Одесса	9 19 47	10 12 30	11 07 31	0,291	2	54	61,3
Полтава	9 18 50	10 13 52	11 15 01	0,418	347	80	37,9
Севастополь	9 23 58	10 20 88	11 14 30	0,388	358	47	62,6
Симферополь	9 24 57	10 21 36	11 15 41	0,382	357	46	62,7
Симферополь	9 23 11	10 20 39	11 15 30	0,396	356	48	62,3
Феодосия	9 23 58	10 22 28	11 18 48	0,315	353	47	61,7
Харьков	9 11 31	10 13 43	11 17 47	0,438	343	80	37,2
Эстония							
Таллин	8 45 24	9 50 13	10 55 03	0,357	340	81	47,8

Примечание: звездочкой обозначены пункты, где наблюдается только один контакт. Второй контакт происходит, когда Солнце находится вблизи горизонта.

По данным Института практической астрономии (Санкт-Петербург)

ДОВОЛБТЕЛЬСКИЕ НАБЛЮДЕНИЯ

Солнечное затмение — это замечательный эксперимент, который периодически становится природой. Этот впечатляющий опыт может за короткий промежуток времени продемонстрировать целый ряд основных понятий математики и физики, которые преподаются в начальной и средней школе. Преподаватели на примере затмения могут показать, как работают законы движения небесных тел. Использование фотокамер, телескопов или биноклей для наблюдения ведет к пониманию их оптических свойств. Многие люди осознают принципы фотометрии, будучи бездельниками могут изучать необычные поведения растений и животных, которые всегда наблюдаются. Фотографии солнечной короны используются гелиофизиками для построения примерной картины протяженной атмосферы Солнца. Даже школьники имеют шанс сделать собственный вклад в научные исследования — фиксация, например, моменты контактов в различных местах поларек, полюсы затмения для уточнения орбитальных движений Луны и Земли.

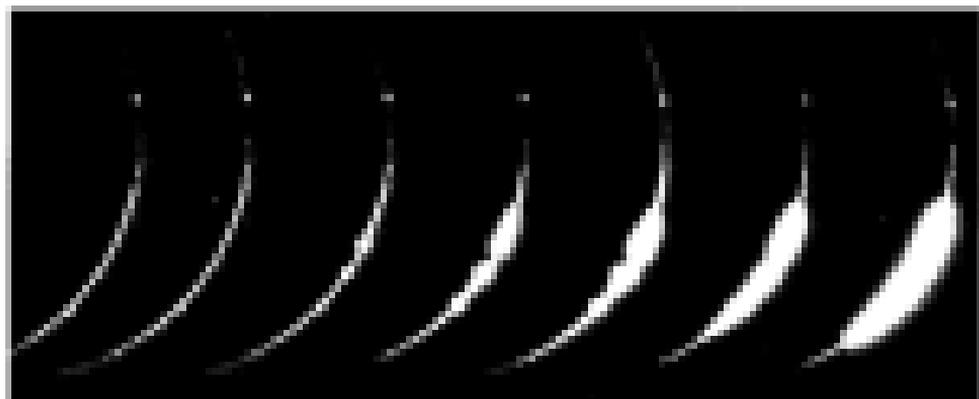
Каждый человек может наблюдать солнечное затмение невооруженным глазом. Даже такое простое наблюдение позволяет получить необычайные впечатления, увидеть моменты вблизи звездой в эстетическое наслаждение. Начинаясь любители астрономии могут проанализировать для наблюдений простейшие телескопы, фото и видеоаппаратуру, чтобы сохранить свои впечатления и продемонстрировать их своим друзьям и другим, не попавшим в полосу затмения. В то же время нельзя забывать об опасности, которая может подстергаться нашими глазами и нашей аппаратурой. Смотреть на Солнце ничем не защищенным глазом **ТОЛЬКО ВО ВРЕМЯ ПОЛНОЙ ФАЗЫ!** Во время частных фаз необходимо пользоваться специальными защитными очками или протить темным стеклом. Что касается оборудования, то объективы фотоаппарата или видеокамеры необходимо защитить тонким стеклянным фильтром или филь-

тром из спидваальной пленки. Подробнее об этом смотрите в следующей главе, посвященной безопасности.

Надо сказать, что еще несколько десятилетий назад ученые плохо знали внутреннее строение нашей звезды и физику процессов на ее поверхности, так что даже любительские наблюдения затмений имели высокую научную ценность. За последние десятилетия, благодаря интенсивному космическому исследованию, наша «Солнца» продвинулась далеко вперед. Тем не менее, некоторые любительские наблюдения и сейчас могут принести пользу в изучении нашей звезды.

Так, например, уточнение диаметра Солнца во время затмения 1 августа 2008 года будет заниматься группа любителей астрономии из Испании и Германии. Такую сложную научную задачу возможно решить достаточно простыми техническими средствами, доступными сейчас широкому кругу людей. Необходимо видеокамера с небольшим 100-мм телескопом для съемки лунной затмения и спутниковый GPS-приемник для получения сигнала точного времени и координат наблюдателя. Несколько наблюдателей расположатся на краю полосы затмения поперек ее границы с таким расчетом, чтобы, во крайней мере, два наблюдателя оказались внутри полосы, а два — за ее пределами на расстоянии 1 км друг от друга. Видеокамера, имеющая привязку к точному времени, с частотой 50 кадров в секунду фиксирует зону, где происходит касание лунной Луны и Солнца. Именно здесь наблюдается красивое явление, называемое «меткой Бейли» по имени английского астронома Фрэнсиса Бейли. Перед самым окончательным погружением за диск Луны, или сразу после окончания полной фазы, узкой светящейся ободок Солнца рассыпается на несколько ярких точек. Это лучи Солнца, прорывающиеся между горными пиками на краю Луны. Высота этих гор может достигать нескольких километров, а сама Луна движется в пространстве со скоростью около одного километра в секунду. Поэтому метки Бейли могут быть видны в течение всего нескольких секунд.

После того, как группа наблюдателей зафиксирует «метки Бейли» с обеих краев полосы затмения, после учета неровностей лунной лунной, можно вывести точное значение солнечного диаметра.

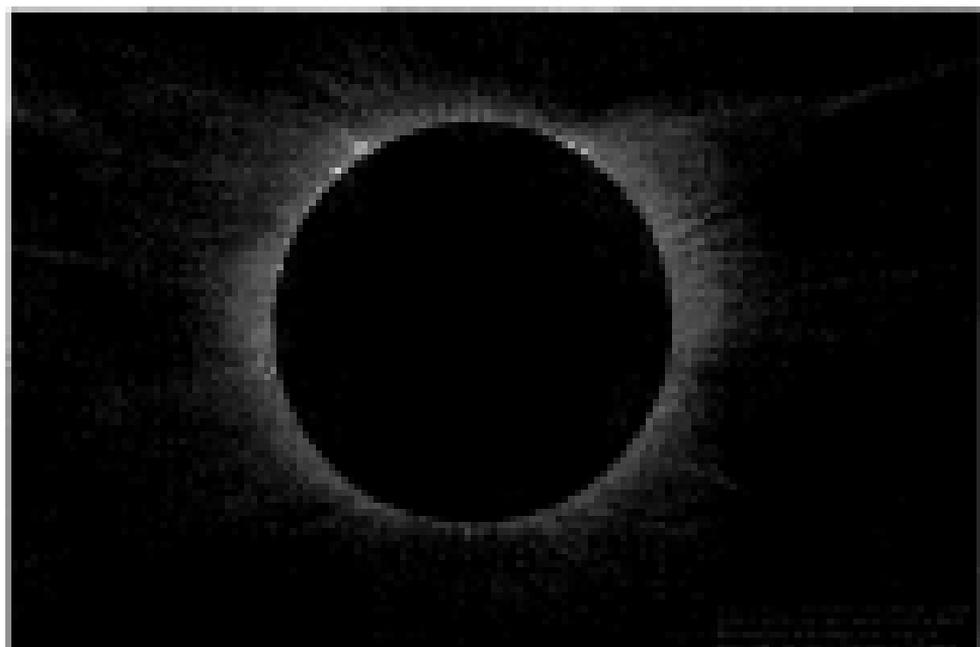


Дважды развитые «челы» Кайлы зафиксированы любителями астрономии Сергеем Личиным и Александром Дурасовым из Самары на время полного солнечного затмения 29 марта 2006 года. Сним сделано на интервале времени 7 секунд вооружен в телескопике и. Кайсан с помощью телескопа ГСД-1234 и камеры Canon 200D

Фотографирование короны. Другой, более массовый вид наблюдений, позволяющий изучить тонкую структуру солнечной короны, — это фотографирование затмения. Сейчас, в эпоху цифровой камер, астрофотографирование получило новый мощный импульс и позволяет получать невероятные для прежних времен результаты. Например, массовый эксперимент по фотографированию короны Солнца был проведен в Турции командой астрономов из Москвы, объединившей любителей и профессионалов, во время затмения 29 марта 2006 года.

Дело в том, что сейчас в распоряжении фотографов имеются компьютерные программы, способные не только складывать множество изображений в одно, выбирая при этом самые удачные кадры, но и концентрировать при этом дефекты отдельных изображений. В дело идут и крупномасштабные снимки, где короноа проработано само Солнце и прилегающая к нему внутренняя корона, и широкоугольные снимки, сделанные без всяких телескопов, где запечатлена не только внешняя корона, но и окружающая задняя небя и даже ландшафт вокруг наблюдателя. После обработки серия снимков и сведение их в единое полотно, была получена потрясающая по детальности картина. Видны каждый изгиб многочисленных волокон солнечной короны, управляемых мощным магнитным полем светила. Видна структура этих волокон и яркие протубе-

разам на краю солнечного диска. Эта работа получала самую высокую оценку как любителей, так и профессиональных астрономов.



Фрагмент комбинированной фотографии солнечного затмения 29 марта 2006 года. Авторы — Э.В. Космополит, В.К. Зиньков, А.С. Киреев и др. после 20 минут. Сделывались около 80 кадров в секунду с выдержкой от 1/400 сек. до 1/5 сек. На этой фотографии лучи короны прослеживаются до 12 радиусов Солнца, видны зады до 9-й величины!

Сложность фотографирования заключается в том, что условия съемки меняются в очень широких пределах. В начале затмения, во время частных фаз не обойтись без тонких фильтров, ослабляющих световой поток на крайней мере на 5 порядков — в 100 тысяч раз. Во время полной фазы фильтр уже не нужен, но перепад яркости между краями протуберанцами и внешней короной все равно слишком велик (еще 5 порядков!), чтобы запечатлеть их на одном снимке. Рекомендации по выбору экспозиции при фотографировании различных деталей на Солнце в ходе солнечного затмения собраны в приведенной на стр. 87 таблице. Таблица была составлена американским фанатом солнечных затмений Фрэнком Эстлином и обладает опытом многих любителей астрономии.

ВВО	АНАЛОГИИ									
	1,4	2	2,5	4	5,5	8	11	15	21	31
15	7	2,5	4	2,5	8	11	15	21	31	31
50	2,5	8	2,5	8	11	15	21	31	44	44
100	4	5,5	8	11	15	21	31	44	64	64
200	5,5	8	11	15	21	31	44	64	88	88
400	8	11	15	21	31	44	64	88	128	128
800	11	15	21	31	44	64	88	128	176	176

СМЕРНОСТЬ РАСТЕНИЙ	k	ВЫЖИВАНИЕ									
		1,4	2	2,5	4	5,5	8	11	15	21	31
Минимум - 4 КД*	11	-	-	-	1,4000	1,7500	1,7500	1,7500	1,7500	1,7500	1,7500
Минимум - 3 КД	8	1,4000	1,7500	1,7500	1,7500	1,7500	1,7500	1,7500	1,7500	1,7500	
Минимум - 2 КД**	12	-	-	-	1,4000	1,7500	1,7500	1,7500	1,7500	1,7500	
Среднее	11	-	-	-	1,4000	1,7500	1,7500	1,7500	1,7500	1,7500	
Процентное	9	-	1,4000	1,7500	1,7500	1,7500	1,7500	1,7500	1,7500	1,7500	
Копия - 0,1 КД***	7	1,4000	1,7500	1,7500	1,7500	1,7500	1,7500	1,7500	1,7500	1,7500	
Копия - 0,2 КД	5	1,4000	1,7500	1,7500	1,7500	1,7500	1,7500	1,7500	1,7500	1,7500	
Копия - 0,3 КД	3	1,4000	1,7500	1,7500	1,7500	1,7500	1,7500	1,7500	1,7500	1,7500	
Копия - 1,0 КД	1	1,4000	1,7500	1,7500	1,7500	1,7500	1,7500	1,7500	1,7500	1,7500	
Копия - 2,0 КД	0	1,4000	1,7500	1,7500	1,7500	1,7500	1,7500	1,7500	1,7500	1,7500	
Копия - 4,0 КД	-1	1,4000	1,7500	1,7500	1,7500	1,7500	1,7500	1,7500	1,7500	1,7500	
Копия - 8,0 КД	-3	1,4000	1,7500	1,7500	1,7500	1,7500	1,7500	1,7500	1,7500	1,7500	

* Если значения для минимума для выживания не являются целыми числами, то округляются в меньшую сторону.

** В скобках указаны значения для выживания.

*** КД - количество копий.

Чтобы использовать таблицу, необходимо сначала выбрать чувствительность ISO в верхней левой колонке, затем соответствующую диафрагму для выбранного значения ISO и, наконец, значение выдержки в выбранной колонке. Эти значения можно использовать только лишь как отправные точки для фотографирования различных элементов пейзажа, так как они подразумевают некое небо в корону средней яркости. При фотографировании затмения необходимо сделать серию снимков с несколькими соседними значениями выдержки (включить брекетинг), чтобы учесть фактическое состояние неба и непрозрачную природу затмения. Например, для фотографирования протуберанца с использованием ISO 400 с диафрагмой f/16 таблица рекомендует выдержку 1/1000. Это значит, что серия снимков должна включать выдержки от 1/2000 до 1/500.

Время экспозиции (выдержку) можно также вычислить, используя коэффициент k , приведенный в таблице, по формуле:

$$t = (F^2) / (I \times k),$$

где:

t – выдержка (сек);

F – фокусное расстояние в мм;

I – чувствительность пленки в единицах ISO;

k – коэффициент яркости.

Размер солнечного диска на пленке или CCD-матрице зависит только от фокусного расстояния объектива (F). С объективом обычного фотоаппарата, у которого $F = 50$ мм, можно получить крошечный диск размером всего 0,5 мм. Длиннофокусный 200-мм телескопический объектив позволит получить уже 2-мм диск, а небольшой любительский телескоп типа TA-1-158 с $F = 750$ мм даст 7,5 мм – вполне достаточно для изучения тонких деталей изображения. В общем случае, для того, чтобы уменьшить диаметр изображения Солнца, необходимо фокусное расстояние объектива в мм разделить на 109 (или 100, если не задаться высокой точностью).

Все вышесказанное относится к пленочной камере. Однако пользователи пленочных камер в последнее время остались в явном меньшинстве. Все большее количество людей отдает предпочтение «цифре». Основные рекомендации для цифровых камер те же, что и для «пленочной». Главной различия за-

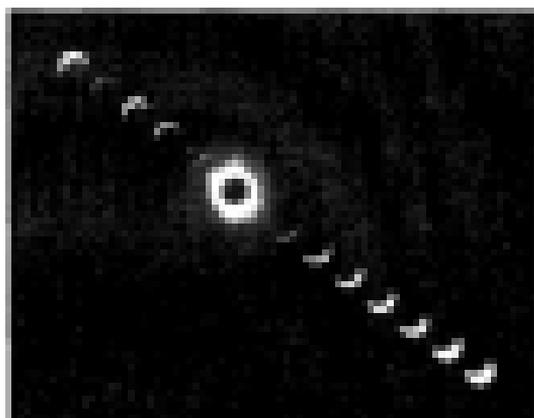
включается в том, что матрица и цифровая камера составляет, как правило, всего 2/3 области кадра 35-миллиметровой пленки. Это означает, что Солнце и кадр цифровой камеры будет приблизительно в 1,5 раза больше. Таким образом, можно использовать объектив более короткого фокусным расстоянием, чтобы достигнуть такого же поля зрения, как и пленочной камере. Другая проблема «цифры» заключается в том, что камере требуется некоторое время для записи кадров в память. Кроме того, в сложных условиях съемки нельзя полностью доверять автофокусу, иногда лучше наводить на резкость вручную. Необходимо позаботиться об источниках питания, которые работают в самый неподходящий момент, а также о запасе памяти для хранения снимков.

Фокусное расстояние объектива пленочной камеры	Соответствующее фокусное расстояние цифровой камеры	Поле зрения для 35-мм пленки	Размер Солнца на пленке или матрице
28 мм	19 мм	89 x 54°	0,1 мм
35 мм	23 мм	78 x 49°	0,1 мм
50 мм	33 мм	58 x 41°	0,3 мм
105 мм	70 мм	33,1 x 19,6°	1,8 мм
135 мм	93 мм	25,8 x 16,7°	1,8 мм
180 мм	123 мм	19,4 x 12,2°	3,8 мм
200 мм	133 мм	17,8 x 11,1°	4,3 мм
300 мм	200 мм	12,4 x 7,7°	9,1 мм
350 мм	233 мм	10,8 x 6,9°	11,8 мм
500 мм	333 мм	8,7 x 5,6°	16,7 мм
750 мм	500 мм	6,8 x 4,4°	25,7 мм

Как только наступает полная фаза затенения, масштаб изображения необходимо менять. Объектив, который был хорош для фотографирования диска Солнца размером 0,5 градуса, уже не сможет охватить корону, простирающуюся до 2-3 градусов в каждую сторону. Поскольку в виде затенения времени на смену объектива нет, лучше заранее приготовить две камеры. Нельзя тратить драгоценные секунды напрасно, полная фаза — это самый благоприятный момент. В течение нескольких кратких минут или секунда появляется иллюминация-белая корона Солнца, протуберанцы на краю диска, полоска хромосферы. Важная задача — успеть зафиксировать последовательность снимков, которые зафиксируют некоторые из этих немилостивых мгновений. Проще

всего, не забыть, что во время полной фазы все солнечные факторы должны быть удалены! Корона имеет поперечности яркость в миллионы раз более слабую, чем фотосфера, так что фотографировать корону следует без флишера. В этот момент можно без всяких опасений смотреть на Солнце незащиточными глазами. Яркость короны падает с расстоянием от Солнца: внутренняя корона намного ярче, чем внешняя; таким образом, невозможно снимать весь диапазон яркостей на одном снимке. Лучше всего выбрать одну диафрагму и выключить фрезистат по диапазону выдержки (то есть от 1/1000 сек до 1 секунды). Не обойтись без релюскина этой работы, чтобы довести его до автомата.

Интересный способ зафиксировать затмение — это сфотографировать все его фазы на одном кадре. Это достигается использованием стационарной камеры, позволяющей делать многократные экспозиции на один кадр. Поскольку Солнце перемещается по небу со скоростью 15° в час, оно будет медленно двигаться через поле зрения камеры, оборудованной обычным объективом (то есть, $f = 30-50$ мм). Если ориентировать камеру так, чтобы Солнце пересекло кадр по диагонали, можно заснять треугольной ход Солнца (с 50-мм объективом). Правильная ориентация камеры может быть определена методом проб и ошибок за несколько дней до затмения. Необходимо также убедиться, что деревья или здания не закроют «представленно» во время затмения. Солнце должно поместиться в восточном (левом) углу видоискателя незадолго до начала затмения. Экспозиция производится во все время затмения с интервалом около 5 мин. Камера должна оставаться абсолютно неподвижной в течение всего этого времени, для чего ее лучше



Фотография, полученная во время затмения 29 марта 2006 г. Игорь Рубинчик из Новосибирска. Видно полное отсутствие на дифракционных частотах фаз

превратить к свету или дереву. Если в кадре полная фаза, уберегите солнечный флюид и сделайте длинную экспозицию (порядка 1 секунды), чтобы в последовательности изображений Солнца проявилась корона. Каждое изображение покажет разную фазу затмения.

Не упустите возможность сделать необычный кадр с помощью обычного круглоугольного дуршлага. Каждое отверстие в нем будет проецировать на пол или экран небольшое изображение Солнца в четкой фазе, а все вместе отверстия дадут интересную картину. Роль дуршлага может выполнить крона дерева или соломочная шляпа, все зависит от вашей фантазии. Эффект тем более нагляден, чем более узкой сеткой останется от Солнца.

Несколько комментариев для тех, кто хочет фотографировать затмение на движущемся основании, будь то борт круизного судна, воздушный шар или самолет. Движение накладывает определенные ограничения на используемые выдержки. Все зависит от частоты и амплитуды колебаний. Сказочно, телескопы с фокусным расстоянием 1000-мм и больше не годятся для этого, 300-мм объектив находится где-то у верхнего края. Пленка ISO400 – хороший выбор чувствительности для фотографирования с движущего основания. Если движение сложное, можно пробовать длинные выдержки 1/8 или 1/4 с. Если нет, используйте выдержки покороче – 1/15 или 1/30 и делайте фрезетив-последовательность до 1/1000. На судной платформе сильной тряске вполне можно приготовить объектив с фокусным расстоянием 200 мм. Обычные стабилизаторы изображения, применяемые не так давно, могут быть весьма полезными при съемке в движении, они позволят сделать более длинные выдержки.

Еще одна интересная задача – это измерение углового диаметра солнечной короны в момент полной фазы. В прошлом очень часто яркость короны сравнивалась с яркостью лунного диска, а контрольным устройством служила сначала коронка-лампа, а позднее – электрическая лампа. Яркость короны очень сильно варьируется в разные годы – иногда она равнялась яркости Луны в полнолуние, а иногда не превосходила яркости Луны в фазе одной четверти. Раньше для измерения яркости применялись различные визуальные или фотографические ме-

тоды, когда одновременно на фотопластку фиксировался свет солнечной короны и соседних участков неба. Сейчас подобными устройствами могут применяться различные фотоэксфонометры как люксметры для непосредственного измерения яркости.

Для того чтобы вычислять яркость ужего участка неба, перед датчиком фотоэксфонометра необходимо удерживать трубку длиной около 150 мм с диаметром, немного большим диаметра датчика. Внутри трубки можно пропустить диафрагмы, вычерченные, как и сама трубка, в черный цвет, для того, чтобы осталась быковая дуга света. Если такое устройство установить на экваториальной монтировке телескопа, можно будет быстро поворачивать его на нужное количество градусов направо и влево для измерения яркости как короны, так и соседних участков неба.

Для измерения яркости Солнца во время частных фаз на выходе трубки необходимо установить ослабляющий фильтр, плотность которого можно подобрать заранее, проводя измерения яркости Солнца в различных условиях — на восходе, на максимальной высоте, и облачно-ветлуу. Такие измерения, проведенные на всем интервале солнечного затмения, могут быть очень полезны с научной точки зрения, особенно если автоматизировать дугу выемки фотоэксфонометра. Так, ослабление солнечного света во время частных фаз поможет уточнить закон погашения солнечного диска к его краю. И не так важно, что результат может оказаться не таким точным, как у профессиональных астрономов, главное, что он будет получен собственными руками и позволит наблюдать поворот в собственные силы.

Интересно одновременно с измерением яркости неба отметить появившиеся на небе яркие звезды и планеты во время полной фазы затмения. По этим наблюдениям можно будет судить о яркости фона неба. Обычно во время полного солнечного затмения на небе появляются звезды до 1-й звездной величины ($+1^m$), иногда — до 2-й ($+2^m$). Необходимо предварительно изучить возможные расположения этих объектов относительно Солнца. На снимках, сделанных широкоугольным фотоаппаратом, можно найти яркие звезды до 9-й величины. Раньше на фотографиче звезды, полученные во время затмения, пытались считать так называемый эффект Эйнштейна — воспри-

луне луной звезда в поле тяготения Солнца. Сейчас такое наблюдение невозможно — в качестве гравитационных ловушек используются удаленные и массивные планеты.

Не потеряли своей актуальности и метеорологические наблюдения во время затмения. За короткое время полной фазы снижается температура воздуха (иногда на несколько градусов), меняется скорость и направление ветра, атмосферное давление. Хорошо, если все эти параметры будут фиксироваться в автоматическом режиме, чтобы избежать риска упустить возможность полубоковой доли затмения. Как показала практика, сделанные во время промышленных затмений, особенно сильные флуктуации выстилают верхние слои земной атмосферы — ионосферу. Но для их изучения необходимо специальное оборудование, подобное тому, каким располагает геофизическая обсерватория «Ключ», расположенная недалеко от новосибирского Академгородка.

Наблюдения, выполненные площадку на возвышенном или открытом месте, могут комбинировать сать видеонаблюдения движения лунной тени по земной поверхности. Для выполнения такой задачи нужно иметь хорошую обзор — во крайней мере, несколько километров в том направлении, откуда будет двигаться лунная тень как куда она будет двигаться после окончания лунной фазы. Легче всего такое место найти на вершине какой-нибудь горы на Алтае. Однако следует помнить, что съемка должна быть ориентирована на южную, так как скорость движения лунной тени составляет немного меньше одного километра в секунду. Наблюдатель должен успеть произвести съемку в течение нескольких секунд. Особую ценность его результаты будут иметь при наличии точной временной привязки кадров с помощью GPS-примемника. Интересно отметить, что известный русский художник Александрей Васильев был любителем астрономии и в 1914 году по результатам своих наблюдений с горы Тетя-Обя близ Филовоки написал картину, на которой изображал наблюдающуюся лунную тень.

Наконец, во время затмения интересно даже просто следить за передвижениями мидий. Самочувствие бивня, пробивающегося сквозь леску держак, приобретает необычную серебристую фактуру. Животные и птицы могут по-разному реагировать на наступление темноты в разгар дня. Некоторые из них

случайно начинают говорить во сне, а некоторые начинают паниковать. Даже реакция окружающих на людей, дифференцированная на индивидуальные, достигнет по крайней мере массовых значений.

В течение нескольких десятков секунд до и после полной фазы затмения на ровной однородной поверхности можно увидеть и при желании зафиксировать так называемые «блуждающие пятна». Они представляют собой переизлучаемые полностью светлые и темные полосы и пятна неоднородностями и колебаниями слоев воздуха, сквозь которые проходит узкий пучок лучей от такого солнечного диска. В качестве экрана можно использовать белую стену здания, обращенную к Солнцу, или соорудить экран из белой простыни. На границе экрана необходимо разместить большую ленточку, которая будет задавать масштаб изображения при дальнейшей обработке результатов.

Момент полной фазы будет длиться всего две с небольшим минуты, и естественное желание каждого наблюдателя заключается в том, чтобы за это время отметить максимальное количество уникальных явлений. Каждый помнит, что вектор наблюдений един и невозможен, то не сфера, только во время следующего затмения. В то же время, нельзя забыть и ообытном, и, чтобы не быть разочарованными после окончания затмения, лучше организовать свою индивидуальную программу, сконцентрированную на нескольких самых интересных для нас явлениях. Полезно также работать в команде, заранее распределить и сформулировать взаимодействие между собой. Это позволит охватить как можно более широкий спектр наблюдений.

МЕРЫ БЕЗОПАСНОСТИ

Никогда не пытайтесь смотреть на Солнце в телескоп без фильтра! Это может привести к слепоте зрения!

Полное солнечное затмение — это, вероятно, самое захватывающее астрономическое явление, которое люди могут увидеть в течение своей жизни. Тысячи астрономов (как любителей, так и профессионалов) отправляются в погоне за ним в самые отдаленные уголки земного шара.

Наблюдение Солнца, однако, может принести вред глазам, если не соблюдать простые правила безопасности. Солнечное излучение, которое достигает поверхности Земли, охватывает диапазон от ультрафиолетового (УФ) с длиной волны больше чем 290 нм до инфракрасного (ИК) (700 нм) и далее до радиоволн с метровой длиной волны. Наши глаза реагируют на видимый свет — от 400 до 760 нм. Однако, наши глаза передают в сетчатку, расположенной внутри глаза также в некоторой мере более короткого излучения в диапазоне между 315–400 нм. И хотя веки, которые наполняют внутреннюю часть глазного яблока — хрусталик — не пропускают это опасное излучение, внешние слои глаза могут страдать, а длительное воздействие УФ может привести к развитию катаракты.

Воздействие интенсивного видимого излучения на сетчатку нарушает восприятие светочувствительных палочек и колбочек, расположенных здесь. Свет вызывает ряд сложных химических реакций в этих ячейках, и в экстремальных случаях может даже разрушать их. Редукция — потеря зрения, которая может быть временной или постоянной, в зависимости от серьезности повреждения. Когда человек смотрит неоднократно или в течение долгого времени на Солнце без надлежащей защиты глаза, это фотохимическое повреждение сетчатки может сопровождаться тепловой травмой. В этом случае высокая

уровень илучення в пиданом и близьком в инфракрасному діапазоні становить критичній нагрів глибини тканин. Ця теплова травма или фотокондуцьяна руйнує валички и колбочки, створює слепоту зору. Це серйозна опасність для зрения, тому що світлове поурядження сетчатки гайз проходить без якого-либ чувствя боли (здесь нет рецепторів боли). К тому ж наурядження может быть обнаружено только через несколько часов после того, как оно случается. Наблюдение Солнца через бинокль, телескоп, или другие оптические устройства без надлежащих защитных фильтров может привести к серьезной тепловой травме сетчатки из-за высокого уровня яркости и увеличенного изображения.

Единственное время, когда Солнце можно рассмотреть невооруженным глазом абсолютно безопасно, длится всего несколько минут полной фазы солнечного затмения. Все остальные время смотреть на частные или кольцеобразные затмения, или частные фазы полного солнечного затмения без надлежащих оборудования и зрения далеко не безопасно. Даже когда закрыто 99% солнечной поверхности (фотосферы) во время частных фаз затмения, оставшийся узкий серпик Солнца все еще достаточно ярко, чтобы повредить сетчатку, хотя уровень облучения в этот момент напоминает сумерки. Недосторожность при наблюдениях может привести к поурядженню глазу или даже к серьезной потере зрения. Помните, что это может иметь неблагоприятные последствия для всей дальнейшей жизни, потому что большинство людей, которые получают такие поуряджения, — это дети и молодежь.

Методы, которые используются для наблюдения Солнца вне земной, атмосферы и при наблюдениях и фотографировании кольцеобразных солнечных затмений и частных фаз. Самый безопасный и наиболее простой метод — проекцирование солнечного изображения на экран. Простейший пример этого метода — покрытие ластей дерева. Множество крошечных отверстий в ластях создают на земле под деревом сотни изображений, имеющих форму полумесяца. Бинокль или маломощный телескоп также можно использовать для проекцирования изображения Солнца на белый картон. Этот метод обеспечивает безопасное наблюдение частных фаз затмения группой наблюдателей, главное проследить, чтобы никто не попытался заглянуть в окуляр.

Основное преимущество метода простероидации в том, что нет необходимости смотреть непосредственно на Солнце. Недостаток же в том, что зрение должно размываться, по крайней мере, на расстоянии метра, чтобы изображение Солнца было достаточно большим и его было бы легко разглядывать.

Непосредственно Солнце можно рассмотреть только тогда, когда используются фильтры, специально созданные для защиты глаз. Большинство этих фильтров имеет тонкий слой стекла хрома или алюминия, размещенного на их поверхности, который уменьшает интенсивность излучения как видимого, так и ближнего и инфракрасного диапазонов. Безопасный солнечный фильтр должен пропускать не менее 0,003% (плотность $\sim 4,5$) видимого света и не больше, чем 0,5% (плотность $\sim 2,7$) ближнего инфракрасного излучения в диапазоне от 700 до 1400 нм. Плотность фильтра — это безразмерная величина, определенная следующим образом: плотность 0 соответствует коэффициенту пропускания 100%; плотность 1 соответствует пропусканию 10%; плотность 2 — 1%, 3 — 0,1% и т.д.



Специально созданные изображения Солнца на зрелом и детском телескопах и микроскопах наблюдателя через специальные очки — должны быть только в виде изображения солнечного диска

Один из наиболее доступных фильтров — сварочное стекло. Популярная недорогая альтернатива — алюминированный поликарбонат, который был сделан специально для наблюдения Солнца (на языке этот материал известен под именем «майлар»). (Заметим, что пленка, используемая для защиты автомобилей от жары и солнечную погоду, не подходит для нашей цели.) В отличие от сварочного стекла, алюминированный поликарбонат можно обрабатывать как необходимо, и он не ломается при падении. Некоторые фильтры из алюминированного поликарбоната могут иметь большие (до 1 мм размером) дефекты в их

длинноволновый спектрально, что может быть опасно. Но, как правило, дефект имеется в одной из двух линнок, так что появление сквозных отверстий маловероятно. Конечно, наличие такого дефекта может сказаться на качестве фотографии, полученной с его помощью, но, во крайней мере, такой фальш не опасен. Если есть хоть малейшие сомнения, не используйте такой фальш, если дефекты на его поверхности больше 0,2 мм.

Альтернатива алюминизованному полиакрилату, весьма популярный «черный полимер», в котором углеродистые частицы введены в полимерную среду. Этот материал несколько жестче, чем пленка полиакрилата и требует специальной оправы, если используется перед объективом бинокля, фотоаппарата или телескопа. Предназначенный главным образом для использования в качестве визуального фальша, полимер дает желтое изображение Солнца (алюминизованный полиакрилат дает синее изображение). Этот тип фальша может иметь существенные вариации в оптической плотности в поперечном направлении, некоторые области могут впасть в значительное затемнение, чем другие. Более светлые области фальша пропускают больше инфракрасного излучения, чем может быть желательным.

Появление цифрового оборудования в астрономии, специально предназначенного для фотографирования Солнца с высоким разрешением, увеличило спрос на соответствующие фальши более высокого оптического качества. Пленка *Baader AstroSolar*, резинковая основа с металлическим напылением, может использоваться и для визуальных и для фотографических наблюдений. Это намного более тонкий материал, он дает превосходное оптическое качество и гораздо меньше рассеянного света, чем фальши из полиакрилата.

Стекловые фальши, изготовленные на основе плоских стеклянных дисков, специально для запущенной 1 августа 2008 года начали производиться на Новосибирском приборостроительном заводе. Они имеют хромовое напыление и устанавливаются на объектив телескопа-рефрактора (ТАЛ-758, ТАЛ-1085, ТАЛ-1258). Это не самый дешевый, но наиболее качественный вариант для фотографов, так как для их изготовления используется оптическое стекло, не дающее никаких дополнительных искажений. Слой хромового покрытия имеет высокую механическую прочность, его нельзя поцарапать.

Изображение Солнца через такой фильтр имеет драматичный, близкий к натуральному цвет.

Многие даже опытные наблюдатели Солнца используют один или два слоя черно-белой **фотографической пленки**, которая экспонируется светом и обработана для получения максимальной плотности. Металлическое серебро, содержащееся в эмulsionе пленки – хороший защитный фильтр. Одно время для наблюдения Солнца использовались диски и компакт-диски (CD и CD-ROM) в качестве защитных фильтров. Однако, они дают довольно посредственное качество солнечного изображения. Некоторые компакт-диски сделаны с очень тонкими алюминизированными покрытиями, которые не безопасны – если через него видно Солнце при нормальном комнатном освещении, он не должен использоваться! Ни какой фильтр не должен использоваться с оптическим прибором (биноклем, телескопом, камерой), если он не разработан специально для этой цели и не установлен на месте, т.е. перед объективом.

Опасные фильтры – это пленки с изображением на них цветная, черно-белая без серебра (то есть, кремниевый фильм), целлофановая пленка, а также обычные темные очки (одни или несколько), фотографические нейтральные фильтры и поляризованные фильтры. Они пропускают слишком много невидимого инфракрасного излучения, которое может вызвать тепловой ожог сетчатки глаза. Тот факт, что Солнце кажется тусклым и при рассмотривании Солнца через фильтр никакой дискомфорт не ощущается, не является гарантией, что ваши глаза в безопасности.

Опасные солнечные фильтры, которыми снабжаются недорогие телескопы, также опасны. Эти стеклянные фильтры могут неожиданно лопнуть от перегрева, когда телескоп направлен на Солнце, и повреждение сетчатки глаза может произойти быстрее, чем наблюдатель уберет глаз от окуляра. Наблюдайте небезопасно редко! Что же касается полной фазы затмения, то ее можно и нужно наблюдать без всяких фильтров! Это полностью безопасно.

В последние дни и недели перед солнечным затмением средства массовой информации, как правило, предупреждают об опасности наблюдения затмения. Все зависит от того, в какой форме предоставляется эта информация. Если она исходит

на в темноте, а так, что бывает полезно для СМИ, то может вообще отсутствовать ливней от наблюдения затмения. Кто-то может воспринять эти сообщения серьезно и отказаться от наблюдения затмения из соображений безопасности. Конечно, ничего другого, кроме разочарования, это не даст.

Другой переход может присутствовать в сообщениях астрологов, для которых интерпретация затмения носит в основном статистический оттенок. Они могут говорить о возможных катастрофах, как техногенных, так и природных, затрудненно ливней глаза в т.д. Конечно, будут найдены люди, которые близко воспримут эти предсказания. Так, в книге С.А. Якова «Мифы мифического века» описан трагический случай, когда 13-летняя девушка из Улам-Уло в преддверии полного солнечного затмения 11 августа 1998 года выкончила с собой, не желая стать свидетелем конца света, о котором писали многие газеты. И, конечно, известно в этом не столько солнечное затмение, сколько низкий уровень астрономических знаний у наших людей, особенно у молодежи.

ОБОРУДОВАНИЕ

На протяжении тысячелетий главным инструментом для наблюдения небесных тел служил наблюдатель, в солнечных зенитах в частности, был несооруженный глаз человека. Несооруженными глазами смотрели на небо великие греки — Апполоний и Аристархос, арабские ученые — Бадун и Халиф, европейские гении мысли — Коперник и Кеплер. И даже после того, как 400 лет назад Галилей направил свой первый телескоп на небеса, по-новому взглянув на давно известные светила, но все отходясь от традиционных методов наблюдений. Сто лет спустя после Галилея нидерландский ученый и пророк Джайлс Смит, корольская обсерватория Билдена, построил, тем не менее, пять пятиугольных каменных обсерваторий по образцу квадрата Штубера для поминанных камерской системы. Да и в самой Европе некоторые наблюдатели еще долго не решились довериться капризной оптике.

И поныне все наблюдатели следуют по мнению, что максимум эмпирических значимостей от вида солнечного затмения можно получить, свердая сто немаловажно несооруженным в глазами. Особенно это относится к тем, кто собирается наблюдать его первый раз в жизни и не стремится получить при этом какие-то научные результаты.

С другой стороны, каждый знает охранять яркость своих и очеловечив для того, чтобы вновь и вновь возвращаться к ним и передать эти ощущения своим близким и знакомым, которому не восхотевалось вослестись этим редким зрелищем. Все для этого уже нужно оборудование, которое, к счастью, становится все доступнее.

Итак, прежде всего, нужно определить свои цели на предстоящее затмение. Допустим, наблюдатель просто хочет увидеть само явление и запечатлеть его на обычный пленочный или цифровой фотоаппарат. Для этого ему понадобится:

1) специальные темные очки, которые позволяют без опаски длительное время рассмотреть края Солнца;

2) обычный фотоаппарат, объектив которого закрыт темным стеклянным фильтром или специальной пленкой типа «Матроскиер». Фильм нужен только для фотографирования Солнца во время частных фаз, когда яркость солнечного диска несколько велика. Снимать во время полной фазы корону Солнца, а также окружающий ландшафт, можно без всяких фильтров. Для фотографирования в темноте лучше использовать фотовспышку, чтобы изображение не смылось во время длительной экспозиции;

3) любой бинокль или подзорная труба с увеличением в диапазоне от 2 до 8 крат, которые позволят более детально рассмотреть корону. Ни в каком случае нельзя через бинокль смотреть на края Солнца вне полной фазы без надежного темного фильтра! Этот фильтр должен быть снят лишь при наступлении темноты.

Весь этот набор как только первый пункт списка — вполне достаточно для обычного наблюдения. Любитель астрономии и со вкусом непременно захочет получить более серьезные результаты. Здесь мы не будем описывать специальное оборудование для лучшего изучения затмения, а будем говорить только о фотографировании. Итак, какую фотокамеру подготовить к затмению?

Как уже говорилось в главе о фотографировании, чем больше фокусное расстояние, тем крупнее на снимке будет получаться солнечный диск. Идеальный вариант — зеркальный фотоаппарат со сменными объективами, лучше на байонетном креплении. Такое крепление позволит одним движением руки ставить один объектив и устанавливать другой. Сосредоточив, во время затмения, весь свет встает на секунды, это очень важно. Обычный объектив может иметь переменное фокусное расстояние от 45 до 70 мм, сверхдлинным — 135 мм, телескопическим — начиная со 100 мм до 500 мм и даже до 1000 мм. Интересные фотографии всего происходящего, включая зарево короны, можно получить с объективом «рыбий глаз», охватывающим всё 180-градусное пространство над головой, весь небесный свод. Проблема в том, что крупные объективы по стоимости приближаются к стоимости фотокамеры и даже превосходят

се. Так что в целом законными можно использовать телескоп-объектив, который устанавливается между фотоаппаратом и объективом и позволяет расширить диапазон фокусных расстояний в 1,4–2 раза как в сторону увеличения (телескопические телескоп-объективы), так и в сторону уменьшения (отрицательные).

При фотографировании в крайнем фокусе телескопа роль объектива фотоаппарата выполняет объектив телескопа. Для этого с телескопа снимают окуляр, а с камеры — объектив. Затем камеру с помощью стандартного адаптера крепят к выходному концу телескопа, где, как правило, имеется резьба M42 с шагом 1,8 или 0,75 мм. Поскольку с одной стороны адаптера должна быть такая же резьба, а с другой — байонет или другая резьба, предназначенная для фотоаппарата. Однако радиусообразный диаметр резьбыных проходов такой величин, что невозможно дать резьбы на все окружности диска.



Крепление камеры «Зенит» на выходном конце телескопа ТБТ-120.

Что касается телескопа, годится любой, независимо от назначения. Он может использоваться и для визуального наблюдения и для фотографирования, как во время частного фаз, так и во время полной фазы.

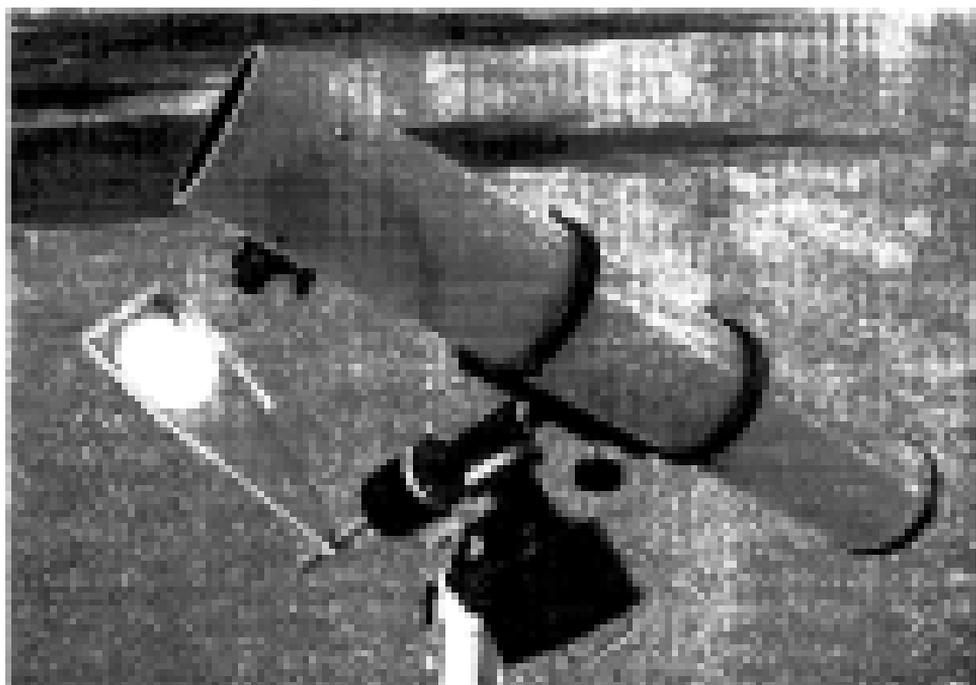
Расскажем кратко об особенностях применения телескопов разных типов. Для иллюстрирования будут использоваться

телескопы новосибирского производства (возможно, вторые крупный завод, новосибирский астрономический телескопы, оказался в покое полного затишья). Все телескопы можно разделить на три основные группы:

1. Рефлекторы системы Ньютона. В качестве объектива в них применяются вогнутые зеркала, меньшее вторичное зеркало выводит световой луч в сторону от основной трубы. Такие телескопы удобны для простирания изображения Солнца на небольшие зеркала. В этом случае не нужен солнечный фильтр и наблюдения вполне безопасны. Для ограничения светового потока на входе концы трубы устанавливается диафрагма – крышка со сдвинутым отверстием. Модели телескопов-рефлекторов производства Новосибирского приборостроительного завода (НПП) ТАЛ «Альвар», ТАЛ-1 «Мандар», ТАЛ-2 «Альвар», ТАЛ-150П идут все в комплекте вместе с соответствующим зеркалом.

2. Рефлекторы имеют линзовые объективы и более длинную трубу по сравнению с телескопами Ньютона. Для удобства наблюдений перед окуляром ставится небольшое диагональное зеркало, поворачивающее луч зрения на 90 градусов. Это идеальный инструмент для наблюдения затмений, поскольку на пути светового света нет никаких помех. Однако нужно позаботиться о полнопотурном солнечном фильтре, который устанавливается на блинде объектива. Разновидность рефлекторов – рефлекторы-ахроматы, они строят особенно качественное изображение с минимумом оптических aberrаций (искажений), которые в той или иной мере присутствуют во всех оптических системах. Модели телескопов-рефлекторов: ТАЛ-75К, ТАЛ-100К, ТАЛ-125К, ТАЛ-125 АПО (цифры обозначают диаметр объектива в миллиметрах).

3. Катадиоптрические, или зеркально-линзовые, телескопы могут быть различных конструкций. Все они имеют достаточно короткую трубу и вторичное зеркало, перекрывающее часть светового пучка. Солнечный фильтр, также как и в рефлекторах, может быть установлен на входе концы трубы, обычно это делают в виде одного или двух сдвинутых отверстий в крышке. Модели катадиоптрических телескопов производства НПП, благодаря запатентованной оптической схеме Ю.А. Клевцова имеют особенно компактную трубу и минимум aberrаций: ТАЛ-150К, ТАЛ-200К, ТАЛ-250К.



Проекторная Станция на треноге и телескоп телескопа ТАБ-100



Телескоп-рефлектор ТАБ-1000 с малым периметром объектива фотоприемником, установлен на объектив телескопа

Телескоп поможет получить крупное изображение Солнца. Но как разобраться где верх, где низ, где правая, где левая сторона диска? Это особенно важно для тех, кто собирается фиксировать первый контакт — момент вступления Луны на солнечный диск. Дело в том, что разные системы телескопов имеют разное количество отражающих элементов, и изображение может быть или неоднократно перевернуто. Проще всего убедиться в этом, направив телескоп на какой-нибудь удаленный земной объект. Например, глядя в телескоп на дом, у которого справа видна труба, вы в окуляре видите этот дом в перевернутом виде, но труба у него оказалась слева. Это означает, что изображение не перевернулось и в направлении зрения, но моменты моменты правая и левая стороны, как в обычном зеркале. Изображение Солнца, на которое вы смотрите при таком же положении окуляра, будет иметь север вверх, юг — вниз, а западный край Солнца, где должен произойти первый контакт, в который распалится на правом краю Солнца, в телескоп будет виден слева.

Для фиксации контактов лучше всего использовать окулярный сетчатый экран в поле зрения, которую нужно заранее установить в нужном положении. Делается это после правильной установки экваториальной монтировки (о чем будет рассказано ниже). В качестве ориентира можно взять какое-нибудь пятнышко на поверхности Солнца. Вращая трубу телескопа вокруг вертикальной оси, нужно добиться, чтобы это пятнышко двигалось параллельно одной из нитей сетки. Это и будет направление суточной параллели. Тогда вторая нить, перпендикулярная первой, укажет на северный полюс мира, от которого и отсчитываются позадонные углы.

Если изображение в поле зрения прямое, отсчет позадонного угла ведется от северного полюса мира в направлении против часовой стрелки, однако в нашем «зеркальном» случае отсчет нужно вести в противоположном направлении — по часовой стрелке.

Без хорошей монтировки не добиться надежной установки трубы телескопа, а значит, и не получить резкого и четкого изображения. Монтировка должна обеспечивать абсолютно неподвижность трубы телескопа и камеры в момент съемки, исключать передачу камере колебаний почвы и резонанс на приводные

нии наблюдателя. Для установки телескопа на ровной площадке лучше использовать металлическую стойку на трех опорах, а в поле на неровной поверхности использовать треногу.

Второе важное предостережение монтировки — отслеживать движение Солнца, чтобы оно во все время затмения, а это более двух часов, оставалось в центре поля зрения. Для этого крайне эффективна монтировка, главная ось которой направлена в полюс мира (на Полярную звезду). Такое расположение позволяет легко следить за Солнцем или иным небесным светилом в их естественном движении по небесной сфере и управлять телескопом с помощью одного винта. Это управление может производиться вручную или с помощью небольшого двигателя (для моторизованных монтировок).

Все телескопы НПЗ оснащены такими экваториальными монтировками. Небольшие телескопы имеют винт для ручного следящего за Солнцем, это ТАЛ-65, ТАЛ-1, ТАЛ-75В. А такие серьезные инструменты, как ТАЛ-125В, ТАЛ-200К и т.п., имеют привод с мотором. Это ставит перед астрономом еще одну задачу — обеспечить такой привод электроэнергией. Если наблюдение ведутся в городе или на даче, напряжение 220 вольт найти достаточно просто, позаботившись заранее об удлинителе. При выезде за город поможет автомобильный аккумулятор — у каждого автомобиля имеется 12-вольтовый выход в так называемом «прекуррентеле». Шнур для подключения телескопа к «прекуррентелю» необходимо приобрести заранее или изготовить самостоятельно.

Нередко возникает проблема в правильной установке монтировки в дневное время. Если телескоп находится на территории загородного дома, выставить полярную ось можно в одну из предоступающих точек перед закатом и затем поодиночке инструментом с места. Большинство наблюдателей, выезжая на затмение куда-либо, вынуждены будут устанавливать телескоп в день затмения. При этом не достичь высокой точности, но чаще всего этого и не требуется. Полярная ось монтировки должна быть направлена на север. Это направление можно получить с карты, используя в качестве исходных направлений на заметные ориентиры — вышки, стальные здания, речье реки и т.п. Ориентироваться можно и по компасу, но в этом случае следует учесть, что магнитный азимут отлича-

ства от истинного. Солнце — один из главных ориентиров, только на него два — находится в момент истинного полдня, а Новосибирск 1 августа это превосходит в 13 часов 22 минуты местного летнего времени (с учетом уравнения времени, равного на 1 августа — минус 6,5 мин.). Вблизи полудня Солнце движется почти горизонтально, проходит 1,5 градуса в час, это позволяет узнать его азимут в другое время.

После того, как направление на север получено, полярную ось нужно устанавливать к горизонту над углом, равным широте местности. На юстировке имеется соответствующий винт со шкалой в дюймах. Не забудьте только, что стойка телескопа при этом должна быть вертикальна, что легко проверяется отвесом.

На этом грубая установка телескопа заканчивается, для большинства случаев этого будет вполне достаточно. Для более точной установки любители астрономии имеют в своем арсенале метод, в котором нужно наблюдать дрейф звезды по созвездиям в двух направлениях перпендикулярно — на юг и близ восточного или западного горизонта. В нашем случае единственная небесная тела, доступное для наблюдений, это Солнце. Поскольку затмение будет вечером, теоретически наблюдатель имеет время выполнять первый шаг юстировки утром с 7:00 до 8:00, когда Солнце находится на востоке (это дает поправку в наклон полярной оси), а второй шаг в полдень с 13:00 до 14:00 местного времени (поправка в азимутальное направление полярной оси). В любом случае, заблаговременная юстировка в соответствии данной процедуры окажется очень полезной.

Остается сказать несколько слов об окуляре. Это увеличительная трубка 6-ти или 8-ми кратного увеличения устанавливается параллельно оптической оси телескопа и служит для быстрого наведения на объект. Искатель удобен тем, что имеет большое поле зрения — 8 или 7 градусов соответственно. И если наводить телескоп на Солнце безымянной рукой во время трубы, в некоторых случаях придется и искатель. Для этого он также как и основной инструмент должен быть оборудован темным фильтром.

И, наконец, окуляры, которые позволяют менять увеличение и поле зрения телескопа. Они имеют различные фокусные расстояния: 33-40 мм для получения минимального увеличе-

ния и максимального поля зрения (можно при наблюдении короны), 12 мм для наблюдения полного диска Солнца, 6 мм для рассматривания деталей на поверхности Солнца (пятна, факелы). Как правило, пара окуляров входит в стандартный набор аксессуаров для каждого телескопа, плюс двуокранный держатель Барлоу, которая увеличивает фокусное расстояние еще в два раза. Самые распространенные наблюдения всегда могут позволить этот набор, так как посадочные места для этих аксессуаров имеют стандартный диаметр 1,25 дюйма (31,75 мм) или 2 дюйма (50,8 мм). Только «смайл» ТАЛ-65 рассчитан под маленькую окуляр с диаметром посадочного места 24,5 мм. Для справки в таблице даны характеристики и данные по комплектности некоторых телескопов.

Телескоп	Фокусное расстояние F, мм	Окуляры	Увеличение, крат	Поле зрения, градусы
ТАЛ-1	600	25 мм 10 мм	32 60	1,4 0,8
ТАЛ-75R	600	12,5 мм	50 100	0,9 0,5
ТАЛ-100R5	1000	25 мм 6,3 мм	40 160	0,8 0,3
ТАЛ-125R	1124	25 мм 6,3 мм	45 180	1,0 0,25
ТАЛ-125 APO	960	25 мм 6,3 мм	40 150	1,2 0,3
ТАЛ-200R	1700	25 мм 10 мм	70 170	0,8 0,3

В заключение этой темы еще раз перечислим астрономические аксессуары, которые могут пригодиться при наблюдении светила: кольцевидный солнечный фильтр для рефракторов, диффрагма для рефлекторов и катадиоптрических телескопов, площадка для установки фотоплаката параллельно трубе телескопа, экран для проектирования Солнца, адаптеры для установки камеры в плоском фокусе телескопа, электрический кабель для питания телескопа от автомобильного аккумулятора.

Как уже отмечалось, Большая – очень хорошая конструкция для изучения наблюдений всего поля зрения. Она имеет большое поле зрения, комфортно при наблюдении двумя глазами. Еще в Большой зрачок адаптируется к большому диаметру *ДТВ-2* (размещается как «прибор наблюдательной биноклярной») производства Новосибирского приборостроительского завода (НПЗ). Этот прибор, первоначально спроектированный для использования в радиолокационной технике, имеет диаметр объектива 110 мм, увеличенное 13 крат и поле зрения 6 градусов – идеально для наблюдений короны! Да и не только короны – это отличный инструмент для изучения звездного неба. Возможно, что планетам даст поле зрения на Большую 1 градус и всю корону в них не увидеть.



диаметр и биноклярная *ДТВ* на краях *АНУДыКа*, где бы прибором 10-х годов десятилетия становился необходимым *АСЗ*

Работая на станциях выведенной НСЗ, разбросанные по всей стране, стали подобны бинокльям, но немного меньшего размера, которые назывались *ТДК* (трубная телеточка коническая) и имели диаметр объектива 80 мм. Такие инструменты широко использовались для изучения наблюдений НСЗ, в том числе на Новосибирской станции, расположенной на краях лабораторного корпуса *НИИДАКа* (*СРТА*). Возможно, где-то они используются до сих пор. Отметим только отметить, что эти бинокльи маломощны для любительской астрономии из-за высокой цены.

ВЫБОР ПЛОЩАДКИ

Подготовка к наблюдению затмения включает в себя еще один немаловажный момент. История знает немало случаев, когда неудачный выбор места для наблюдения привел к плачевным результатам. Вольно или нет пример, о котором рассказывает А. Б. Демин. К затмению 29 июля 1963 года экспедиция ГАИИИ прибыла из Москвы на другой конец страны — остров Самуилов на Курильских островах — и с большим трудом планировала оборудование на берегу. Откуда было астрономам знать местные особенности оборудования? В самый неподходящий момент он закрыл как раз то место, где они находились, а между тем на более высоких скалах небо осталось открытым...

Автор сам едва не пострадав от неудачного выбора места во время затмения 29 марта 2006 года, которое он наблюдал вместе Горно-Алтайск. Тогда только чуть-чуть можно было увидеть корону в разреженных облаках с вершины небольшой горы, куда он вместе с друзьями поднял оборудование. А вот жена и дети, оставаясь на базе, прекрасно видели весь ход затмения.

Итак, первым делом перед наблюдением стоит задача выбрать участок почвы, где, по его мнению, можно найти наилучшие условия. При этом важно учесть ориентацию погоды на этом участке, транспортную доступность места и удобство размещения, высоту Солнца над горизонтом данной местности и продолжительность полной фазы затмения. В пределах Сибири наиболее удобные по доступности пункты — Новосибирск, Барнаул, Байкон, Горно-Алтайск, рядом с которыми проходит центральная линия затмения. Главнейшей же фактор — погода — не поддается долгосрочному прогнозированию. К счастью для фанатов, решение по выбору места может быть принято утром в день затмения, когда прогноз погоды станет более или менее точен. Для справки: путь от Новосибирска до Горно-Алтайска занимает 6-8 часов на автомобиле.

Но не все обладает такой мобильностью, тем более, не имеет стопроцентной уверенности, что вранко вовремя выдвинутся. Поэтому большая часть наблюдателей заранее выбирает место в каком-то конкретном пункте и возмущается на ходу. Среди этой группы людей кто-то не располагает транспортом, кто-то имеет промышленное оборудование, требования армейской настройки, а кто-то просто не любит сутаться и хочет наслаждаться зрелищем в удобном и комфортабельном месте.

Именно с этими людьми автор и хочет поделиться своими наблюдениями по выбору площадки в наиболее знакомом ему месте – в окрестностях Новосибирска. Прежде всего, нужно помнить, что высота Солнца над горизонтом в момент полной фазы здесь составит 38 градусов. Частные фазы закончатся через час после этого, когда Солнце опустится на 8 градусов ниже. Азимут в момент полной фазы – 258 градусов – это на 12 градусов к югу от точки запада. Частные фазы длится час до максимума и час после него. Это значит, что сектор видимости по азимуту должен быть не меньше 36–40 градусов. В этом секторе небо должно быть открыто выше 15–20 градусов.

Из-за того, что Солнце во время затмения располагается достаточно низко, в городе найти подходящее место сложно. Например, чтобы стандартный 5-этажный дом высотой 25 метров не закрывал небо выше 15 градусов, необходимо стоять от него куда-то на 100 м. Кроме того, при фотографировании затмения широкоугольным объективом неплохо иметь интересный фон, на котором будет разыгрываться небесное «шоу».

Уверен, что жители Новосибирска, несмотря на сложность, смогут самостоятельно подобрать себе подходящее место, тем более что у них будет возможность заранее, за несколько дней до затмения посмотреть, где будет находиться Солнце с 16:40 до 18:50 местного времени (и самое главное – в момент полной фазы в 17:45).

Для проведения же любительской астрономии перечислен несколько наиболее удобных на взгляд автора мест. Прежде всего, запланирован ряд организованных площадок, где будут установлены телескопы, обеспечено астрономическое сопровождение, торговля продуктами питания, простейшими средствами наблюдения и сувенирами. Там, Новосибирский префекторатский завод организует наблюдения с площадки

Калевика (станция метро «Засылковский»), Сибирская государственная академия — с набережной реки у станции метро «Речной вокзал», Государственный педагогический университет — с площади, расположенной рядом с университетом. Не исключено, что будет задействованная площадь перед Оперным театром (правда, из-за окружающих зданий ее вместимость невелика), площадь перед библиотекой ГПНТБ, сквер Солнца на левом берегу Оби и некоторые другие.

На всех перечисленных площадках имеется открытый сектор обзора в западном направлении, удобный пейзаж, хорошо выраженное обрамление небесной картины. Но, поскольку здесь зрительны приходится на горячую жару, что многим горожанам нежелательно наблюдать зыбление со своих загородных участков, как видно на схеме (см. стр. 58), центральная линия зыблениа проходит в 15–20 км с запада от города, здесь находятся большое количество дачных объектов и коттеджных поселков. Немного проигрывает дачная дачная направленная — из максимальной продолжительности полной фазы 2 минуты 23 секунды она покрывает всего от 3 до 5 секунд. Сколько именно — можно определить по схеме.

Независимые наблюдатели имеют возможность остановиться в прекрасных пейзажных зонах, расположенных вдоль набережной Обского водохранилища. Здесь можно совместить наблюдение с отдыхом у воды. Но, конечно же, места лучше занять заранее. Добраться сюда можно на электромобиле (станция «Обское море», «Вертолет») или автобусом (линия «Звезда» / «Наском», набережная Обского водохранилища за городом Барнаул).

Конечно, каждый наблюдатель будет делать выбор, исходя из своих пристрастий и финансовых возможностей. Кто-то любит удлинённые наблюдения, чтобы в итоге максимальной по площади в полной мере насладиться редким явлением. Кто-то наоборот, предпочитает наблюдать в долинах, где больше возможностей для выражения эмоций. К счастью, выбор мест в городе и вокруг него огромный.

Те, кто решит отправиться на зыбление на Алтай, должны помнить, что там высота Солнца в момент зыблениа будет на 1–2 градуса ниже, а продолжительность полной фазы сокра-

тится на 3–5 секунда – не так много, чтобы отказаться от прекрасных видов азиатских красотой.

В заключение несколько слов о безопасности. Весной и летом в Сибири необходимо остерегаться укусов клещей, разносчиков опасного заболевания – клещевого энцефалита. К августу активность клещей значительно снижается, но не прекращается совсем. Все организованное население, также, как базы отдыха и небольшие лагеря, заранее обрабатывают свои территории специальными препаратами, чтобы свести риск к минимуму. На «дикой» же природе опасность сохраняется. Если поблизости от места расположения имеются трава, кусты, деревья, периодически осматривайте себя, а лучше воспользоваться специальным опутывающим аэролем, продающимся в аптеках. В случае укуса обязательно обращайтесь к врачу.

Наконец, эти заключительные предупреждения никому из наблюдателей не пригодятся. Успешных и приятных вам наблюдений!

КАК НАБЛЮДАЮТ СОЛНЦЕ ПРОФЕССИОНАЛЬНЫЕ АСТРОНОМЫ

С.А. Яков

На протяжении многих столетий Солнце воспринималось людьми как раскаленный шар неизвестной природы. Еще древние греки знали, что Солнце значительно превышает Землю по размерам. При этом физическая сущность дневного светила оставалась совершенно непонятной.

Наблюдения Солнца в дотелескопическую эпоху были совершенно бессмысленны: Солнце казалось всегда одинаковым! Редкие сообщения о наблюдениях крупных пятен выглядели как странное и редкое явление. Так оно, в сущности, и было: пятна, которые можно увидеть невооруженным глазом севоз туман, дымку или на закате, образуются нечасто.

Впрочем, московский астрофизик Вяйняр Сурби предпринял, что изображения Солнца, которые могли появляться на плену помещенной от лучей, проникающих в отверстие в потолке (аналог камеры-обскуры), позволяли обнаруживать и более мелкие пятна. Такие наблюдения он сам выполнял в одном из старинных царевых соборов. Но остается неизвестным, была ли в действительности реализована в прошлом эта потенциальная возможность...

Созданием первых телескопов 400 лет назад изменила ситуацию. При наблюдении на зеркале, а также с помощью фильтров, на Солнце обнаруживались всевозможные и исчезающие пятна. Стало ясно, что пятна – это, скорее, признаки Солнцу более опасные, чем аномалии! По пятнам сразу удалось определить скорость вращения нашего светила и открыть важное свойство вращения: его неоднородность, или дифференциальность. Астрономы поняли, что наша дневная звезда (или же, как минимум, ее внешняя оболочка) не может быть твердой: только у газообразной или жидкой среды экватор может вращаться заметно быстрее полюсов...

Телескопы становились все совершеннее, росла их разрешающая сила. При угловом разрешении порядка одной секунды дуги (под таким углом наблюдается спутниковый аппарат в расстоянии в 10 километрах!) удалось обнаружить солнечную гравитацию. К этому времени астрономы поняли огромную важность так называемого астероидового.

Дело в том, что первые телескопы устанавливались в горах, иногда наблюдения проводились с крыши или даже через открытое окно. Турбулентные восходящие потоки нагретого воздуха размывали изображение, сводя на нет все усилия по совершенствованию оптики. Опыт, который накапливался десятилетиями, показал, что солнечные телескопы в все элементы конструкции астрономических базисов нужно обязательно красить в белый цвет (чтобы свести к минимуму нагрев воздуха вблизи телескопа). Кроме того, выяснилось, что лучше всего строить солнечный телескоп высоко в горах (основная толща турбулентной атмосферы при этом остается внизу). Неплохо также, чтобы телескоп находился над относительно ровной водной поверхностью. А еще лучше объединять эти требования: солнечный телескоп на горе над водой...

Регулярные систематические наблюдения фотосферы (лунной и факелов) Солнца ведутся уже более полутора столетий. Сложившиеся разреженные получаемые снимки давно стали вполне реальным (разумеется, при хороших погодных условиях, когда атмосферное дрожание изображения минимально). В мире довольно много солнечных телескопов малого и среднего класса (с диаметром оптики до 30 сантиметров), которые обеспечивают такое разрешение. В настоящее время вполне возможные результаты получают и у любителей.

Сложнее наблюдать верхние слои атмосферы Солнца – хромосферу и корону:

Наблюдения хромосферы первоначально проводились с помощью спектроскопиров.

Выбирались одна спектральная линия (как правило, линия водорода H-альфа, читается как ан-альфа), и с помощью разных механических приемов выполнялось сканирование всего диска Солнца в свете этой линии. Результатом было изображение всего солнечного диска в лучах водорода.

Подобно удалось соорудить специальные фальги (дифракционно-корректирующие фальги, или НДФ), позволяющие сразу наблюдать изображение Солнца или участка его поверхности в свете той или иной спектральной линии. НДФ представляют собой стопу специально обработанных стекол в полторадва, погруженных в жидкую среду (димерола) в наклонном в герметичный корпус. Пучок солнечного света – крайний свет фотоферры, проходя через НДФ, практически полностью поглощается. Через оптическую систему проходит только слабый свет в чрезвычайно узком спектральном диапазоне, сопоставимом с шириной спектральной линии. Это тот самый свет, который излучается водородом, находящимся в верхних слоях солнечной атмосферы (хромосфере).

НДФ позволяет зафиксировать слабое свечение хромосферы, которую можно наблюдать прозрачной пленке над краем фотоферры. На хромосферных снимках (они называются фильмограммами) ярко проявляется вся разнообразная структура замечательных потоков плазмы в хромосфере. Здесь хорошо видны активные области, темные пятна, арки-филаменты, протуберанцы и солнечные вспышки. Хромосферные наблюдения чрезвычайно информативны.

Увидеть сам более высоко расположенный слой солнечной атмосферы – корону – еще сложнее. Корона короноиди видна во время затмений, но это события редкие и кратковременные. Специально для исследования короны создаются специальные телескопы-коронграфы.

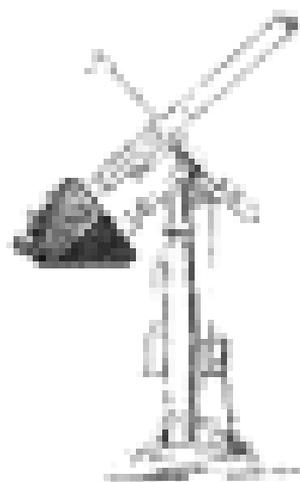
Солнце закрывается в них специальным диском – искусственной Луной. Первый коронграф был создан французским астрономом Бернаром Лио в 1931 году. Рассеянный свет отсекается с помощью специальных дифракты, а объектив состоит всего из одной линзы для обеспечения минимума остроты в системе. Чтобы воспринять крайне слабое свечение короны, которое перекрывается сильным рассеянным светом земной атмосферы, приходится устанавливать коронграфы высоко в горах (не менее 2000 метров над уровнем моря), где плотность чистого горного воздуха мала и рассеянный свет существенно ослаблен. В России больше коронграфы работают, например, в Юсуповске, в Самской обсерватории ИСЗФ СО РАН на границе с Монголией, а также в Кисловодске. Но нужно

прямо сказать, что эффективность коронографов не очень высока: в борьбе с рассеянным светом при наблюдении победы затравки оказываются невелика. Случение коронным является вылучить далеко не всегда, но во всем диапазоне и на относительно небольших высотах над фотосферой.

Радикальный подход — вынести телескоп за пределы земной атмосферы, установив его на борту космических аппаратов. На протяжении последних десятилетий такое наблюдение непрерывно ведутся космическими аппаратами (например, YONKON, SONO, а в последнее время — парой идентичных аппаратов STEREO, наблюдающих Солнце из разных точек земной орбиты). Эти наблюдения показали, что корона является чрезвычайно динамичной системой.

На борту космических аппаратов стоят приборы для регистрации солнечных излучений, которые не пропускает атмосфера Земли — рентгеновских, ультрафиолетовых, гамма-лучей. Сверхвысокочастотная коммуникация возможна вывалить только в космос. Поэтому в планах телескопов — запуск новых, более совершенных аппаратов, включая миссии для изучения Солнца с близкого расстояния. Реализация таких проектов ожидается в середине следующего десятилетия.

Телескопические наблюдения за морфологией и динамикой солнечных активных образований информативны, но явно недостаточны. Данные о многих физических параметрах Солнца дают так называемые спектры или наблюдения. Специальными спектрографы, которыми оснащены крупные солнечные телескопы, раскладывают свет, поступающий от светила, в спектр. Складывается, атомы разных химических элементов, находящихся на Солнце, поглощают свет («вытаскивают» его из спектра) на строго определенных длинах волн. В результате спектр Солнца оказывается прерванным темными линиями, или линиями Фраунгофера. Каждая линия может быть идентифицирована «попытку пальца» того или иного тела атомов. В результате, изучая спектр, мы получаем возможность узнать, какие элементы присутствуют на Солнце, какова там температура, каковы условия, и во сколько раз. Более того, спектральные линии смещаются, расширяются, и даже расщепляются в зависимости от того, движется ли (и в какую сторону — к нам или от нас) вещество на Солнце, которое излучает исследуемым в нами свет, а также погружено ли оно в магнитное поле.



Высокий класс ЭТ типа га спектрограф.

Из полного анализа ряда спектральных линий телескопически определяют скорости и движения вещества на Солнце и напряженность магнитного поля. Форма (контуры) спектральной линии несет в себе очень много информации, и искусство последователя позволяет эти данные извлекать! Для этого нужна очень сложная аппаратура — например, монографы, предназначенные для изучения влияния магнитного поля на спектральные линии. Таких приборов в мире не очень много. При этом можно измерить магнитное поле отдельных участков солнечной поверхности (например, в пятно или во флюксле), а можно измерить интегральное поле всего Солнца.

Измерения скоростей вещества на Солнце позволяла обнаруживать множество волн и колебаний на нашей дневной звезд. Изобретенный анализ этих волн позволял заглянуть в недра Солнца: дело в том, что тип волн и их параметры сильно зависят от того, как устроено Солнце внутри! Поэтому исследования волн на поверхности Солнца сейчас быстро развиваются, а специальные математические обработки этих данных позволяют строить обоснованные модели внутреннего строения Солнца (сейсмология).

Наконец, есть еще один необычный тип приборов, изучающих Солнце — нейтральные массометры, совсем не похожие на привычные нам телескопы. Легчайшие частицы — нейтринно, выходя из недр Солнца, где идут термоядерные реакции, уносятся в окружающее пространство. Сколь угодно из нас каждую секунду пролетают миллиарды нейтринно, но мы этого

совершенно не замечаю! Нейтрално почти не взаимодействует с веществом, поэтому «поймать» их крайне сложно. Нейтральные телескопы представляют собой громадные рефлекторы с веществом (хлорокислотным раствором, галием, льдом или просто водой). Миссиями часть этого солнечного нейтрално, проходя сквозь вещество, выхватывает слабые вспышки, которые регистрируются специальной аппаратурой.

Не стоит забывать, что Солнце является еще и источником радиоволн. Солнечное радиовозмущение регистрируется с помощью радиотелескопов. Как правило, это «тарелки» больших размеров, направленные на светило, или системы из целого ряда таких тарелок (дифрактоинтерферометры). В последнем случае появляется возможность получить радионаблюдения всего солнечного диска.

Измерения, выполненные в прошлом веке, показали, что на Солнце наблюдаются образования, для изучения которых не хватает разрешающей способности в одну угловую секунду. На лучших снимках, полученных во время хороших атмосферных условий, видны детали значительно меньших размеров! Это означает, что для наблюдения процессов, происходящих на Солнце, необходимы новые приборы, обеспечивающие возможность изучения наномасштабных структур. Как известно, разрешающая способность оптической системы пропорциональна диаметру основного оптического элемента (объектива или главного зеркала). Поэтому наибольшая надежда на улучшение возможностей инструментов с большим габаритом оптики. В космос такую технику выводить пока еще слишком дорого и сложно.

Крупные наземные солнечные телескопы обычно устанавливаются неподвижно, чтобы не перемещать взгляд за Солнцем телесную конструкцию. Объект исследования – Солнце – движется на небе по легко определяемому пути. В таких системах за Солнцем следит подвижным элементом движущийся элемент – вращающаяся с нужной скоростью большая плоская зеркало (сканер), или система из двух плоских зеркал (дифрактометр). Зеркало направляет солнечный свет в объектив.

Самые крупные на сегодняшний день солнечные телескопы находятся в Национальной солнечной обсерватории США (msso.nso.edu). Один телескоп с зеркалом диаметром 1,5 м на-

ходится в обсерватории на горе Кит-Пик в Аризоне, США, и работает с 1963 г. В фокусе строится изображение Солнца диаметром 82 сантиметра.

Второй телескоп с зеркалом диаметром 1,6 м, установлен на Сакраменто-Пик в Нью-Мексико. Он используется для получения изображений Солнца с высоким разрешением и для спектроскопии. Его вертикальная башня возвышается на 41,3 м над уровнем земли, что снижает изображения от местной турбулентности воздуха. Но это только зеркало аберрат S вертикальной башни дуги Солнца направляется вниз на 67 м ниже уровня земли, где и строится изображение светила диаметром 51 сантиметр.

К сожалению, потенциально высокое разрешение этих телескопов ухудшается из-за дрожания атмосферного воздуха. Для борьбы с этим явлением на всех современных крупных телескопах установлены системы так называемой адаптивной оптики, которые позволяют водить корректировку способности инструментов в несколько раз. Смысл таких систем сводится к следующему.

Перед сфокусированным изображением устанавливается множество небольших и легких управляемых оптических элементов. В результате изображение разбивается на множество отдельных фрагментов. Каждый из оптических элементов пытается компенсировать влияние атмосферных возмущений, и сводится (в некоторых системах с частотой до 1000 раз в секунду), добиваясь максимальной четкости «своего» фрагмента изображения.

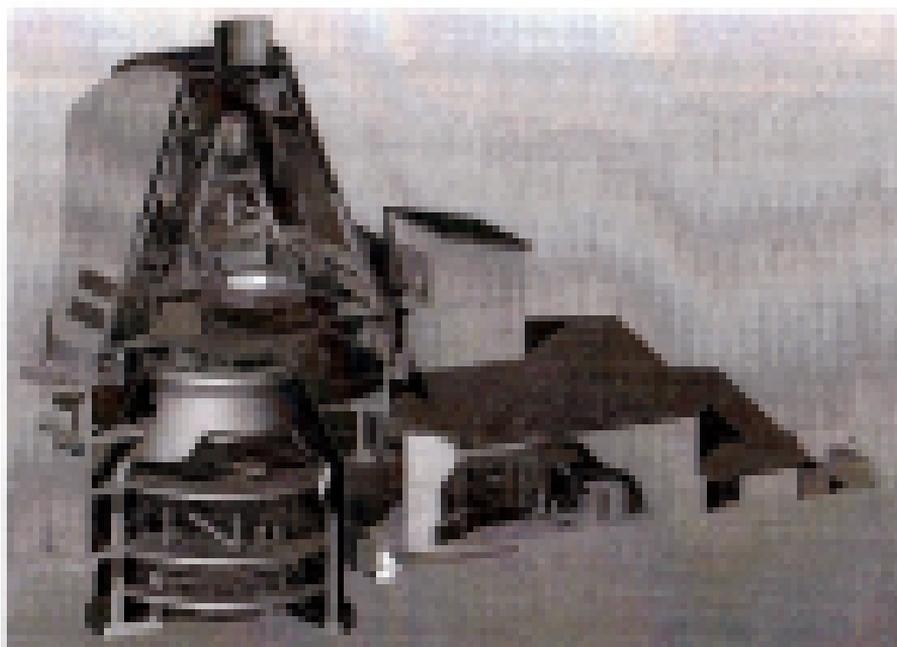
Еще один «ухищрение», которое применяется телескопами – получение синхронизированных изображений в результате наложения множества последовательно сделанных с малыми задержками кадров снимков.

В больших системах, рассчитанных на высокое разрешение, оказывается важным лобное зеркало. Чтобы исключить искажение изображения на пути от входного объектива до регистрирующей аппаратуры, в отдельных крупных телескопах применяется вакуумирование всего оптического тракта из трубы телескопа спускается воздух, что позволяет избежать влияния турбулентных потоков воздуха в самой трубе. Для со-



На этом этапе можно заметить, как постепенно изменяется структура материала, появляются и расширяются поры (губчатая структура) и обильная пористость (пены). Ввиду высокой эффективности пено и отдувочные материалы. Фото Friedrich Wiegand, AEG, and Clem West and Hans Kohn, AEG/ALBA/VEP (http://www.alba.nyu.ru/ru/album/vep/ALBA4)

Ночью температура (до 5000 Кельвин) солнечного света в трубе печи сильно нагревает детали конструкции.



В Китае АЭГ создала — совместно сат-Белт компания 4-мощности (3 ступенчатый рефлектор (Advanced Technology Solar Furnace), который используется как металлургический печью и будет работать на Гибридном энергоснабжении в 2018 году. Напомним, что старинный принцип идеи не будет использоваться сейчас, т.е. будет использован старинный (схема Френсиса де Ланжиса)

Поясно место среди семейств крупных солнечных вакуумных инструментов занимает гавдский 90-см телескоп с системой дуплексной оптики, которая позволяет достигать очень высокого разрешения. Надо сказать, что вакуум внутри трубы является ограничивающим фактором для максимально возможных диаметров оптики такой системы. Большой перепад давлений на объективе инструмента нежелателен, поэтому некоторые телескопы заполняют легким инертным газом – гелием, турбулентность в котором уже не так существенна, как в воздухе при нормальном давлении. Именно так сделан Large Earth-based Solar Telescope диаметром 2,4 м.

Что касается России, то наш крупнейший солнечный вакуумный телескоп с 76-см дуплексным объективом находится в Байкальской астрофизической обсерватории в поселке Лестовка над берегом Байкала. Обсерватория принадлежит Институту солнечно-земной физики СО РАН (с 1993 года – СибНИИИР). Метровый спектрограф направляет солнечные лучи в 40-метровую цилиндрическую трубу, герметично закрытую с двух сторон стеклянными плоскопараллельными пластинами. Объектив находится внутри трубы и может перемещаться вдоль оптической оси, фокусируя изображение. Диаметр вхо-



Метровая труба солнечного вакуумного телескопа, установленная на высоте 40 м, служит для коллекционирования солнечной энергии диаметром 2,4 м

бразисне Солнца – 36 сантиметров. Спектрограф с 14-метровым фокусом обеспечивает спектральное разрешение 0,807 Ангстрем. В настоящее время на этом уникальном телескопе ведутся работы при участии Института оптики атмосферы (Томск) по внедрению системы адаптивной оптики.

Конечно, изучением Солнца занимается большой ряд астрономов, в своем обзоре невозможно охватить все направления исследований. Автор надеется, что эта книга поможет любителям астрономии лучше представить работу своих коллег-профессионалов и, по возможности, участвовать в совместных работах.

ДРЕВНЕРУССКИЕ ЗАТМЕНИЯ

Интерес к затмениям на Руси проследимается с древнейших времен, когда затмения вызывали безотчетный страх и казались абсолютно непонятными. Старейшие затмения сохранились в Новгородской летописи за 1124 и 1207 годы, в Ипатьевской летописи за 1187 год. До нашего времени дошла информация о 49 солнечных затмениях, наблюдавшихся на территории Древней Руси с 1064 по 1725 гг. и нанесенных сражением в летописях. Это примерно третья часть от числа всех затмений с фазой более 0,5. Это означает, что две трети затмений либо не были замечены, либо были не видны из-за плохой погоды. Иногда даже предки регистрировали затмения с фазой 0,25, которую трудно заметить невооруженному человеку. Отмечались даже такие тонкие детали, как видимость звезд во время полной фазы затмения, цвет планет, направление движения тени, и, возможно, даже появление протуберансов.



В 1915 году талантливый российский астроном Михаил Иванов опубликовал каталог затмений, которые могли наблюдаться на территории древней Руси с 1060 по 1715 года. Самое замеченное на этих затмениях — частное солнечное затмение 17 мая 1185 года, которое нашло отражение в древнерусской книге «Слово о полку Игореве».

Немаложе по этому новгород-северской князь Игорь Святославич и братан Володаром и дружиной выступили в поход на половцев. Когда дружина исполнилась уже далеко от родной земли, у берегов реки Самарский Довг (49° с.ш., 37° в.д.), близко к вечеру началось частное затмение с максимальной фазой

0,77. В Новгород, Суздаль и Ярославль это значение было полным, затем об этом сохранились в нескольких летописях. Некоторые летописи упоминали даже некто вроде яркого протуберантас: «... и в сонце учинаше два меча, аз доу емо два сына днурной астаивше...»

А что же Игорь? Несмотря на грозное предостережение, он решил продолжить поход и потерпеть сокрушительное поражение — в десятый день мая дружина Игоря погибла в полноводной степи, а сам он, раненый, попал в плен. В литературе провозгладили следующее заключение как бы предостерегает русских от необдуманного похода.

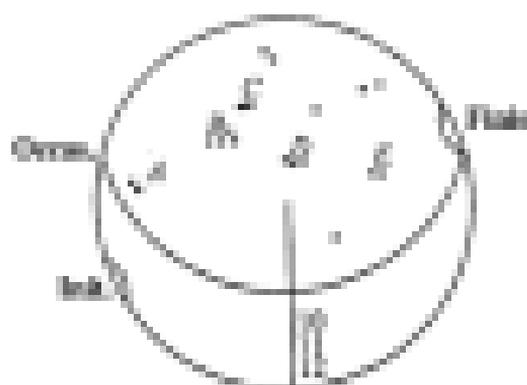
Интерес к русским летописям не исчерпан и в настоящее время. Мы до сих пор только представляем даже то, какие календари в какое время действовали на территории Древней Руси. В помощь историкам, занимающимся этой интересной работой, в Санкт-Петербурге в 1999 году был издан «Календарь солнечных затмений для России, 1908-2008 гг.», где на упомянутые 49 затмений дана подробная информация, позволяющая восстановить их видимость в любой точке территории Древней Руси.

С наступлением просвещенных вехов постепенно исчезли и панкачский страх перед затмениями. Самые главные, ученые теперь хорошо знали и успешно предсказывали наступление затмений. А развитие печатных изданий позволяло доносить эту информацию до простого населения. Упомянутый Календарь / позволил необходимость информирования населения, чтобы избежать паники и кризисов. В преддверии затмения 1 мая 1706 года (12 мая по новому стилю), когда полоса полной фазы прошла рядом с новой столицей — Санкт-Петербургом, он отдал приказ своему ближайшему помощнику генерал-адмиралу Ф.А. Вильямсу: «Исходив адмирал. Будущего месяца в первый день будет великое солнечное затмение. Кто увидит такое, тот должен сказать в своем доме, что такое такое будет, дабы не было ни восторга. Иначе, когда увидят про то недоброе предсказание, то не будет уже добра».

ПЕРВЫЕ РОССИЙСКИЕ ЗАТМЕНИЯ: 1748, 1842, 1851 ГГ.

Систематические наблюдения неба в России начались только в XVIII веке. Точной датой можно считать кольцеобразное затмение 23 июля (по новому стилю) 1748 года, которое в северной российской столице имело фазу около 0,7. Французский астроном Деламь, поселившийся в России в 1747, за год до этого события, составил подробную инструкцию для наблюдений. В Санкт-Петербурге следовало была восстановлена обсерватория, пострадавшая во время пожара в декабре 1747 г. В торжественной обстановке в присутствии президента Академии наук К.Г. Разумовского затмение наблюдали М.А. Волковский, М.К. Волон, Н.А. Дрейс. Провела интерес к затмению также императрица Екатерина II, наблюдавшая его в Ормозабуме южнее Санкт-Петербурга. Русские наблюдатели пришли к правильному выводу, что на Луне атмосферы нет, так как расширение красного края кольца, т.е. фотосферы Солнца, в момент затмения заметно не была. А вот известный немецкий ученый Леонард Эйлер, наблюдавший в Берлине, пришел к противоположному выводу, что, напротив, несколько не умаляет его научный авторитет.

Новая эпоха в изучении редкого небесного явления наступила в XIX-м веке. Астрономы заранее подготовились к затмению 8 июля 1842 года и впервые в российской истории органи-



Моделирование Солнца с дугами короны во время кольцеобразного затмения 23 июля (по нов. ст.) 1748 года. Мозаика короны (765) и кольца (716) затмения. Фаза 0,7 имеет диаметр 9 дюймов (полный диск – 12 дюймов)

знала целый ряд звездочной и кометы кометы солнечного затмения, привнося таким образом в систематическую науку Солнца.

Первое российское затмение 1842 года

Полная лунная солнечного затмения 26 июня (8 июля по нов. стилю) 1842 года прошла через всю центральную Европу начиная с Португалии и Нидерландов, в России она с севера коснулась Кавказа, достигла Урала южнее Челябинска и направилась через Казахстан и Монголию в Китай. Максимальная продолжительность затмения достигала 4 минуты 08 секунд, а ширина тени – 200 км (на Аляске).



Как сказано выше, это затмение стало, по существу, первым, наблюдавшимся на территории России в организованном порядке. Были сформированы несколько специальных экспедиций по стране и надводными астрономами в Финляндии того времени. Так, астрономы Пулковской обсерватории Д.Е. Струве и А.М. Мельников выступили в Ливонию.

В Пензе затмение наблюдал известный русский математик К.К. Лобачевский, который был в то время ректором Пензенского университета. Лобачевский был наблюдателем вместе с директором Николаевской обсерватории К.Г. Барне и своим учеником М.А. Лавровым. Он подробно описал свои наблюдения и разъяснения по поводу солнечной короны: «Как обыкновенно происходила лунная тенька вокруг солнца? Составляется ли тенька извне собственная вокруг солнца, или вокруг луны, или коронка лунная и тень, и тенька атмосферы?» Это же затмение наблюдал и английский астроном Френсис Бейли, который, кроме лунной

стой короны, опалас и «три огромных огненных выступа турпурного цвета». Скорее всего, это были протуберансы, в строении которых большинство ученых окончательно поверило только после затмения 18 июля 1858 года, когда были получены первые фотографии «солнечных выступов».

Места наблюдения, их широта и долгота, продолжительность полной фазы (в минутах и секундах) и высота Солнца над горизонтом в момент максимума:

	Широта	Долгота	Продолжительность	Высота Солнца
Курск	51°42'	36°12'	1:58	39°
Липецк	52°37'	36°35'	2:18	41°
Пенза	53°13'	45°00'	2:18	45°
Казань	56°47'	37°50'	фаза 0:359	35°

В Курске наблюдения проводил талантливый любитель астрономии Ф.А. Савинин вместе с профессором Московского университета Д.М. Державиным. Записки последнего поразило Савинина, что стало стимулом для гражданской исследовательской работы. Он освоил сложные расчеты и в 1856 году составил «Таблицы лунных и солнечных затмений в дунных затмениях с 1742 по 2001 г. по московском меридиане по старому стилю» — первой российской работы такого плана. Трудно представить в век всеобщей компьютеризации, что 150 лет назад Савинин располагал только обычными счетами и чертежными инструментами. Тем не менее, вручную он вычислил элементы 243 лунных и 172 солнечных затмений, видимых в северном полушарии. За этот труд он в числе других был удостоен Золотой медали Русского географического общества, а его таблицы стали первыми русскими таблицами затмения. Подробная инструкция позволяла проводить вычисления любой ла-

таблицы лунных и солнечных затмений

ЛУННЫЕ И СОЛНЕЧНЫЕ ЗАТМЕНИЯ

от 1742 по 2001 год,

по Московскому меридиану, по старому стилю,

составил и издал

Федор Иванович Савинин.



Бетсело астрономик, ушколскому пользоваться циркулем и линейкой, как пишет сам автор.

Давая в своей «Автобиографии» подробное описание этого затмения, Селенюк, в частности, рассказывает о том, как разгневана была на это небесное явление. «Мы сами», — пишет Селенюк, — «были свидетелями довольно солнечного затмения 26 июня 1847 года, наблюдали его вместе с профессором астрономии Московского университета, Е. М. Перемословским в Курск. В восемь часов утра дневной свет начал ослабевать, и казалось, что мы постепенно погружаемся в какой-то необычный редеющий или полупрозрачный туман. Наконец, в три четверти часа, когда должно было достигнуть начала полного затмения, т. е. в 8 час. 25 мин. 17 сек., дневной свет начал, и сделалось тем темно, что мы под открытым небом не могли различить друг друга и лицо и для замечательного времени на протяжении минуты свету. Птицы в этот момент умолкли. Мы ужасли и около минуты долго наблюдали небо.

В этот день в Курск был ветер, на который обратила много внимания. Когда наступил неожиданный зной, то все приняло в себя и улетело и улетело: птицы перестали свои песни и летать и, белые пухом, бежали сами по себе, крик и заны. Простой народ в страхе и боязливости начал не верить, то считали это чудом или дьяком, а другие боялись и молчали.

Свершения явления происходило только в течение минуты, но произошло в течение не только в течение минуты, но и в течение минуты, а именно в течение слабой солнечной вспышки, который достигалось постепенно по направлению к северу, и не более как в три секунды уже стало совсем темным.

Затмение 1847-го года рассмотрено и в рассказе «Божья мушкетер» Н. С. Тургенева, где сам из мальчиков — Пантуша — рассказывает о том, как все в деревне испугались предвещания небесному:

— Да не мы одни. Вдруг-то все, даже и мальчики нам накричали, что, дескать, будет все предвещать, а как заметили, сам, молчали, так перестали, что не-тогда. А по деревням все бибисиряло, так же, как только заметили, слыши, какие да ужасные все звуки слышались в ночь: «Вот мамы есть, говорят, по-старому световоскресительница». Так вот и молчали. А у нас на деревне мамы, бран, сестра любила, что, мол, была мама по имени любима, людей есть будет, слыши мама молчали, а ты и слыши Давиду (сестричка — при этом, которая) увидит.

Следующее затмение в России произошло через 9 лет, в 1851 году, и наблюдалось большим числом наблюдений.

Полное солнечное затмение 1851 года

Полоса полного солнечного затмения 16 июля (28-го июля по новому стилю) 1851 года прошла через северную часть Канады и Гренландию, Скандинавию, Польшу, Украину и Кавказ. Максимальная продолжительность полной фазы составила 3 минуты 41 секунду, а ширина полосы 298 км (южнее Гренландии).

Русские Императорское Географическое общество, Академия наук, некоторые российские университеты отправили наблюдателей в полосу полного затмения. Географическое общество обратилось к церковнослужителям, губернаторам и всем должностным лицам для содействия в организации наблюдений. Члены общества Ф.А. Сомов и А.Н. Самой были направлены в Вобренку Харьковской губернии (120 км севернее Николаева), а Б.Я. Мюллер — в Мухомову Кавказской губернии (150 км юго-западнее Кисловодска, ныне это село Комсомольское Кабардинского района Пятигорской области). В полосу Самойу присоединился Ф.Ф. Демуринский из Санкт-Петербургского университета, а Шнейдер взял с собой студентов, способных сделать точные зарисовки затмения. В Мухомове погода не позволила провести наблюдения, в Вобренке мешали полупрозрачные облака. А вот в Кисловодске (профессор Владимир Велюч) и в Бердикеве (здесь работали М.А. Кемальский и Дюма из Кавказа) погода была благоприятна. В Николаеве директор обсерватории К.Е. Кюппе смог увидеть только начало полной фазы.

Координаты мест наблюдений, продолжительность полной фазы и высота Солнца:

	Широта	Долгота	Продолжительность	Высота Солнца
Лонда, Польша	51°10'	21°00'	3:09	26°
Августов, Польша	51°49'	21°37'	3:30	26°
Милочин	49°43'	28°42'	3:27	21°
Кисло	50°25'	30°30'	1:11	20°
Николаев	46°18'	31°08'	3:06	18°
Вобренка	48°04'	31°09'	3:00	18°
Бердикева	46°48'	36°48'	3:02	15°

для часовой гонимой и в драматичное время увидит из окна спальни люменю й».

Карта полного солнечного затмения 1851 года утвердила за Семёновым славу выдающегося ученого. Профессор Переннаков дал в «Московских вестн» отзыв об этой работе и сравнивал вычисления с работами зарубежных астрономов. При этом он отметил большую точность Семёнова и рекомендовал всем отправляющимся наблюдать затмение 1851 года руководствоваться только его картой.

«Я совершенно уверен, — писал Переннаков, — что астрономы и любители астрономии с удовольствием взглянут на карту, прочитают объяснения к ней и порадуются, что русский человек, почти без пособий и помощи, сделал, так сказать, хвостом одной из высших наук, требующих немалых предварительных знаний — для ее уразумения. Сколько мне известно, такая прекрасная карта выдана в первый раз на русском языке. В английском морском календаре каждый год помещаются подобные карты, но в таком малом размере, что остаются почти бесполезными. Между тем, следуя карте Семёнова, русские астрономы могут заблаговременно принять меры для наблюдения весьма редкого явления».

В 1850 году, после выхода в свет сочинения Семёнова о предстоившем солнечном затмении, Русское географическое общество наградило автора золотой медалью «за особые ученые труды и обширные знания по части астрономии» и ходатайствовало перед правительством о присвоении ему звания почётного иерархического гражданина. Это звание, как знак признательности отечеству одному из замечательных своих сынов, было присуждено Семёнову правительственным указом от 20 апреля 1850 года — в день, когда Фёодору Александровичу исполнилось 56 лет.

После того, как Географическое общество организовало для наблюдения полного солнечного затмения 16 июля 1851 года астрономическую экспедицию под руководством профессора Петербургского университета А. Н. Семёва, Семёнов был приглашён принять участие в экспедиции в качестве его главного помощника.

Семёнов было решено вести наблюдения в Киевской губернии, и Семёнов вычисляет все моменты затмения для избран-

Вместе из школы полного затмения в Русское Географическое общество поступило около 60 отчетов простых наблюдателей. Интерес представляли наблюдения даже таких хороших вые известных ученых, как солнечная корона. До 1851 года российские астрономы наблюдали ее лишь во время — в 1842 г., ранее стандартные задания на затмения не направлялись, и приходилось довольствоваться отчетами иностранных наблюдателей.

Конечно, приоритетное оказалось отчетам более или менее образованных людей, которые представляли об этом рассказ писателя. Посмотрим, например, как описывает солнечную корону в местном Малом предводителе дворянства Херсонского уезда:

«Корона имеет последный дуг самый, но совершенно образуется блестящий пояс. Он уменьшается сильно, дообразуясь к концу дуги в виде лопаты прямой, а стороны ее белые, arco окруживши дугу, но дуга сама, но короткая, перемещивалась без порядка. С внутренней стороны дуги была вид прощелью очерченного круга, а свет от представлялся тем более темнее и густойшим. Друг дуги казался коричнево-зеленым; средняя ширина сияния была более четверти диаметра Луны; сама дуга казалась шире, чем дуга, и дуга ее вообще направлялась в виде дуги кривой. Совершенной темноты, как в безлунную ночь, тогда вместе не произошло, однако темой дуги темной, при солнечном сиянии дуга не была заметна. С появлением луны дуги сияния были почти совершенно». Здесь же было отмечено замечание во время наступившей темноты на небе от 5 до 7 звезд, в том числе планета Венера.

Некоторые наблюдатели отмечали, что видели корону солнечная некоторое время до и после полной фазы. Таким сообщением прислал г-н Дурович из Радомысли Киевской губернии (полная полная фаза), из Житомира (до полной фазы). Это подтверждает и французский ученый Гужон, наблюдавший корону в Дании за 4-5 секунд до полной фазы. Самые невероятные заявления сделал С.В. Струве, который видел корону целых две с половиной минуты после окончания полного затмения! Профессор Киевской духовной академии Усманов наблюдал затмение в Киеве с помощью 15-кратной трубы. Он не удивился тому, что видел корону до начала полной затмения. Дело в том, что в 1842 году в Киеве была фаза 0,999, он видел очень близко

к поясу, но за ее пределами. Там не было, Чехович и тогда на-
звала корону

Коронный рисунок короны сделал губернатор в отставке из
Екатеринбурга. Здесь приводится рисунок О.В. Струве, на
которой корона видна для протуберанца.

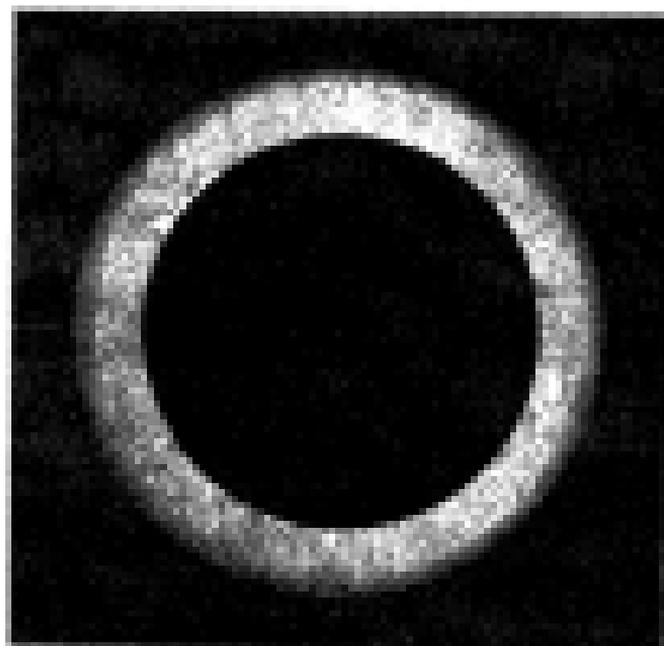


Рисунок солнечной
короны, сделанный
О.В. Струве

Струве сразу после наступления полного затмения увидел
всплошь ряды малых выступов на западном крае Луны, они за-
нимали около 15° окружности, а наибольший из них достигал
высоты $1'$. На восточной части диска тоже имелись выступы,
причем самый большой в виде возмущенного рта имел высоту бо-
лее минуты дуги от края лунного диска. Через 53 секунды Стру-
ве повторно измерил высоты этого рога. Попадая на основа-
нии того, что высота выступа увеличивалась пропорционально
движению Луны, Струве пришел к выводу, что выступы эти
связаны с Солнцем, а не Луной. Это был важный вывод, так
как до времени первого наблюдения протуберанцев шведским
астрономом Лассоудом в Готтнбурге 2 мая 1733 года, их при-
рода оставалась неизвестной.

Надо сказать, что Струве был не единственным наблюдате-
лем, кто заметил протуберанцы во время этого затмения. В
Дании их хорошо отследил Мом, в Кисло — Чехович, в местеч-

во Белой Церкви Киевской губернии протуберанцы наблюдали старший учитель гимназии г-н Вилуе с помощью небольшой трубы Рамдена, в деревне Буцкое Вейденбургского уезда Херсонской губернии — член Русского географического общества *Н.А. Буков* с помощью морской трубы, в Бердичеве — киевской астроном *М.А. Комаровский*.

Важные выводы по результатам затмения смог сделать *С.М. Шнейдер*. Его собственные наблюдения в Милково не удалось из-за погоды, но Шнейдер организовал зарисовки солнечной поверхности в два до и после затмения. Эти зарисовки наглядно показали, что протуберанцы наблюдались южнее активной области на поверхности Солнца.

Замечательный русский маринист *Михаил Александрович* лично наблюдал затмение и написал полотно «Затмение солнца в Феодосии в 1851 году». К сожалению, ровно через 150 лет после его написания (в 2001 году) эта картина была приобретена из Русского географического общества.

Затмения 1842 и 1852 годов позволили впервые напрямую значимость организовали экспедиций в полюсу затмений. Постанову императору тоже удалось новая экспедиция на затмение 18 июля 1880 года в Истанбул. Это была первая организованная экспедиция российских астрономов. Однако в нашей стране мы ограничимся рассказом о затмениях, наблюдавшихся на российской территории, и вернемся к 1887-й год.

ЗАТМЕНИЯ НА РУБЕЖЕ ВЕКОВ: 1887–1914 гг.

*Российские наблюдения 19 августа 1887 года
(7 августа по старому стилю)*

Полоса этого затмения прошла по всей территории России с запада на восток. Тень Луны вступила на Землю на границе с Польшей, затем пронеслась через Прибалтику, прошла севернее Москвы, перешла Урал, Сибирь (города Тобольск, Томск, Красноярск, Иркутск), Забайкалье, Маньчжурию, и покинула Азиатский материк южнее Владивостока, войдя на территорию Японии. Максимальная продолжительность полной фазы составила 3 минуты 50 секунд, а ширина полосы – 120 км (в Забайкалье).



Российские научные учреждения начали были не использовать такой замечательный шанс для всестороннего изучения физики Солнца. За два года до затмения была создана комиссия при Русском физико-химическом обществе (РФХО). Ее возглавил профессор Восточно-сибирянской академии Н. Г. Боден, который сам, несмотря на то, что был юным медиком, начал молекулярную природу полиуритических тел, появившихся в солнечном спектре из-за влияния земной атмосферы.

Общество провело большую подготовительную работу. Экспедиция РГО располагалась вольно, по мере затишья в связи с началом Великой войны, в Тверской губернии, Петровск-Волынский губернии (С. В. Гаганов, М. А. Комарицкий), Вятка, Тверь, Красноярск и бухта Паскель в Приморье.

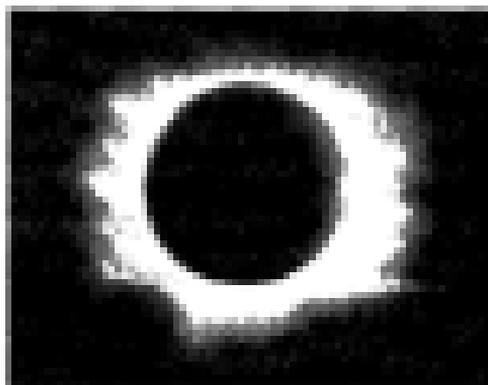
Несколько путешествий экспедицией распределялись вольно по европейской части России, сам О. В. Струве был в Пермь (Восток Тюркки). Москвитин подготовил три экспедиции. Самая представительная из них направилась в Юрьев (в 154 км вверх по Волге от Нижнего Новгорода). Здесь были А. А. Белоголовский, М. К. Дворникова, иностранные ученые Г. Фогель и Д. Ниссен.

У Ф. А. Дреботкина почти на центральной линии затишья оказалась усадьба его жены «Полость» (на берегу Волги напротив города Кинешма), чем он, естественно, не захотел воспользоваться. Третья экспедиция из Москвы направилась в Варшаву (Д. К. Дворский). Экспедиция Казанского университета располагалась в Перми и еще несколько пунктов поблизости.

В европейской части России из-за плохой погоды наблюдения состоялись только в Юрьеве. А. А. Белоголовский получил здесь снимки внутренней короны, а вот внешняя корона не сработалась — условия и здесь были далеки от идеальных. Для фотографирования Белоголовский использовал специально-прифотокамеру с четырьмя различными объективами, просектривавшими изображение на обратную фотопластинку.

Кроме упомянутых уже Фогеля и Ниссена, наблюдавших в Юрьеве, прибыли в другие зарубежные ученые. Американский астроном Чарльз Юм, неупоминяемый наследователь Соллида методом спектрального анализа, прибыл в село Успенское в 8 верстах от Ржева. В Завидове располагалась италянка из частной обсерватории из Милана, Жанеу Мейер из Потсдама, Арберт Трулер из Гринвичской обсерватории, наблюдатели из Парижа.

Многие предполагали, что погода может оказаться неблагоприятной. Поэтому Вензельское общество предложило русскому химику Д. Н. Менделееву провести высотные наблюдения солнечной короны. Этот полет стал первым в истории науки полетом для наблюдения солнечного зенита. На военном волеарном аэростате «Русский» в Клену, несмотря на смертельную после дождя авария, Менделеев поднялся над облачным слоем на высоту 3250 м. Исследователь успел увидеть ко-



Фотография, полученная П. М. Делюшиным 19.08.1887 г. в Красноярске

Перед самым затмением во Красноярске произошла авария, что в момент затмения должно произошло разрушительное землетрясение, подобное случившемуся недалеко до этого (18 мая 1887 года) в городе Верном (ныне Алматы). Утверждалось, что растет живая гора, с которой будут вести наблюдения астрономы. В результате почти весь город собрался вокруг астрономов, так что точно не удалось вырвать рату солдат для наблюдения. В результате, кроме выполнения основной задачи, участникам экспедиции пришлось провести Вальдому просветительскую работу, объясняя причины солнечного затмения.

В Красноярске члены экспедиции квартировали в доме купца П. М. Дрейфа по улице Благовещенской (ныне улица Ленина, 68). Здесь установлена уникальная мемориальная доска в память об этом событии. Среди очевидцев солнечного затмения в тот день находился и известный живописец В. М. Сурков, уроженца Красноярска. Ради такого события он уехал из Москвы на свою малую родину вместе с семьей.

К полудню в Красноярске зима и были претензии, но все же она сильно не помешала наблюдениям. В других сибирских городах была переменная облачность. В Томске в день затмения с утра и вечером шел дождь, но в момент полной фазы облака расступились и дали возможность местным жителям увидеть затмение, а некто Сукин зарисовал корону и сообщил о наблюдении крас-матинкового выступа вместо слеза.

На пути к месту наблюдения солнечного затмения в Красноярске и на обратной дороге Калустин и Пелоя проехали через Томск, где через год открылся первый в Сибири Императорской Томской университет. В 1889 году Калустин по совету



Картина В. К. Сурикова «Вид Красноярск» (1857). Изображение человека на Каргунской горе, от которой и называлась земля. Изображение (той же горы) восточнее горы Каргунки — это участок на 100 рублевой даче. Судьба же суриковских участков сильно изменилась, но крайняя гора, справа. Сначала он продавал участки восточнее площади, но через некоторое время выкупил обратно и держал собственными руками, отделив эту гору от площади

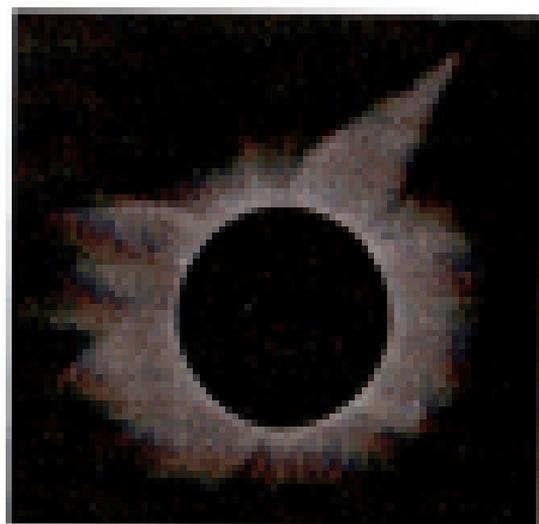
своего дяди — князя Д. Н. Менделеева — привез в Томск и поставил там же городу 20 лет своей жизни. А полученной в 1887 году суммой позволил Катушкину организовать экспедицию в устье Енисея на зимы 1895—96 года. Рассказ об этом — в следующем разделе.

Смерть дядькина 9 августа (28 июля по старому стилю) 1896 года

Полное солнечное затмение 9 августа 1896 года происходило по транзитным местам нашей страны — от острова Новая Земля, через устье Енисея и Восточную Сибирь в южной оконечности Сахалина. Максимальная продолжительность — 2 минуты 43 секунды (на Дальнем Востоке) и ширина тени — 181 км.

Академия наук снарядила экспедицию на Новую Землю (в составе пушкинских астрономов О. А. Боксберг и С. Е. Кастальского, а также А. П. Анисимо и академика Е. Б. Пальфиной). Вторая экспедиция Пулковской обсерватории отправилась на Дальний Восток (в ней приняла участие А. А. Боксбергская,

Ф.Ф. Амурин и А.Р. Фабрицкий. Участники комитета Добровольного флота обеспечили беспрепятственный проезд астронома и перевозку инструментов в местам назначения западной и обратно. Оба экспедиции взаимно удачны. Кастевский на Новой Земле получил фотографии короны, а Вологодский на Дельном Востоке получил фотографии спектра солнечной короны, причем во время лунной окладки. Возможным судить о характере протекания короны.



Фотография, полученная С.К. Вологодским на Новой Земле 22.III.1892 г.

Расказывали более подробно о третьем, или о менее известной, но полной драматизма экспедиции, которая направилась в устье Енисея. Ее возглавлял профессор томского университета Федор Яковлевич Амурин, состоявший родственными узами с двумя знаменитыми учеными. Во-первых, он был племянником знаменитого Д.Н. Мещерякова, во-вторых, его жена была сестрой известнейшего ученого А.С. Попова.

Эта темная экспедиция смогла состояться при поддержке Русского Географического общества. Общество было образовано в 1845 году, существовало на частных пожертвованиях и финансировалось царской фамилией. За год до отплытия в Санкт-Петербурге состоялось объединительное заседание научных обществ, где профессор Н.Г. Воронин, уже имевший опыт организации экспедиций 1857-го года, выложил идею объединения представителей земства. Кроме чисто астрономических целей,

Географическое общество было заинтересовано в изучении такого удаленного и малоизученного района, как устья Енисея. Поэтому общество обратилось к попечителю учебного округа, в ведении которого находился Томский университет, в то время единственный в Сибири.

Вопрос об участии сотрудников университета в такой сложной на то время экспедиции неоднократно обсуждался на заседаниях Совета университета. В физическом кабинете не было достаточно большого количества метеорологических инструментов, в их числе два ртутных барометра, самопишущие приборы Равера (барограф и термограф), психрометр Ассмана и переносной анемометр. Кроме того, имелись дорожный теодолит Пальдебрандта и хронометр среднего времени Эриксона, которые вместе с походным настенным теодолитом Паллаха последней конструкции могли использоваться для наблюдений над элементами земного магнетизма.

Реальная возможность, Капустин сформулировал следующие основные задачи будущей экспедиции:

1. Измерение силы корончатого света в разных частях спектра с помощью спектрофотометра, как подтверждение и более подробно изучение тех результатов, которые были получены во время экспедиции 1887 г. Для этого имеется спектрофотометр Плана и корончатая лампа Алагунова.

2. Наблюдение над изменениями напряженности электрического поля.

3. Наблюдение над быстрыми магнетрическими колебаниями в атмосфере по способу А.С. Попова.

4. Фотографирование короны, находящейся в нашем распоряжении обыкновенной вертлюжковой камерой.

Университет смог выделить на эти цели только 300 рублей из сумм на научные командировки, которых не хватало на организацию самостоятельной экспедиции в устья Енисея, поэтому Капустин параллельно прорабатывал альтернативный вариант. Он мог присоединиться к экспедиции из Санкт-Петербурга, направлявшейся в Сибирь вниз по реке Лена. Летом 7 мая 1896 года, когда Капустин получил дополнительные 600 рублей от Географического общества, решением было принято в пользу самостоятельной экспедиции.

Отсюда из Токко был назначен на 17 мая. Буквально за день до этого были получены из Санкт-Петербурга инструменты для фотографирования солнечной короны. Профессор Егорев направил в Токко 4-х дюймовый (10-см) фотографический объектив Фотозилдера и камеру «Дельта» Кроггера на 12 пластин размером 9 x 12 см. Программу наблюдений пришлось на ходу корректировать и взять с собой все необходимое, включая штативы и слесарные инструменты, чтобы уже на месте собрать объектив с камерой на параллаксической установке.

С Капустинным в экспедицию отправлялись В.М. Гольман и Д.Татариков. Необходимо было торопиться, так как отправленные пароходы из Енисейска, на котором экспедиция была предоставлена бесплатный проезд, был назначен на 25 мая — благо в то время уже действовала железная дорога до Красноярска, а далее ледо было добраться рекой. Прибыл в Енисейск за три дня до отправления парохода, Капустин уточнял пункт назначения, чтобы оказаться как можно ближе к центру полудня. Таким пунктом оказалась деревня М.А. Сивилькова под названием «Пустое», лежащая на правом берегу Енисейской губы, между Яковлевой восток и Постыкиным запад на широте 77°17'.

Путешествие по Енисею заняло 23 дня. По распоряжению директора компании пароходства и торговли А.А. Кушкова, на место наблюдений были доставлены материалы, из которых работником пароходной компании соорудили небольшую бунку. По чашке хлеба один в дальнейшем и жил.

До затмения оставалось больше месяца, но работы было много. Установка и регулировка приборов, определение координат места с помощью теодолита, во главе списка — сборка параллаксической установки, которую удалось собрать и настроить только за три дня до затмения.

За день до затмения погода еще была благоприятна, но к вечеру небо стало затягивать. С утра в день затмения сплошная облачность, северо-восточный ветер порывами достигал 8–10 м/сек. Шансов увидеть корону практически не было. Местонаблюдения продолжались через каждый час еще день после затмения, после чего начались обратные сборы.

На обратном пути пришлось на лодке преодолеть широкую Енисейскую губу, чтобы прибыть к месту отправления парохода. Плавание до Енисейска против течения заняло почти ме-

ств, так что в Томск экспедиция возвратилась только 2 октября, через четыре с половиной месяца после отъезда! Таким образом, весьма сложная для того времени экспедиция к устью Енисея состоялась, хотя основная цель в не была достигнута. Ряд собранных экземпляров был передан в университетской музей.

Эта экспедиция сыграла большую роль в истории радио. Дело в том, что примерно за год до затмения А.С. Попов создал прибор, способный реагировать на грозовые разряды — «грозоотмычки». Этот прибор был получен Капустинским и работал во время экспедиции. Конечно, что до эпохи радиостроения было еще далеко, и он не мог зафиксировать какие-либо сигналы, тем не менее, это была первая известная попытка радиостроения звуковым аппаратом налета-сигнала!

В погоне за лунной пылью.

Михаил Григорьевич Данич

Русский астроном-любитель Н. М. Данич (1874–1936), родом из Кавказа, был достаточно обеспеченным человеком. После окончания университета он не смог устроиться на работу в Пулковскую обсерваторию и решил стать чиновником, чтобы зарабатывать деньги и иметь свободное время для своего увлечения. В промежутках между службой в государственной канцелярии он буквально гонимся за солнечными затмениями, которые наблюдал в разных концах Европы и Азии, при этом осуществлял поездки и закупал оборудование большей частью за свой счет.

Для наблюдения своего первого солнечного затмения 28 мая 1900 г. он отправился в Испанию, через год еще дальше — на остров Суматру (затмение 17 мая 1901). В 1904-м в очередной отъездке в Индонезию для наблюдения кольцеобразного затмения 16 (28) марта Данич вновь сугуб за свой счет дополнительно 1000 рублей выдал ему Ф.А. Бредклин. С Бредклиным Данич был в очень хороших отношениях, тот помогал ему не только материально, но и поддерживал его авторитет в кругу профессиональных астрономов. Благодаря его поддержке, Данич стал членом Астрономического общества, куда не допускалась любитель. А за успешное наблюдение затмения в обществе

присудило Давиду полную пенсию государя на территории в размере 300 руб.



Астрономы М.К. Давид на остров Суматра. Снимок сделан 17 июля 1903 г.

Для наблюдения солнца 4-го затмения (17:30) августа 1903 года Давид возглавил экспедицию Академии наук в Испанию и Египет с целью получить староскопические изображения солнечной короны. Вторая экспедиция — Пулковской обсерватории во главе с А.Н. Геленде — финансировалась отдельно. Она также направлялась в Испанию (деревня Альясабре к северу от Валенсии). Основная задача группы состояла в фотографировании солнечной короны двумя инструментами: 5-дюймовой дальнофокусной камерой (фокус 13,7 м) и бреденхеймским астрографом (отверстие 17 см, фокус 80 см). Обе экспедиции получили фотографии солнечной короны, но стереоскопичность снимков достигнута не была — оказалось, что база снимков мала по сравнению с расстоянием до Солнца.

Пятая — коммеморативная затмение 16/17 апреля 1912 г. — Давид наблюдал в Португалии, шестая — в Фелдосе 21 августа (3 сентября) 1914 г. После революции, уже находясь в эмиграции, Давид наблюдал еще несколько затмений, а в последние годы жизни, когда ему было 80 лет, получил ценные фото-

графини квадрантного света, установившего вилком и планеткой. Кроме этого выделенной им разработал способ спектральных наблюдений гравитационных слоев солнечной атмосферы или дальних, сложившихся для этой цели спектрограф с круглой щелью.

Получил международное признание. Должен был надлежно быть на релативе. Первая большая статья о его жизни, которая посвящена доблестному релативисту, была опубликована на русском языке только в 2004-м году.

«Релативистские» измерения 14 мая (2 мая по старому стилю) 1907 года

Полоса затенения началась на Нижней Волге и, кончившись Каспием, перешла вон Среднюю Азию. Максимум затенения наблюдался в Китае, после чего полоса вернулась на российскую территорию и закончилась на Дальнем Востоке в среднем течении Амура.

Максимальная продолжительность – 2 минуты 23 секунды и ширина тени – 190 км.



Российские астрономы направились в Среднюю Азию (Уралье-Тюбе, ныне Таджикистан, 60 км южнее Ташкента). В экспедиции участвовали: А.А. Беломыслий, А.Н. Гинзбург и др. Поводом релативистские наблюдения и наблюдения по составу.

Вместе с экспедицией в Среднюю Азию отправился гелиограф С.М. Цукерман-Гурский (1863–1941), изобретатель

тель-отпечатывающей частью фотографии. Он впервые научился получать цветные изображения с трех негативов, снятых в разных цветах. Поскольку тогда о цветной фотобумаге не было и речи, изображения можно было получать только на экране с помощью трех проекторов. И даже в наше время эти кадры с необыкновенно реалистичными цветами делал на бумагу.

Прокудин-Горский получил разрешение самого царя фиксировать на фотопластины жизнь государя Российской империи, а специально выделенном ему железнодорожном вагоне он колесил по всей стране. По пути к месту наблюдения снимал на фотографии людей, дворы, природу. Гривенная фотография астронавта-наблюдателя была сделана на месте предполагаемой посадки близ станции Чернышево в горах Тянь-Шаня. У телескопа страна-лицит Белолодская.



Фотография С. М. Прокудина-Горского. Зенитная и Сидниана Лине на площадке ГТФ января 1887 г.

«Важнейшее» движение 21 августа (8 августа по старому стилю) 1914 года

Полная лунная распада надвое Скандинавской полуостров, прошла через Ригу, Минск, Киев, восточную часть Крыма, далее – через Турцию, Иран и Иран. Максимальная ширина волн – 170 км южнее Минска, продолжительность полной фазы – 2 минуты 14 секунд.

Неудалого затмения, в июле 1914 года разгорелась между европейскими державами вылазка в Первую Мировую войну. 1 августа Германия объявила войну России, 3-го числа — Францию, а 17-го русские войска вступили в Восточную Пруссию и стали теснить немцев к Кенигсбергу. Несмотря на столь грозную обстановку, Пулковская обсерватория решила не отменять три свои экспедиции, посвященные и наблюдению затмения.

Экспедиция предназначалась направит в Ригу (С.А. Космогров, Ф.Ф. Витман, М.А. Блаженский, О.А. Кисунь, М.А. Динич), в Киевскую губернию, село Станицы (Г.А. Тихов, П.М. Ванов и др.) и в Феодосию (С.Н. Блаженский, Г.Н. Петровский).

В Станицы наблюдения велели в компании камергера К.П. Грегг, который сам был любителем астрономии и наблюдал затмение с помощью предоставленных ему инструментов. И в Станицы, и в Феодосии полномасштабными наблюдениями занималась обсерватория.

В Риге в день затмения с утра было пасмурно, но в полдень туман поредел. Еще за 7 минут до полной фазы Солнце было в легком облаке, однако за несколько минут до второго контакта небо стало совершенно ясным. Как отметил Витман, яркость короны была несравненно выше, чем при затмении 1856 г. Были получены фотографии короны и сделаны зарисовки.

Экспедиция Астрономического института из Москвы, с участием П.А. Вильяме и С.Н. Блаженко, располагалась близ Феодосии. Средства были получены только на проезд наблюдателей и проезд инструментов и лишь в самой малой степени на оборудование, поэтому пришлось ограничиться небольшим инструментом. Условия для наблюдения были удовлетворительными, однако фотографии получались не слишком удачными.

Экспедиция Харьковской обсерватории располагалась в с. Пачечко, близ залива Сиваш (В.Г. Фелюсов). В Феодосии наблюдения вел Н.М. Динич, для которого это было шестое солнечное затмение. К.Д. Вильяме, прибывший сюда из Одессы и наблюдавший на 4-метровом коронатографе с объективом Кука, получил отличные снимки короны.

ЗАТМЕНИЯ ПЕРИОДА СССР И НОВОЙ РОССИИ: 1927–2006

Наблюдения полных солнечных затмений в СССР начались с затмения 1927 года, полоса которого проходила по Англии, Скандинавии, вдоль побережья Северного Ледовитого океана и по Чукотке. Самые удобные по доступности места находились в Скандинавских странах, сюда и была направлена четыре советских экспедиции. Был получен ряд интересных результатов, в частности *В. Г. Фельдман* определил интегральную яркость короны как 0,4 яркости Луны в полнолуние, а *Г. С. Давыдберг* измерил яркость короны в единицах яркости Солнца – $2,25 \cdot 10^4$, научно распределение яркости в короне.

Большое затмение 19 июля 1936 года

Полоса полной фазы прошла через Красноярский край, юг Западной Сибири (Омск, Томск), Восточную Сибирь (Красноярск, северная оконечность Байкала) и Дальний Восток (Хабаровск), на 7200 км по территории СССР. Максимальная ширина полосы составила в районе Байкала 130 км и продолжительность – 2 минуты 31 секунду.

Подготовка к затмению проводилась с 1934 года под руководством специальной комиссии при Академии наук СССР, работой которой руководил *В. П. Просперович*. Вдоль полосы затмения, от Черного моря до Хабаровска, разместились 38 советских экспедиций (17 астрономических и 11 геофизических), а также 11 иностранных, в общей сложности около 370 астрономов (включая 70 иностранцев). В целом условия погоды в день наблюдения оказались благоприятными, хотя в некоторых пунктах облачность помешала выполнению программы. Неудача постигла наблюдателей близки Красноярска и Хабаровска. Частичная облачность была помехой в Белореченске, Яльцево и Петропавловске.

Пулковская обсерватория направила три экспедиции — в пос. Амбулак, в с. Саре (Оренбургская обл.) и в район Омска. Ими руководили Б.П. Перельманов, Г.А. Рюин и В.А. Балашовский соответственно. Вскоре после затмения, 7 ноября 1906 г., Балашовский булет кристальная и затем распространил — пала зноса ретроградной. Через год оно судьбу повторил и Перельманов, в Троице уполост и булет наблюдать затмения след движени — в 1941 и 1945 годах. В Саре была наблюдени в итальянская экспедиция под руководством профессора Джорджо Аббате, получено 17 снимков.

В Государственный оптико-механический мастерская были изготовлены пять линзаметов с диаметром зеркала 200—300 мм, а в мастерская децентрализованного Астрономического института — шесть стандартных коронографов. Многие изумили себя с изюбой — в сумке получили 50-сантиметров коронографы в корона.

А.А. Михайлов (ГАИИ) в с. Кузнецовско под Владивостокском (Дальний Восток) с помощью сконструированной им специальной камеры получил четыре изображения для определения эффекта Эйнштейна. После затмения инструмент был оставлен на месте наблюдени. В марте 1937 г. Михайлов вновь отправился в дальнюю дорогу и с тем же самым инструментом получил снимки орарионной тел же самых звезд, лучи которых теперь уже не пытались выкрутиться под действием гравитации Солнца. Эффект Эйнштейна привел к смещению линий на $1,3''$, что в 1,5 раза больше, чем предсказывала теория. Однако эти результаты невольно согласовывались с измерениями неостранная астрономов, сделанными в 1918 г. Еще четыре раза, вплоть до затмения 1954 года, Михайлов пытался повторить измерения, но ему ни разу бы удалось не удалось это сделать.



Ключевые спектрограммы солнечной короны получены экспедицией Симытской обсерватории. Спектроскопическая экспедиция (Д.А. Анбарджан, М.А. Козлов и др.) была снабжена четырьмя спектрографами, но, к сожалению, им повезло только. Успешно прошла фотометрическая экспедиция В.В. Медведова из Ленинграда в Красноярский край (в него не участвовал в экспедиции на зыбковом).

В общей сложности получено несколько сот снимков. Профессор С.К. Волосинский на своем коронोगрафе, установленном в селе Каленное под Уралом, сделал девять снимков короны. На снимках профессора Д.В. Мартынова из Казани, начальника экспедиции в Ямало (Карголандинская область), видны Т-В протуберансы, а не три, доступны для невооруженного глаза.

На Камчатке солнечное затмение дало себе знать с совершенно неожиданной стороны — на два с лишним часа полностью прекратилась равновесия полуострова с материком. Отметим также экспедицию К.Н. Степановича, который осуществлял подъем на самолете для наблюдения затмения.

Новосибирцам будет интересно узнать об экспедиции, наблюдавшей затмение в селе Валерово, в 80 км северо-восточнее станции Татарская, поскольку это село через год, 28 сентября 1937 г., вошло в состав вновь образованной Новосибирской области. Здесь располагались экспедиции из Ленинградского географического института и из астрономических обсерваторий Киева и Одессы. В составе двух последних были: директор Одесской обсерватории профессор К.Е. Андреевич (эмигрировал в 1944 г.), астроном Полтавской географической обсерватории Н.А. Яков, астроном Киевской обсерватории М.Н. Думинин. Они привезли с собой серьезное оборудование: 4-метровый коронोगраф с пеллажем, на котором Покровский получил прекрасные фотографии солнечной короны еще во время затмения 1914 года в Феодосии, и двойной астрограф диаметром 153 мм (F=173 см) на параллактической монтировке. Она объектива была изготовлена известным оптиком XIX века (в действительности более известного мордвинского) Т. Куком. Еще один прибор — универсальный инструмент Аскания-Верде — служил для определения координат места наблюдения.



Экспедиция Николая Г.Мельникова в Антарктиду. Мастер-графы И.И.Путянин (справа) и И.В.Ван (слева).

За 2 мин. 17 сек. полной фазы при совершенно ясном небе Покровской получена 6 фотографий на коронографе, Путянин – столько же на двойном астрографе с выдержками от 1 до 12 сек. Особенно хорошо проработались корона на снимках с выдержкой 3-сек – до 4,5 радиусов Солнца, если считать от его края. Нет дефектов на моменты контактов, а также проявилась некоторая темная окраска, особенно по направлению к краям, что свидетельствует о том, что корона, по-видимому, была видна 5-6 радиусов от центра Солнца, по словам Путянина, как ярко горящие звезды – так проявился максимум солнечной активности.

Остается добавить, что *Мельников* через два года после депортации приедет в Новосибирск и 10 лет проработает руководителем кафедры астрономии во вновь образованном Новосибирском институте (НИИГАиК). Подробнее об этом – в разделе «Астрономия в Новосибирске».

«Восточное» затмение 21 сентября 1941 года

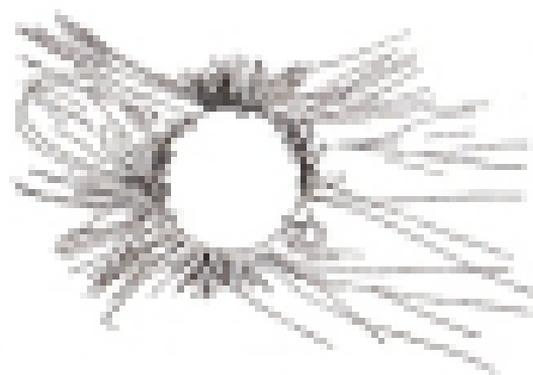
Полоса полной фазы пересекла Среднюю Азию и Китай, и закончилась в Тихом океане. Максимальная ширина – 143 км и продолжительность – 3 минуты 22 секунды.

За два года до затмения была создана комиссия под руководством *В.Г. Фельдмана*. Программа наблюдений первоначально охватила 28 различных учреждений. Однако из-за начавшейся войны в полосе затмения выехало только семь экспедиций: Путянин, ГАНШ, две экспедиции из Ленинграда,



Ташкентской, Абстунжанской и Кашганской обсерваторий. Стационарные исследования фактически проводились дважды, так как после выполнения научной программы им не разрешили вернуться в станцию, куда уже подошел поезд.

Для наблюдений полевая экспедиция расположилась в окрестности Алам-Аты и в городе Каш-Орта. В Алам-Ате были практически хорошие погода, в Каш-Орте — частая облачность. Д.В. Воронин проводил измерения температуры во время частных фаз. Это позволило получить температуру в середине и на край солнечного диска. Р.Н. Сыманская проводила определение абсолютной яркости небесного тела. По многочисленным снимкам удалось изучить динамику появления образований в короне.



Детальная карта Солнца от ННУ 1974

Экспедиция ГАНШ располагалась на «затмевном кольце» – на Кременском плато около Алама-Аты. В.Г. Френкелем с помощью угловой камеры получал с высоты восточной короны. Благодаря проведенной стандартизации были определены значения абсолютной высоты в ряде точек. Выяснилось, что корона до 8 радиусов Солнца была эллиптической с соотношением осей 0,8. Отсутствовала «параллель» короны, на которую указывали американские авторы, – отмечена, она зафиксировала атмосферный ореол. А.А. Мельников, как и в 1936 году, пытался осветить эффект Эйнштейна. Теперь вместо первого часоника он использовал спектрометр с секундным контролем, но он плохо работал, и данные получались в виде черточек – непригодными для коммерции. Р.М. Гарайковский получал спектр короны и атмосферы с целью исследования внешней короны.

В Драмлендсе (восточное Алама-Аты) Г.В. Буромовская для сравнения со снимками, сделанными на стандартном коронографе в Кзыл-Орде, зарисовала структуру внутренней короны. Сделанные ею детальные рисунки короны, ориентированные по хромосферным выступам, позволяла определить, что скорость движений во внутренней короне составляет порядка нескольких км/с.

Труды подготовки по наблюдению этого затмения были опубликованы только после войны – в 1949 году.

Подобное солнечное затмение 9 июля 1945 года

Полоса полной фазы пересекла Гренландию и Скандинавский полуостров, прошла севернее Ленинграда, затем через европейскую часть СССР и закончилась в Казахстане. Максимальная ширина – 91 км и продолжительность – 1 минуту 13 секунд (южная Гренландия).

Несколько экспедиций выехали в Сортавалу, на берег Ладожского озера, где только наступала на территорию СССР и где были наилучшие условия для наблюдений. Экспедиция ГАНШ проводила наблюдения в с. Рыбнакста. Приборы установили на большом школьном дворе: 5-метровый коронограф для исследования структуры короны, спектрограф для фотографирования спектра внешней короны, установку А.А. Мельникова для фотографирования зодиакального поля около Солнца в момент

полной фазы с целью подтверждения эффекта Эйнштейна. Однако, в момент затмения было пасмурно.

Бразильское полное солнечное затмение 20 мая 1947 года

Для наблюдения солнечного затмения 20 мая 1947 года с максимальной продолжительностью 3 мин. 13 сек., полоса полной фазы которого проходила через Южную Америку и Африку, большая группа советских астрономов была направлена на тележеле «Гребенков» к берегам Бразилии. В составе экспедиции были солнечники из Пулково, ГАНШ, ФНАН, ЛГУ, Абастуманской обсерватории. Вблизи города Арана, где погода оказалась наиболее благоприятной, оптические наблюдения не состоялись из-за облачности. А вот радионаблюдения на высоте 1,5 м оказались удачными. Эти радионаблюдения были подготовлены астрономом Н.А. Павловым и выполнены под руководством С.Э. Койвана. Было показано, что в момент полной фазы (радиус Луны на 4% перекрывает радиус Солнца) поток радионейтронной удачи всего на 60%. Это явилось первым экспериментальным доказательством того, что солнечное излучение мюонового диапазона генерируется в солнечной короне.

Среднеазиатское солнечное затмение 25 февраля 1952 года

Полоса полной фазы проходила Африку, Аравийской полуостров, Среднюю Азию, и закончилась в горах Алтая (г. Горно-Алтайск) и Саян. Максимальная ширина – 138 км и продолжительность – 3 минуты 09 секунд.

Экспедиция Грузинской АН под руководством М.А. Виноградава, группа профессора С.Э. Койвана из Физического института им. Лобачевского, экспедиция из ГАНШ под руководством Н.А. Парфимова располагались в Туркменинии на курорте Арчмак с радиостанцией с проводящимся источником, в 130 км от Ашхабада. Впрочем, в это время года курорт бездействовал. Как рассказывает С.М. Павлов (ГАНШ), участники экспедиции прибыли на место в меховой одежде в мару 22-23° за месяц до затмения, но скоро погода поостранлась под пребывание:

заметьно похолодала. С одной стороны возвышались горы Кавказ-Дат, с другой – разстилалась пустыня Кара-Кум. Сильный ветер, достигающий ураганной силы 30–40 м/с, пыль и затем мелкий дождь были настоящим бедствием. К счастью, за день до затмения погода прояснилась, а в день затмения была легкая облачность, не помешавшая наблюдением полной фазы. Е.В. Брусилевским со стандартным 5-метровым коронографом проводилась исследование структуры короны, а И.М. Парийский на небулавном спектрографе снимал спектр короны. Впервые в СССР были получены цветные снимки короны. Сын Павловский так и не смог увидеть корону, поскольку слепнул за хронометром и вылетел из окна.

Заслужили из Пулково, Харькова, Ташкента, Львова, Киева и вторая заслужили Абастуманской обсерваторией были наблюдатели в 4 км юго-западнее поселка Ченли Кзыл-Ординской области в Казахстане. Было получено много снимков короны при совершенно ясном небе. Профессор В.В. Шаронов из Ленинградского университета наблюдал в районе Аму-Дарья – в Питавке (Туртук). А также юго – в горах Кавказ-Дата на высоте 2000 метров в первом селении Нукур, всего в 18 км от Армавира – располагалась сотрудник астрономической лаборатории Института физики АН Туркменистана. Не повезло только членам Московского отделения ВАО и Казанской АН – в Монеты (Казанской ССР), где они располагались, было пасмурно.

Полное солнечное затмение 30 июня 1954 года на Кавказе

Полоса полной фазы пересекла Скандинавский полуостров, Прибалтику (Клайпедо), Белоруссию и Украину (Киев, Донецк, Мариуполь), Ставропольской и Краснодарской края (Армавир, Ставрополь, Пятигорск, Кисловодск), кавказском республике и закончилась в Иране и Афганистане. Максимальная ширина полосы – 152 км и продолжительность – 2 минуты 38 секунд.

Погода в местах расположения основных наблюдателей (Пулковской, Крымской, ГАИШ) не позволила провести наблюдения. Однако в других местах наблюдения состоялись.

По рассказу А. Б. Дюны, экспедиция ГАНШ к наблюдению затмения готовилась в Невинномысове. Основной состав составляли постоянные участники – Е. В. Бураковский с 5-метровым стандартным коронографом, М. Н. Даринский с нобулярическим спектрографом, М. С. Волынский, занимавшийся теоретическую интерпретацию спектра короны и жидкой фазы в третий раз) увидеть свой объект исследования. Среди студентов был Эдвард Коппель, готовившийся наблюдать затмение в первый раз. Изюминкой были только что изготовленные в ГОН и полученные для нового МГУ интерференционно-поляризационные фильтры (ИПФ) на корональные линии. Фильтры должны были дать изображения короны в красной и синей линиях – желтой и красной. На стене павильона, в котором находился коронограф, отчетливо рассматривался Школовский кобальтовый дракон, полярный Солнце. Все было готово к решающему моменту, но «дракона», увы, заменили грозные тучи. В четвертый раз (до этого были попытки в 1941, 1943 и 1947 гг.) А. А. Михайлов не удалось повторить измерения по проверке эффекта Эйнштейна, сделанным ещё в 1936-м.

Знакомые наблюдения в Ейске, курортном городке на берегу Азовского моря, и абрисы него привлекли экспедиции из Ленинградского и Ростовского университетов. Профессор В. В. Даринский пятый раз наблюдал затмение в июле 1954 года! Корона на этот раз имела характерную для минимума солнечной активности форму – она была сильно вытянута и направлена солнечного экватора. Как вспоминает В. М. Рубинин: «Близится солнечное затмение августа 1954 года. Вот душной горой сидела до утренней зыбкости. В желтых тонах хорошо видно, как гористый край Луны приближался к краю Солнца. Он еще виден, этот последний непрерывный световой ореол солнечного диска, и между тем со всех сторон по периметру края Луны уже слышались ласково-розовые плески дифракционных. Вслед за ними появлялись и струи солнечной короны, как бы разламывавшиеся по быстрому темноте луны».

Хороший снимок короны сделал профессор В. Н. Дюнов (Ташкентская астрономическая обсерватория) в в. Алты-Преставь Азербайджанской ССР. Материалы наблюдений двух затмений – 15 февраля 1952 г. и 30 июня 1954 г. – были включены в одною сборнике, вышедшем в 1958 году.

Полное солнечное затмение 13 февраля 1961 г.

Полное солнечное затмение началось своей путь по земной поверхности во Франции, пересекла юго-восточную европейскую страну и вошла на территорию СССР в Крым, затем прошла через города Ростов-на-Дону, Волгоград, Куйбышев, Уфа, Свердловск и закончила путь в районе Норильска. Максимальная продолжительность полной фазы составила 3 минуты 45 секунд, ширина полосы 158 км (в районе Ростов-на-Дону).



Редко бывает, чтобы крупные обсерватории оказались в полосе полного солнечного затмения. Но на этот раз такое случилось – повезло сотрудникам Крымской астрофизической обсерватории. Многие отделения ВАО на протяжении пяти дней с юбилярием располагались в Челябинске, Свердловске – в Нижнем Тагиле, любители астрономии из Башкирии – в Елабужанска. Среди других мест наблюдений – Иркутск, Дзержинск, Сталинград, Казань, Кален, Шахта.

Возле моего западной гривало в Ростов-на-Дону, среди которых ГАИШ (инициально: исследования А.Б. Долово) и ГАО (Пушкино). По словам А.Б. Долово, в день затмения – впервые у нас в стране – пыталась разогнать облака, разбрасывая с самолета сушки угляаслоду. Результатом этих действий

стал сильным мерной свет; продолжавшейся на протяжении всего недлительного затмения! И лавя группа сотрудников, среди которых были М.С. Волынский и Н.В. Демин, поднимавшая на возном самолете выше облачности, получала инфракрасные короны в инфракрасном диапазоне. Для подорования «инфракрасника» вела на борт Марин. «Он — забавник, ему всё равно, у него рука не дрогнет» — сказал Шуглов. Но командиром несколько подпортил дело. Тем не менее, это был единственный результат у всей экспедиции ГАНИ.

Выше солнечное затмение 20 мая 1967 года исследовали ГАНИ наблюдая на острове Стюарта на Курильских островах — к сожалению, неудачно — помешала туман. Лишь один солдат, как вспоминает А.Б. Демин, белом поднялся на высоту, возвышавшуюся над слоем тумана, и сделал сотни кадров облачным фотоматриком.

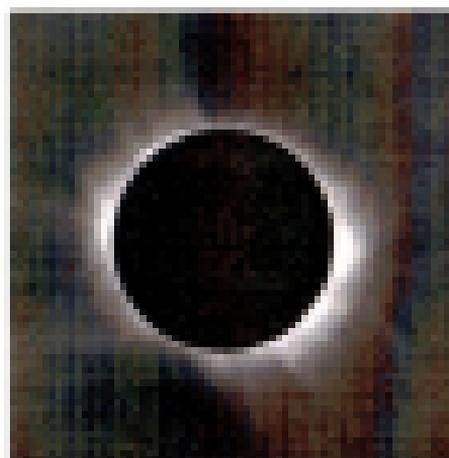
Выше компробанное солнечное затмение 28 мая 1968 года прошла по Африке, Краснодарскому краю, Казахстану и Китаю. Во время затмения диаметры Солнца и Луны были практически равны (относительные диаметры 0,9991), так что максимальная ширина полосы видимости компробанного затмения составляла всего 3 км, а продолжительность компробанной фазы — 5 секунд! Недалеко эти секунды испортила погода — было облачно. Наблюдения в Джубе на берегу Черного моря (30 км южнее Краснодара) смогли провести только радиострономы из Пулково — на облака не пошла...

Главное солнечное затмение 22 сентября 1968 г. на Урале

Полоса полной фазы, стартовав в Каспийском море, пересекла Западную Сибирь и Казахстан и, пройдя севернее Алма-Аты, финишировала в Китае. Максимальная ширина полосы — 104 км и продолжительность — 40 секунд (область Кургана).

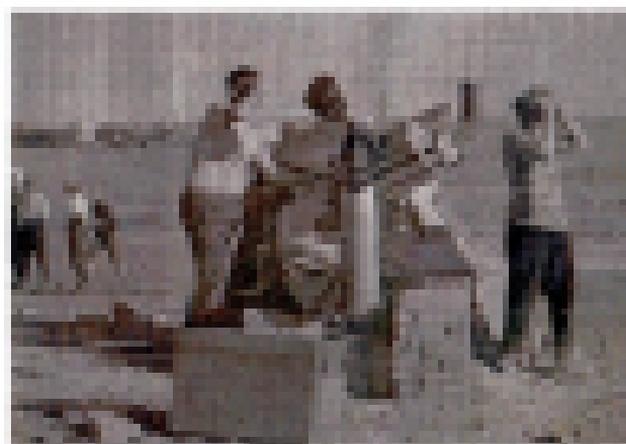
В Юргамыше, 60 км западнее Кургана, полная фаза длилась всего 15 секунд. Наблюдения здесь вели 6 светотехов и 8 зарубежных экспедиций под руководством президента Международной комиссии по исследованию Солнца М.М. Гельмана. Среди иностранных наблюдателей — директор Паркской обсерватории Маркус Айфелер.

Экспедиция ГАНИ наблюдала в поселке Сары-Шапы на берегу озера Балхаш. А.Б. Демин рассказывает, что форма



Снимок солнечной короны, полученный в Арзамасе, Авторы — А.Финюк, В.Варшавский, Ю.Клима, В.Игоревский, Г.Ген.

«Арзамас» предельно тщательно готовил для наблюдения затмение, созданный на фирме рефрактор-кули с Н-линея фильтром. На протяжении с большим трудом бушевало на два дня до затмения телескопы снимали желтую интерференционную картину с тремя волновыми полуронами. Температура все время была 13–15° с сильным ветром, и большинство людей работало в телогрейках. В день затмения температура до +20° и выпала роса, которая в окрестностях площадки оказалась много.



Чувствительная фото

Полное солнечное затмение 11 июля 1978 г. на Чукотке

Полное солнечное затмение началось на Камчатке и Чукотке, затем прошло по Аляске и северу Канады. По южной границе времени дата затмения — 10 июля. Максимальная ширина — 175 км, продолжительность — 1 минута 30 секунд.

ГАНШ и ИЭМБРАН отправили экспедицию на Чукотку Е.А. Макарова и А.Б. Давыд на ГАНШ привезли свой двойной

рефрактор с объективом Фабри-Перо. И.В. Мясоед – установка с раздвоенным фильтром. Как вспоминает А.В. Давоин, готовили на площадке, часть площадки и в поле парашютом, поэтому часто приходилось прибегать к помощи палочной дачки. Почти все время было светло и довольно холодно ($+0-3^{\circ}$), но мало. Восьмью часами прелели в оглево «пачканы» большие льдинки-теросы. Обладки на головках киты, обернутые полиэтиленом для защиты от ветра. В день затенения внезапно стало тепло ($+14^{\circ}$) и снизилась громадная влажность воздуха – над колонкой висела тонкая обложка! Но с наступлением затенения сурьеры, комары соли на землю, чтобы потом вновь заполнить собой всё, в том числе и парашюти с сумом. Наблюдательная программа была выполнена.

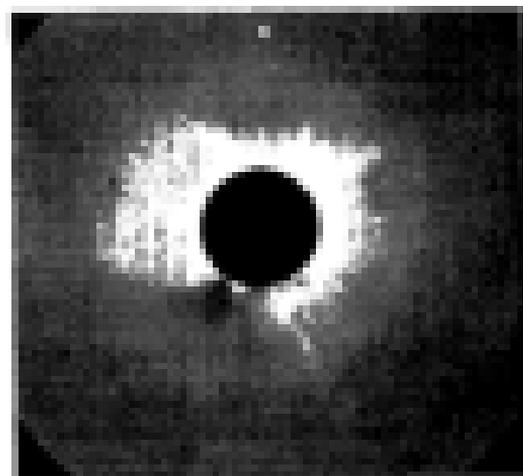
Полное солнечное затмение 21 июля 1982 г.

Полное видимость полного солнечного затенения 21 июля 1982 г. пересекла с запада на восток всю территорию Советского Союза от Северного Кавказа до Курильских островов. Ширина полосы была наибольшей, максимальное значение на Дальнем Востоке – более 100 км.



Еще в 1978 г. была утверждена комиссия ВАО во главе с В.А. Бронкатиным, а также комитет АН СССР по подготовке к наблюдению затмения. Поначалу планов была только в пределах нашей страны, но спустя год Тихого океана, зная на практике в наблюдении уже с 1978 года начала появляться многочисленные иностранные экспедиции и туристические группы. Была достигнута договоренность с Интуристом о порядке приема и устройстве этих групп. Главная трудность состояла в том, чтобы привлечь и разместить около тысячи иностранных наблюдателей из двух десятков стран (такого количества наблюдателей солнечного затмения Советский Союз не принимал ни разу). И все же задача была решена, и все зарубежные гости были довольны. Самая большая группа, около 350 человек (!), наблюдала затмение в Тарне (далеко от Британки), было 300 человек – в Дунинско-Кулинском Каменковской области, около 100 человек – под Целиноградом. К счастью, ни в одном из пунктов, где затмение наблюдали наши зарубежные гости, погоды не испортили впечатлений от этого редкого явления.

Из статьи В.А. Бронкатины известно, что экспедиция ВАО организована в общей сложности 25 экспедиций в полосу полной фазы (больше, чем все остальные астрономические учреждения). Конечно, обиднее было трудно координировать во спе-



Корона, сфотографированная С. Дюном (S. Duhon, Институт астрофизики, Франция) в Каласко-на-Дальмарке 30 сек. Глобальный фильм

циальными учреждениями по разнообразию и совершенству аппаратуры. Это было получено много хороших фотографий солнечной короны и протуберанцев. По заказу ВАО сняты две кинофильма с помощью киноаппаратами, проведены наблюдения затмения с помощью (Московское отделение ВАО).

Солнечная корона была типа максимума и ее структура очень напоминала корону 19 июня 1936 года: в

ной было так же много лучей, расходящихся в разные стороны, в их основании находились ионные протуберанцы, один из которых занимал не менее 30 градусов по диаметру дуги. Сравненно снимков, полученных в самом западном пункте наблюдений (Кульсары Турьинской области) и в одном из восточных (с. Марьяновское Хабаровского края), показывал, что за 95 минут, пока дугная тень проходила расстояние между этими пунктами, в структуре короны произошли заметные изменения.

В пос. Кульсары Турьинской области Казахстана, где был самый западный пункт наблюдений, выехали экспедиции из Горького, Владимира, Волгограда и Москвы. Все они успешно работали. Другие места равноденствия отделения ВАО в Казахстане: Ардылак и Амантолы Тургайской области, пос. Шортанды (60 км севернее Целинограда), Байгунур Павлодарской области.

В Шортанды находился патриарх советских солнечников *Н. В. Перельман*. Ему было уже 81 год и он не ставил перед собой научных задач, наслаждаясь самим процессом наблюдений. Свои первые попытки он пытался наблюдать еще в 1936 году, но тогда было пасмурно. Не повезло ему и в 1945-м, и в 1947-м, и в 1954-м, и в 1961-м годах. Успешные наблюдения удалось провести только в 1941-м и 1953-м годах.

В Байгунуре находились экспедиция ряда научных институтов Академии наук СССР, а также зарубежные экспедиции. Сотрудники БАНШ здесь же снимали корону с радiallyм фильтром и получали лучи на расстоянии до четырех радиусов Солнца.

В пос. Караголь Павлодарской области находились основные экспедиции Московского отделения ВАО (начальник *В. М. Чуров*, научный руководитель *М. М. Давыд*). На основном приборе экспедиции – пятиметровом стандартном короннографе – получено несколько снимков солнечной короны и протуберанцев, проведены фотометрия неба и зариного кольца. Калосфертер *А. А. Мильман* снял катионы в зигментах.

Город Кемель-на-Оби Новосибирской области был первым пунктом, где погода в этот день была пасмурной, поэтому выехавшая туда экспедиция из Латвии потерпела неудачу. Зато в других пунктах Новосибирской области погода была ясной и метеонаблюдения сменявшиеся схода экспедиции и группы охоты в полной мере наслаждались зигментами. Этим они во

многом обладала члену комиссии ВАО Е.М. Карпова из Новосибирска.

В с. Черепаново (30 км южнее Новосибирска) при сильной коронной погоде наблюдали затмение астрономы из Днепропетровска и шведская секция Новосибирского отделения (J.J. Svedrup). Кроме организованных групп в Черепановской район приехали многочисленные любители с телескопами, фотоаппаратами и телесьюшками, чтобы рассмотреть для себя это редкое явление природы. Среди них был и автор этой книги.

В пос. Майском близ Черепаново расположились наблюдатели из Алма-Аты, Узбекистана и Донска. Рядом с ними в пос. Насра успешно поработали астрономы из Смоленска. А еще на 13 км южнее, в с. Белозерово была легкая обсерватория. Экспедиции Крымского, Московского, Одесского, Запорожского и Новосибирского отделений смогли сфотографировать корону в просветах облаков.

В Ленинско-Кузнецком успешно провели фотографирование короны экспедиции из Узбекистана и Ленинграда. Там же наблюдали затмение большая группа зарубежных любителей астрономии.

Наблюдатели из Томска под-облаком руководством М.П. Фисел работали в Ленинско-Кузнецком районе. Была проведена уточнение границ волосок полной фазы, фотографирование короны и протуберанцев. Во время полной фазы удалось заметить серебристые облака (их заметили и в некоторых других местах).

Большая экспедиция из Латвии успешно отработала в пос. Кольцово Красноярского края. Всего на 50 км восточнее, в с. Новоселово, экспедиция из Ярославля и Красноярска, а также группу астрономов из Москвы и Запорожья постигла неудача – там шел проливной дождь.

Но еще 230 км восточнее – в с. Партизанском Красноярского края – светило Солнце, и экспедиция Свердловского отделения ВАО оказалась успеш. С помощью спектрографа получены спектры хромосферы и внутренней короны. Получены также снимки короны со светофильтрами, в области лучей и через поляризаторы – для определения ее поляризации, снят кинофильм о затмении.

В с. Тайшет Иркутской области во время затмения была сплошная облачность, и находившиеся там экспедиция Иркут-

ского отделения под руководством К.С. Малеуновой потерпела неудачу. А вот на 200 км восточнее, в пос. Терма под Бритским успешно провели наблюдения зарубежные наблюдатели (около 150 чел.), а также исследованы ряд советских научных учреждений (ИЗМИРАН, СибИЗМИР СО АН СССР, Астрономическая обсерватория). Сюда же наблюдать затмение приехали многие советские ученые (академик Л.М. Ларин, профессор М.В. Мель, В.А. Бронштейн и др.). Летная погода верными облакам не позволила наблюдать и фотографировать солнечную корону.

В г. Нижнеангарске (Бурятская АССР) успешно провели наблюдения астрономы из Казани. Проведено фотографирование короны на В-метровом горизонтальном коронографе, определены моменты контактов, велось фотографирование окрестностей Солнца англоугольной камерой с целью поиска комет. В определенном границе полосы голубой фазы приняла участие группа наблюдателей из Вилковского отделения ВАО. В Нижнеангарске работала также вторая экспедиция Иркутского отделения ВАО под руководством А.Н. Золарова. На ст. Великая Амурской области экспедиция Московского отделения успешно провела фотографирование короны и окрестности затмения.

В пос. Марьяновке Хабаровского края, расположенной в долине течения Амура, располагались основные исследователи ГАНШ. Приборы и оборудование установлены на высоком холме над рекой. Группа, возглавляемая Л.В. Козловым, состояла из 6 человек. При помощи большого объектива и ридж-фильтра было получено изображение солнечной короны до 2 радиусов Солнца в фазе света. Вместе с астрономами на затмение приехала камера из МГУ, снимавшая отличной четкостью фазы «Корона на 2 минуты». С утра, в день затмения каляк дождя и небо было в рваных тучах, появились мысли вызвать вертолет и на нем лететь во-первых затмения «до чистого неба». К счастью, к началу четкой фазы облака почти рассеялись и наблюдения состоялись.

Недалеко от Марьяновки успешно наблюдали затмение четыре наблюдателя из ГДР, которым помогли члены Хабаровского отделения ВАО. Самым восточным пунктом наблюдений экспедиции ВАО был пос. Воскресенская Славянской области, где экспедиция Славянского отделения ВАО провела

да фото- и кинокамеру затмения. Тут же работали экспедиция и научная парадная из Москвы, Омска, Киева, Тбилиси.

Таким образом, ВАО и его спонсоры провели большую работу по подготовке и проведению наблюдения этого затмения, вытиская сборники с результатами наблюдений.

Последнее затмение в СССР — 22 июля 1990 г.

Полоса прошла от Фиделии к северу: Ленаграда, заняв тогда полную освещенность Кольского полуострова, затем во Белом море и через Соловецкие острова, перешла полную освещенность Новой Земли, полуостров Таймыр, южные течения Колымы и север Магаданской области, чтобы закончиться в районе Алеутских островов — очень близко к границе 1927 г.

По словам Э.В. Калачова, наибольшее число экспедиций, любительских и туристских групп сосредоточивались в трех местах: в районах Беломорска и Кома, поселка Черской в Якутии и поселка Маргола в Магаданской области. В числе наблюдателей из Сибири была экспедиция Иркутского астролюбительского общества Э.Г. Зуев. Протянутой полосы затмения оказались крайне неблагоприятными. На западе, в районе Белого моря наблюдали разрывы в облаках была, но вскоре после выхода Солнца восточная часть неба затянулась облаками. На востоке наоборот за несколько дней до затмения сплошная многоручная облачность достигла высот 10 км. Только на крайнем затмении появились признаки космоидов «овал» в районе г. Маргола. И действительно, только в этом месте появи-

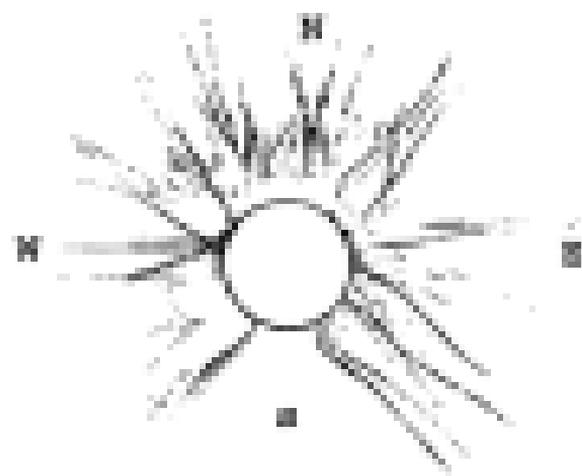


Рисунок солнечной короны, сделанный во время полного солнечного затмения 22 июля 1990 г. Наблюдение любительским фотоаппаратом

лась возможность наблюдать затмение в разрыве облаков. Повсюду наблюдали из ГАИШ, Казань, Львов и Одесса.

Наиболее эффективным снимок солнечной короны с радиальным светофильтром сделали *И. М. Дюбинко* в его коллеги из Казань в рамках международной программы. Целью этой программы было исследовать все выбросы коронального вещества, что можно было обнаружить, если сравнить между собой несколько таких снимков, полученных на одинаковых приборах в разных местах полета. Но, к сожалению, ввиду других мест наблюдений не удалось.

Другим важным результатом стали серии фотографий солнечной короны, полученная через спиральный прибор высокой разрешающей силы — эталон Фабри-Перо. Этот прибор представляет собой два высококачественных параллельных плоских зеркала, которые позволяют получить множество параллельных лучей в ватонс — систему волн равного наклона. Каждое кольцо соответствует определенной спектральной линии. Тщательные измерения толщиной волн позволяют получить профиль спектральной линии в тех местах изображения короны, где наклонилась кольца. Это исследование, выполнявшееся на многих предметах затмениях, позволило установить наличие скоростей в короне, превосходящих со скоростью 30–60 км/с.

Экспедиция ГАИШ привезла две установки: *Е. В. Корынов* и *М. Г. Бондарев* работали с радиальным фильтром на малом АПШ, *А. Б. Дельне*, *Е. А. Макаров* и *Г. В. Жуков* — на двойном рефракторе с эталонами Фабри-Перо. Наблюдатели запланировали сделать несколько экспозиций, снимая интерференционную картину по изображению короны. Было определено, сколько оборотов по словению надо сделать микрометрическим винтом во время полной фазы, чтобы получить нужный снимок интерференционной картины по короне для увеличения числа мест, для которых можно будет получить профиль спектральной линии. Оговорили, во главе с *Н. Б. Дельне*, попытка установить точную параллаксическую головку и ватонс загружать не обратно в ватонс. В результате получила хорошей наблюдательный материал.

По воспоминаниям *А. Б. Дельне*, аппаратура была установлена во дворе школы, в одном из классов которой была астрономия. Маршрут — двигаться ксе место. Это своеобразный опыт

надаль реки Андара, лежащий в горах вверной около двух километров восточной меридиан. Тут растут большие деревья – ивы и тополя. А рядом, уже в тундре, была масса мошки. В поселке местный человек создал интересный музей оленеводской и древостенной камной, найденных в этом районе.

А вот в Черском густая облачность не позволила провести наблюдения. Перед непрерывным дождем все была бесконечны. Надеждами, что здесь кроме москвичей (САНШ, ИСМИРРАН), были ученые из Абастумана, Кисля, Харькова, Омска, Нижнего Новгорода, а также любительские и туристические группы из США, Франции, Германии, Нидерландов, Чехословакия и Японии.

На помощь пришли авиаторы, мобилизованные все находясь у них транспортные средства: самолеты Ан-26 и Ю-14 и вертолеты. К сожалению, вертолеты не смогли пробить многокилометровую толщу облаков (высота облачности была более 6 км). Пройти этот барьер смогли четыре самолета, которые, падая в высоту все – и профессионалов, и любителей, – достигли высоты, где небо было абсолютно чистым. На одном из самолетов находился астроном Давид Габя. Поскольку Солнце стояло сравнительно высоко над горизонтом, пришлось лечь на пол самолета для пригнать самые пригнанные воды, чтобы увидеть корону через календары. При этом аппаратура, на подготовку и установку которой ушли годы, осталась не использованной на Земле.

Только один из вертолетов, на борту которого находился экспедиция Абастуманской обсерватории, смог найти разрыв в облаках, и ученые смогли выполнить часть своей программы. А экспедиция ИСМИРАН и чехословацкие астрономы, летевшие на одном самолете, смогли сфотографировать спектр солнечной атмосферы во время затмения.

Солнечные затмения в новой России: 1997, 1999, 2006 гг.

Полное затмение 12 июля 1998 года было наследием, которое наблюдали астрономы восточной страны – СССР. К тому времени, когда лунная тень в очередной раз вступила на во-

верность Земли, такой страны на карте уж не существовало. Более того, перестройка изменила сам облик жизни новой России во многом и астронавтом — организовать масштабные экспедиции, разработать новые исследовательские инструменты и просто заниматься наукой в новых условиях смогли далеко не все. Ряд научных учреждений был реорганизован (закрит), почти все потеряли способность сотрудничать, вынужденные зарабатывать на жизнь другими способами, даже сама астрономия была исключена из школьной программы. К тому же, появились конкуренты со стороны новых космических аппаратов, которые независимо от погоды и не дожидаясь реалки солнечных затмений, могут теперь непрерывно держать наше светило под прицелом своих объективов. Но у людей осталась самое ценное — эмоциональное восприятие и восторг от наблюдений — этого не заменить ничем! А потому история наблюдений солнечных затмений продолжается.

Полное солнечное затмение 9 марта 1997 г.

Полное солнечное затмение 9 марта 1997 года началось на Аляске, затем полоса тьмы шириной от 200 км в начале и до 356 км в середине достигла южной оконечности Байкала, пробежала по Бурятии, Читинской области и Республике Саха. Максимальная продолжительность полной фазы достигла 2 минуты 30 секунд.

Наблюдения проводили на всех температурах и вереницах облачности. Так в Чите, где присутствовал наблюдатель из Екатеринбургa, с утра была сплошная облачность, которая рассеялась к началу затмения. Экспедиция Красноярского двора пилеров под руководством С.В. Карина выбрала для наблюдений Шалку — небольшой город в 240 км востоке Читы. Их встретил 20–25-градусный мороз, но зато абсолютно прозрачная небо. Облака появились только после затмения.

Из Иркутска экспедиция Института солнечной Земли РАН под руководством заместителя директора института, в будущем члена-корреспондента РАН В.М. Гранкина, взяла целый железнодорожный вагон, который достиг станции Ерофей Павлович, был отцеплен и установлен в тундре. К вагону подключили добровольцев местных властей было проведено

электрониками, здесь и продолжали жить участники экспедиции. В составе наблюдателей были гости из чешского обсерваторий Одройилов и Уиндас, а также группа школьников из Иркутского астроцентра, руководимого А.Г. Дюжиным. Последним использовался для наблюдений единственный в России самодельный телескоп системы Шмидта-Кассегрена с апертурой 130 мм, изготовленный в клубе. Последняя доводка нового телескопа закончилась буквально за несколько часов до отправления поезда...

Наблюдательная площадка была расположена прямо возле автобуса. Во время затмения небо было ясным. Двадцатипятиградусной жарой и холодный ветер не позволяли Иркутской команде получить хорошие фотографии с радiallyм фильтром.

Сотрудники ГАИШ были включены в состав международной экспедиции, состав которой составляли ученые ИЗМИРАН и elsewhere. Были получены интерферограммы красной и зеленой корональных линий и линии H-альфа, но предположение, которое они должны были доказать, оказалось неверным. Как вспоминает А.Б. Дюжин, заранее подготовленные фотоаппараты «Зенит-19» из-за сильного мороза (-25°) отказывались – задела затвор, не «гнулась» пленка. Их трясло флюидом, но всю программу выполнять так и не удалось. В направлении на Солнце небо было ясным, а через час после затмения небо затянулось облака. Где-то удалось сделать контрольные снимки для стандартизации результатов.

Полное солнечное затмение 11 августа 1999 г.

Полоса последнего в XX веке полного солнечного затмения пересекла Европу, Турцию, арабские страны и закончила свой путь на земной поверхности в Индии. Максимальная ширина тени составила 112 км, продолжительность полной фазы 2 минуты 20 секунд. На территорию России полоса полной фазы не попадала. Российские астрономы удобнее всего было организовать экспедицию в Турцию и Болгарию.

Как вспоминает А.Б. Дюжин, автобус с сотрудниками ГАИШ, МГУ, МВТУ и ребятами из Московского дворца пионеров отправился в Казань-Бург (Болгария). Все ехало большей частью на собственные средства. По приезде наблюдался расположи-

лись по дворе полуразрушенной бывшей школы вместе с на-Блюдецкими из Украины, Польши и Германии. Отсюда весь мироместитель Ева Козурова – представительница Варшавского астрономического общества. На выделенную площадь был проведен свет, для подготовки стекла палаток на платке. На-Блюдецкие не упускали возможность «болеть на море» купаться.

С целью определения выводов изучения скоростей в короне (на 120 км/с) группой Э.В. Козурова была создана модернизи-рованная установка на основе спектро Фабри-Пера, работающей в режиме фанера. Модернизация позволила улучшить точность и увеличить выделение по длине волны. В результате были полу-чены фотоспектры в линии 5300 ангстрем и ее спуты красн, отличающиеся по интенсивности из-за свет выделение скоростей.

А.Б.Девон с коллегами получала хорошие интерференграм-мы в линиях H-альфа водорода, K кальция в линии 5300 ан-гстрем. Снимки в линии 6374 ангстрем не получались, т.е. был логотип у фотоспектрала «Девон-Н». Максимально обогатившая интерференционная установка выделена в себе обычное щелью рефлектора, расположенная горизонтально, и выделена без дополнительного зеркала. На одной его оси располагалась для спектрометра зеркало и вращатель часовой от астрономичес-кого с выделением на 40 минут. На интерференграммах H-альфа и K, кроме колец от протуберанцев, было, в короне (там, где уже нет протуберанцев), были видны слабые кольца – область «сол-нечной» короны. После обработки данные были определены температуры этой области ($\sim 10^6$ – 10^7 K) и выделены поле перед выделением (120 км/с).



Линзовый спектрометр,
использованный для изучения H-альфа
и K-линии 1994 г.

Большая группа любителей астрономии из Москвы наблюдала затмение в Болгарии в составе экспедиции журнала «Звездный». А.К. Ковырин (ГАИШ) совместно с А.О. Айферным получили многократные кадры, которые послужили основой и в качестве карты с высокой проработкой деталей.

Экспедиция Института солнечно-земной физики из Иркутска под руководством Р.Т. Саламатидина наблюдала в Болгарии, располагавшаяся прямо на плоской крыше отеля. Утром в день затмения погода была идеальной, но перед самым началом появления Солнца закрыло облаком... Корона и даже малюсенькие проуфоры были видны сквозь облако, но на фотографии ничего не получалось. Среди участников экспедиции был и научный редактор этой книги С.А. Яков.

Полоса солнечной тени длиной 29 мильна 2006 г.

Первое для России затмение XXI века началось в Атлантическом океане. Затем полоса полной фазы пересекла Африку и Турцию и вступила на территорию России на северо-Кавказе. Мимома Кавказом, затмение закончилось на Алтае. Максимальная продолжительность полной фазы достигала 4 минуты 06 секунд, а ширина полосы – 180 км (в Африке).

Полоса затмения проходила через Красноволок, чем, конечно же, воспользовались спидваксты находившейся там Горной солнечной станции Пулковской обсерватории. Основным же пунктом наблюдений стала обсерватория на пике Терскол (высота 1190 м над уровнем моря) и поселок Терскол (0 м высоты 2006 м).

Основными наблюдателями стали участники российско-монгольской экспедиции под руководством директора Астрономической обсерватории Иркутского государственного С.А. Якова, научного редактора этой книги. Проблема заключалась в том, что дорога из поселка до обсерватории была известна своим светом глубиной до 3-х метров. Все оборудование (мониторинг, для нефокусных объектов, камеры и телескоп Шмидта-Кассегрена) нужно было везти в рюкзаках на высоту более 1000 м. Наиболее интересные материалы – серия снимков с прищипываемой поляризационной накладкой – удалось получить В.С. Пидурму и С.А. Ожельный на пикете Четет на высоте 1200 м, находившуюся напротив пункта Терскол че-

ред ушаты. Минутальные снимальники выполняли коммерция парижской школы ультрафиолетового излучения Солнца во время затмения, сделали снимки с желтым и красным фильтрами. В общей сложности получено несколько десятков снимков. По-своему работали сотрудники Института астрономии ИГиСАН, а также студенты-астрономы из Клема и ГАНЦ.

Было отмечено, что, несмотря на ядовитый запах газа, звезды во время полной фазы проступали на фоне неба. По словам С.А. Жана, корона была довольно яркой, зарыве когда оплывало удивительным желто-лиловым светом, на фоне которого были прекрасно видны острые контуры Большого Капачинского дребфа. Корона имела вид, отличающийся для этого явления, — наблюдались множественные дуги на разных широтах, вместе сходящиеся в одного в районе экватора.

Ученые ГАНЦ из Москвы работали в Турани в поселке Клар на берегу Средиземного моря под руководством известного солнечника Я.А. Комарова. Было получено множество снимков, которые позднее были обработаны В.К. Любарским по его оригинальной технологии в единую картину. На результатах интерферометричного снимка корона просматривалась до 12 радиусов Солнца, и видны звезды до 9-й величины! Материалы этой экспедиции были опубликованы в журнале «Восток Солнца» №3 за 2008 г. Фото короны приведено в главе «Лубарские наблюдения», здесь показана панорама, также собранная из многих снимков.



Коронный эффект дробина. 29 января 2009 года, сделанный в Турани в поселке Клар на берегу Средиземного моря. Любарский, Комаров и другие (www.lubarsky.net)

НОВОСИБИРСК – СТОЛИЦА ЗАТМЕНИЯ 1 АВГУСТА 2008 ГОДА

Полоса затмения 1 августа 2008 года проходит по столице края при федеральных образованиях – Новосибирской области, Алтайском крае и Республике Алтай. В каждом из главных городов этих регионов – Новосибирске, Барнауле и Горно-Алтайске по-своему готовятся к предстоящему событию. Автор, однако, вынужден врать: здесь локальный теледиректор (который уже был явно виден в главе «Выбор площадки») и рассказать только о своем родном городе, задано возведя его в ранг «Столицы затмения».

Астрономия в Новосибирске

Первая астрономическая обсерватория в Новосибирске (так город назывался до революции), существовала в реальном смысле в 1912 году. По некоторым данным там, под 4-метровым куполом, был установлен 5" (125-мм) телескоп-рефрактор.



М.М. Зай (1895-1933)

Астрономия в Новосибирске получила новый импульс к развитию в 1930-е годы, когда молодой и быстро растущий город называли «советским Чикаго». Чикагоность населения в те годы благодаря бурному развитию города увеличивалась на 10% в год и уже к концу 30-х годов достигла 400 тыс. человек. В 1934 году при Сибирском инженерно-строительном институте (СибСТРИИ) был создан астрономический факультет, в 1939 году выделенный в отдельный институт –

Новосибирский институт вальдеров геодезии, аэрофотограмметрии и картографии (НИИГАиК, ныне — Новосибирская государственная геодезическая академия — СГГА).

Заместителем директора, профессором и заведующим кафедрой астрономии и геодезии был назначен прибывший после работы в Пулковской, Николаевской и Поттсдамской обсерваториях Иван Иванович Яков. В НИИГАиКе он организовал Студенческую команду, активно занимался составлением учебных кабинетов астрономии и геодезии. Им был изобретен и изготовлен так называемый «валкограф» — аналоговый механический прибор, востребовывавшийся широко приращением полета по поверхности Земли. В то время он одновременно работал над своей докторской диссертацией «Влияние космических лучей на движение земного валкогра». В 1942 году И.И.Яков возглавил Туруханско-Енисейскую астрономическую экспедицию. Отработывались методики астрономических определений широты, долготы и азимута в условиях северных районов. Эти работы вошли в интересы армии. Любовь И.И.Якова к астрономии была настолько велика, что своих детей он назвал астрономическими именами: сына — Арктуру (название звезды альфы Волопаса), а дочь — Гаммой (название звезды альфы Северной Карды).

Тяжелые удары судьбы заставили И.И.Якова покинуть Новосибирск в 1948 году. Выяснилось, что в недавние и революционные годы он состоял в партии эсеров, поэтому не была утверждена его докторская диссертация, сам он был уволен с работы и даже выселен из квартиры. Дальнейшая астрономическая деятельность своего Ивана Наумовича, затем его сына, известного астрономиста Артура Ивановича и теперь уже внука, племянника Сергея Артуровича, продолжили астрономическую династию Яковых, происходила в Иркутске.

Кафедра астрономии и геодезии в СГГА существует и по настоящее время, здесь выполнено много государственных работ и практических наблюдений. На крыше лабораторного корпуса СГГА построена наблюдательная площадка, где в 1970-80-е годы активно работали станции фотографических и визуальных наблюдений искусственным спутником Земли, здесь проходят обучение будущие астрономы-геодезисты. Для более эффективного обучения в одной из аудиторий был оборудован

небольшой планетарий, вместимостью около 30 человек. Двери планетария открыты и для парочек, когда таковых все интересует астрономией.

Что касается любительской астрономии, в советское время точкой отсчета можно считать деятельность Степановича Сергеевича Войнова. В 1962 г. он организовал астрономическую лабораторию при Областной станции связи техникумов, через год построил обсерваторию, а в 1964-м переехал работать в Клуб связи техникумов (КЮТ) в Академгородке. Прежде Войнов успел работать на Всероссийской дальнообсерватории в Орленке, а в КЮТ'е его сменил А.И. Караченко.

Стоит сказать, что в 60-х годах активно изучался астроклимат в районе Академгородка — предполагалось разместить здесь большую обсерваторию. Как вспоминает Л.Л. Сиворух, работавший здесь астроном измеренно давал положительные отчеты. По ним выходило, что здесь чуть ли не идеальное место для такой обсерватории. Эти «сведения» о прозрачности атмосферы в количестве в 300 солнечных дней в году попали на страницы газеты, благодаря чему этот миф время от времени всплывает до сих пор. В конце-концов этого «астронома» сменил специалист в области астроклимата М.А. Дарчин, который до этого участвовал в конкурсе по выбору места для 6-метрового рефлектора ВТА Специальной астрофизической обсерватории АН СССР. Вскоре выяснилось, что место для строительства серьезной обсерватории совершенно не годится и исследования свернула.

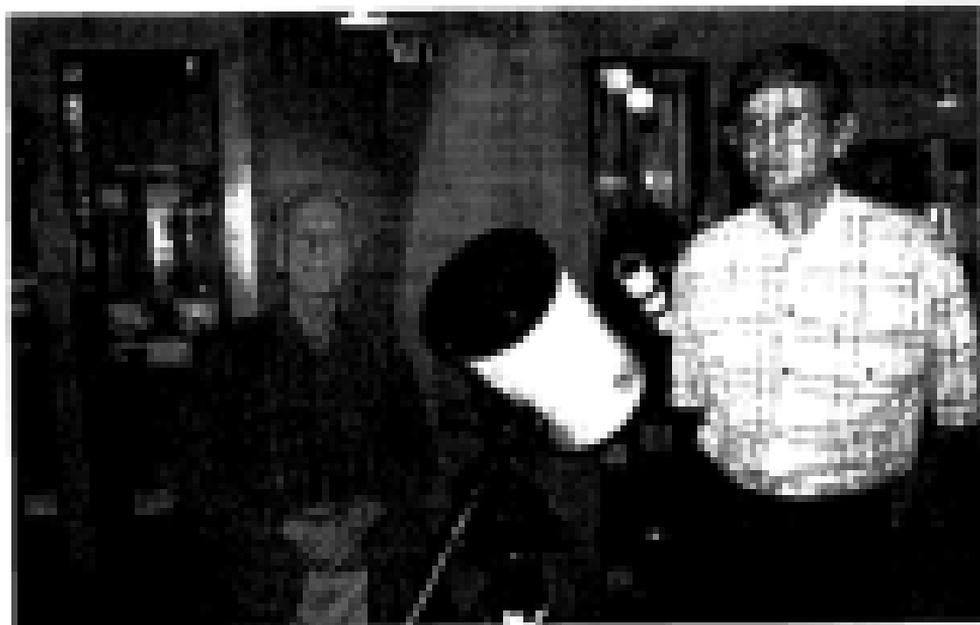
В 1973 году редактор телевидения Андрей Иванович Сиворух организовал в городе клуб любителей телескопостроения, получивший имя известного советского оптики Л.Д. Макушова. Клуб существовал в городском дворе пионеров до 1988 года и стал известен многочисленными конструкциями самодельных телескопов. Опыт работы клуба обобщил Сиворух в его книге «Телескопы для любителей астрономии» и «Любительская астрофотография». Эти книги долгое время оставались настольными книгами любителей телескопостроения в нашей стране. Авторские телевизионные кинофильмы Сиворуха «Астрономия для малышей», «Телескопы» и другие транслировались по центральным каналам СССР и в зарубежные страны.

Активная деятельность клуба вывела любительскую астрономию в Новосибирске на общесоюзный уровень. Существующее с 30-х годов астрономо-геодезическое общество (ВАГО) регулярно проводило спектральные коллоквиумы в различных уголках нашей страны. Для проведения такого коллоквиума в 1982 году был набран Новосибирск. Сюда съехались самые известные оптики и руководители кружков телескопостроения со всей страны. Новые кружки с успехом демонстрировали свои многочисленные телескопы. Один из них — *Алексей Соколов* — сделал удивительное открытие делом всей своей жизни. В настоящее время он вместе с братом под маркой «АстроСиб» производит высококачественные телескопы систем Рунча-Кретьяна и Ньютона с диаметром главного зеркала до 300 мм.

Энергия Л.Л.Саворуха шло и на то, чтобы убедить руководство Новосибирского приборостроительного завода (ныне ФГУП «ПО «НПС») начать производство телескопов для любителей астрономии. С 1983 года горняк «Алькорн», а с 1984 и «Мидарн» — соответственно 65-мм и 110-мм телескопы системы Ньютона — появились на прилавках советских магазинов. Они оказались востребованы не только у нас в стране, но и за рубежом. Эти «высокотех» продукция помогла восточному заводу пережить трудные 1990-е годы и до сих пор пользуется спросом. Конечно, линейка телескопов с тех пор значительно расширилась, появилось новое поколение конструкторов, новые оптические системы, рассчитанные уже на «продвинутых» любителей астрономии и на профессионалов.

Самый крупный на сегодняшний день телескоп ТАЛ-250К системы новосибирского оптика к.т.н. Ю.А.Клюкина поражает одновременно и своей компактностью и оптической мощью. Другая новинка — 125-мм апланхроматической рефрактор ТАЛ-125 — тоже получил положительную оценку экспертов, он запатентован в России и за рубежом.

Благодаря энтузиазму группы любителей астрономии под руководством супругов Игоря и Альфын Мельникова с 1997 года в Новосибирске разрабатывается проект автоматизированного астрономического комплекса. Этот комплекс расположен в Академгородке на крыше лабораторного корпуса Новосибирского государственного университета. Не за горами создание роботизированного телескопа. Пользователи этого телескопа,



Американский астроном, специалист по поиску экзопланет «второй земной планеты» Джейм Дойган (справа) и новосибирский астроном Ю.А. Катанов (слева). Новосибирск, 2006 г.

спид за своим компьютером, смогут удаленно с помощью сети Интернета проводить наблюдения за небесными объектами.

Будущее полные солнечные затмения пробудило интерес к астрономии у многих жителей Сибири. Этому способствовали и в Сибири астрономические форумы, которые ежегодно (в середине сентября) организует Новосибирский приборостроительный завод, начиная с 2006 года. «СибАстро» сразу же стали важным объединением астрономической жизни всего сибирского региона, каждый раз собирая до 200 человек, интересующихся наукой о небе. Постоянные участники форумов — любительские организации из соседних регионов — из Омска, Томска, Барнаула, Красноярска, Алматы и других городов.

В 2007 году заявила о себе Новосибирское астрономическое общество, председателем которого избран неутомимый Д.Д. Сиварук. На которые члены общества своими силами выстроили за городом собственные обсерватории, оснащенные телескопами, другие участвуют в совместных затворных наблюдениях. Традицией становится публичные наблюдения на улицах города. Так, в сентябре 2008 года день «прогулочной астрономии» был проведен вместе с известным американским

астрономом, специалистом конструкции простой и удобной монтировки для телескопов *Дмитрий Дубовик*. Активно обсуждается проект строительства современного городского планетария вместе с центром планетарной науки. Совершенно очевидно, что современному металлу, претендующему на звание «столицы Сибири», без этого не обойтись.



Группа новосибирских любителей астрономии на наблюдении в окрестностях Новосибирска. Август 2004 г.

В эпоху активного освоения космоса, когда стремительно возрастает поток информации о самых дальних уголках Вселенной, о ее прошлом и будущем, любители астрономии имеют много возможностей не только для удовлетворения своих собственных интересов, но и для того, чтобы помочь астрономам и другим людям, в первую очередь молодежи. И пусть нас всех шокирует двигающийся вокруг Солнца по орбите между Марсом и Юпитером с периодом 5,2 года астероид номер 4271, названный именем Новосибирска — столицей затмения 2008 года.

Что еще можно посмотреть в Новосибирске

Новосибирск – третий по величине после Москвы и Санкт-Петербурга город России (население около 1,4 млн чел.). Первоначальное имя – Новоисколка. Основан в 1893 году на месте закладки железнодорожного моста через реку Обь. Основателем города считается инженер-конструктор *Н.Л. Баран-Москвитинский* (1852–1906), разместивший и отстоявший место для строительства моста. День города отмечается в последние воскресные июня. Координаты центра города: 55°02' сев. широты, 82°59' вост. долготы. Разница во времени с Москвой – 3 часа, со зимним временем – 6 часов зимой и 7 часов по летнему времени.

Центр города находится всего в 15–20 км от центральной линии затмения 1 августа 2008 года (при длине тени 240 км). Поэтому наблюдения можно вести непосредственно из города. В этом случае полная фаза затмения будет длиться на 2 секунды меньше своего максимального значения 2 мин. 30 сек. Наиболее удобные места для наблюдений в черте города – восточная набережная Оби («Речной вокзал»), площадь перед Государственной публичной научно-технической библиотекой (ГПНТБ), площадь перед Оперным театром, монумент Победы на левом берегу, а также любое другое открытое место, где открывается западная часть неба выше 25 градусов от горизонта. Полная фаза затмения в Новосибирске будет видна примерно на западе (азимут 257 градусов) на высоте 30 градусов над горизонтом.

Те, кто предпочитает проводить наблюдения непосредственно с центральной линии затмения, могут направиться в район аэропорта Толмачево или на побережье Обского водохранилища в районе Верх-Тулы, в Английского, за г. Бердск. Карта окрестностей города приведена в главе «Обстоятельства затмения».

Интересные наблюдения смогут совместить наблюдение затмения и знакомство с городом Новосибирском в дни до или после главного «представления». Ниже дан перечень наиболее интересных с точки зрения автора объектов города.

Театр оперы и балета – символ Новосибирска и визитная карточка города. Открыт в 1945 году, в 2006 закончена капитальная реставрация театра. Планируется его работа в дни перед затмением.

Академгородок — Сибирское отделение Российской академии наук (СО РАН). Основан в 1957 году и является крупнейшим в России научным центром, где расположено 88 научно-исследовательских и конструкторско-технологических учреждений.

Геологический музей — насчитывает около 800 минералов. В числе особо ценных экспонатов входят коллекция метеоритов общим весом 10 кг.

Музей Солнца (Академгородок) — единственный в мире. В этом музее, который насчитывает более 1500 экспонатов, можно увидеть изображения Солнца и его символов в традициях различных народов мира. Это солнечные Боги и символы Солнца в сказочных рисунках древних народов Сибири, Алтая, Дальнего Востока, Европы Азии, Америки. Это народные традиции и изображения Солнца (фольклор мастеров традиционного творчества, посвященные Солнцу и солнечной тематике) солнечные Боги древних цивилизаций, а также сувениры с солнечной символикой. Над входом — «Сделано под горой самым солнечным в мире!»

Музей археологии и этнографии (Академгородок) — в экспозиции музея представлены материалы палеолита, неолита, бронзы, железного века и средневековья. Наиболее ценные экспонаты относятся к камышевской культуре.

Историко-архитектурный музей под открытым небом, где размещены подлинные постройки со времени появления первого человека на территории Сибири до начала XX в. Территория музея располагается в живописной местности в 4,3 км от Академгородка (в сторону «Ключей») и составляет 46 га.

Музей железнодорожной техники под открытым небом — рассказывает об истории развития железнодорожного транспорта нашей страны. Здесь на пути общей протяженностью 3 км собрано более 60 экспонатов. Находятся недалеко от выезда в Академгородок.

Планетарий работает в стенах Сибирской государственной академии (СПГА). Это небольшой планетарий, рассчитанный на 36 посетителей, с аппаратом «Цейс» и уникальным глобусом Луны диаметром более метра. В СПГА имеется кафедр астрономии и геометрии, здесь готовят специалистов астрономических специальностей.

Новосибирский приборостроительный завод – ведущий российский производитель оптических и оптико-электронных приборов, среди которых – приборы ночного видения, прицелы, инструментальная оптика, таскалы ТАЛ для любителей астрономии. В дни выставки будет организована экскурсия по оптической ветке и занесенная выставка.

ЗАКЛЮЧЕНИЕ

Автор сознает, что собранная им история наблюдений солнечной затмения далеко не полна, кое-где отрывочна, а многие интересные моменты и вообще могли быть упущены. К счастью, Интернет дает нам возможность не останавливаться и продолжать пополнение приведенных в этой книге фактов. Специально для этого автором был создан веб-сайт www.s1903.ru, который знает своей более динамичной, чем эта книга, жизнью. Книга вышла в печать и сейчас не может быть дополнена до следующего издания (если, конечно, оно будет актуально), но продолжение рассказа, в том числе и о затмении 1 августа 2008 года, выйдет свое место в Интернете. Поэтому Автор предлагает Читателю, заинтересовавшегося темой затмений, поделиться своим впечатлением и результатами наблюдений солнечных затмений.

Указатель имен

Аббате Дав. (1852-1882).....	131	Бродский Ф.А. (1831-1864).....	137, 145
Агафон (261-289 до н.э.).....	48	Брунштейн В.А. (1918-2004).....	162, 163, 166
Александровский Н.К. (1817-1908).....	125	Булыковский Е.И. (1878-1909).....	153, 157, 158
Альберт Прусский.....	47	Бурманов.....	133
Альфред X Кастильский (1211-1284).....	46	Бусый Н.П.	135
Альбертский В.А. (1806-1908).....	132	Бойла Франсуа – из Бельгии Борншом.....	161
Амарио Востручи (1431-1512).....	46	Васильев А.М. (1838-1933) ...	91
Андерсон Дав.	57, 58, 61	Васильев Борис.....	134
Анатолий Н.Н.	4	Васильева М.А. (1908-1984).....	136
Арно Франсуа (1768-1821) ...	130	Ватуга.....	135
Аристотель (384-322 до н.э.) ...	99	Ветель М.А. (1893-1975).....	49, 110, 149
Аксентий О.А. (1846-1916).....	141, 149	Ветров Ф.Ф. (1854-1914).....	142, 149
Александровский Н.А. (1882-1937).....	149, 151	Видлер С.С.	137
Байла Франсуа (1774-1848).....	81, 128	Вильф Руссоф (1816-1881).....	18, 30
Беломонацкий А.А. (1854-1938).....	137, 141, 147, 148	Виктория Виктория Виктия, князь (1154-1212).....	123
Белковский С.Н. (1883-1953).....	130, 149	Волковитский С.К. (1905-1984).....	152
Бенгаль Фридрих (1784-1848).....	48	Палакин В.В.	144
Берри (973-1048).....	99	Палакий Палакио (1864-1942) ...	8
Блажко С.Н. (1878-1936).....	148	Панов Петр (1785-1874) ..	48, 49
Блюменталь Давид (р. 1821).....	18	Панский А.П. (1870-1908).....
Болотов Евгений.....	17314, 16, 20, 24, 25, 141, 146, 147	
Бонд Мальте (1789-1859).....	130	Парин-Минайковский Н.Г. (1852-1904).....	181
Бондарев Н.Г. (р. 1947).....	168	Парсонсон В.П. (1888-1937).....	158, 161
Бранд Пьер (1348-1401).....	47		
Бранд В.А.	125		

Городишчэ	47	Калустян Ф.В.	
Гривель, Вильям (1778-1812)	10	(1896-1936)	139, 140-145
Гриварь (ок. 190-125 до н.э.)	99	Калусар Ногман	
Григорьев С.П. (1848-1937)	137	(1751-1830)	47, 99
Гроба Телара (р. 1557)	189	Карловичко В.Н.	164, 177
Григорьев М.Н. (1814-1902)	160	Касинин Ю.А.	
Григорьев В.В. (1862-1934)	141	(р. 1952)	162, 176, 179
Григорьев Ф.А. (1850-1798)	124	Каторра К.К.	
Грива К.П.	149	(1881-1893)	126, 129
Григорьев В.М.	170	Кавальский М.А.	
Григорьев М. (Славян)	130, 133	(1821-1894)	129, 131, 137
Далева М.М. (1913-1937)	166	Каторра Н.А. (1908-1983)	132
Дарвич Ш.П.	177	Калубо Христофор	48
Де Ла Рио Уррэн		Кавомаки Э.В.	4, 5, 84,
(1815-1889)	23	158, 159, 166, 167, 172, 174
Дельва Ж. (1888-1758)	125	Каторрак Николай	
Делева В.К. (1828-1897)	130	(1873-1943)	46, 47, 99
Делева А.В. (р. 1938)		Карачан Е.В.	168
.....	4, 189, 158-162, 168, 171, 172	Карловичко В.Г. (1853-1821)	138
Делвай Славк II (1886-1743)	99	Кастинский С.К.	
Дробинко Н.Н.	168	(1867-1936)	141, 142, 149
Демарс Н.В. (1821-1893)	168	Катифонт	
Добсон Джон	179, 180	(ок. 424-389 до н.э.)	48
Домин Н.Ж.		Кук Тимас (1887-1868)	132
(1874-1936)	143-147, 149	Кутан С.	160, 163
Дорвич Ловина	83	Кычанов А.П.	148
Егоров Н.Г.		Ландберг Г.С. (1893-1957)	130
(1849-1818)	136, 142, 144	Ларенко В.Е. (р. 1952)	45
Екаторова П, инкогнито		Латышка Сергей	83
(1729-1798)	123	Лёфенер Маркус	160, 161
Жансон П. (1824-1887)	16	Лео Барнар(1887-1832)	115
Жакович В.Ж.	166	Лейкина Е.М. (р. 1915)	166
Зуев Э.Г.	167, 171	Лобинский Н.Н.	
Нильс-Андерсен		(1792-1836)	126
(ок. 1000-1100)	46	Лондер Дик (1836-1908)	15
Нильс Юнус (1900-1808)	46	Лонковский М.В.	
Нильс Свенссон,		(1711-1765)	14, 125
кочка(1151-1282)	123	Лукинов М.В.	50
Карпан С.В. (р. 1955)	170	Лурман М.В. (1820-1868)	126

Макарян Е.А.	162, 168	Петрушевский Ф.Ф. (1828-1904).....	129
Макутов Д.Д. (1878-1904)....	177	Петров В.С.	174
Макурта К.С.	163	Петровский К.Д. (1868-1944).....	148, 152, 153
Маран М.В. (р. 1915).....	168	Полыкин С.М.	156
Маршак Д.М. (1886-1989)....	152	Полтавский.....	128
Мать Жан (р. 1928).....	38, 37, 43, 58	Полтав А.С. (1859-1906).....	139, 140, 142, 143, 145
Мещеряков Д.Н. (1834-1907).....	137, 138, 141, 142	Полтав Н.Н.	125
Метел (р. ок. 468 до н.э.)	42	Протоц И.М.	140
Михомадзе А.А.	164	Прокураш-Гарский С.М. (1863-1944).....	147, 148
Михайлов А.А. (1888-1983).....	131, 132, 138	Прутков Казимир (лет. посм.)... 7	
Мюзе.....	138	Прутков Казимир (р. 171-185).....	46
Насир ад-Дин ат-Туси (1201-1274).....	46	Прутков Н.Н. (1893-1954).....	132, 133
Ностренко Азафел (р. 1906).....	178	Радзинь Л.Н.	138
Ностренко Игорь (р. 1903) ...	178	Радковский К.Г. (1728-1803).....	123
Нубиян Г.Н. (1886-1948)....	149	Радомыслен Роман (1436-1476).....	46
Нурма Жан Луи Н. (1844-1828).....	137	Райкольд Эраст (1511-1553).....	48
Нурма Нурма (1840-1737)		Ранка Н.Е. (1844-1838).....	138
Овсепян О.А.	174	Роговой Игорь (ум. 2006)....	17, 58
Олександр Тодор (1841-1886).....	48	Ром Патрик 4, 34, 38, 63	
Орбевский А.Р. (1869-1928).....	142	Руслэф II, император (1812-1812).....	47
Павловски Н.Д. (1888-1947).....	158	Румянцева Л.Н.	30
Параванян Н.Н. (1900-1956).....	155-158, 164	Савельев Антон (р. 1958)....	178
Пасиков Давид (р. 1943).....	27	Савин А.Н. (1811-1838)....	129, 131
Пенге Александр (1711-1796).....	48	Савинский А.М. (1899-1970)....	139
Переломов Д.М. (1788-1888).....	127, 128, 131	Салкутанова Е.Т.	
Петр I, император (1672-1725).....	124	Светцкий Д.О. (1881-1948) ...	49
		Семка Александр (1818-1878)...	23
		Семка Ф.А. (1794-1868).....	49, 127-132

Саворин Л.Л. (р. 1937).....	165, 171, 179
Светлицкий М.К.	164
Славковский К.П.	152
Струн О.В. (1818-1905)	
.....	126, 130, 133, 134, 137
Сурани В.Г.	112
Суржан В.Н. (1848-1916).....	140, 141
Сытинский Н.Н. (1886-1976).....	154
Татарович Д.	144
Тарнер Роберт (1861-1908) ...	137
Телес Г.А. (1873-1900) ...	149, 151
Турчанин Н.С. (1818-1883) ...	128
Угрюмов (1384-1448).....	99
Фавос (528-548 до н.э.).....	48
Филт Н.П.	163
Федоренко Н.М. (1827-1898).....	130
Федоскин В.Г. (1889-1972) ...	148, 150, 153, 154
Фельд Вильям (1841-1907) ...	137
Халиков С.-Э. (1900-1968).....	156
Хасанов Н.М. (1836-1893).....	139, 140
Хованс Давриды	44
Хондаров В.К. (р. 1932).....	84, 173, 174
Царский В.К. (1849-1925) ...	137
Чаругов В. М.	164
Челар А.М. (1869-1934).....	138
Чеснов В.П. (1884-1962).....	129, 133, 134
Шаров	160
Шарниев В.В. (1901-1964).....	152, 154, 157, 158
Шенников В.В. (1816-1873).....	129, 135
Шенкер Колея (1858-1915)	137

Шенников А.П. (1818-1883).....	126
Шенфу Тавшан	4
Шировский Н.С. (1816-1905).....	158, 160
Шеремберг П.К. (1865-1908).....	137, 149
Шестов В.П. (1894-1963).....	158
Шестаев П.В. (1832-2001).....	160, 162
Шварц Леонард (1787-1788) ...	125
Шри Дворак (1881-1892).....	130
Шумкина Фрида (р. 1937) ...	4, 50, 57, 58, 60, 61, 84
Юнг Чарльз (1834-1908).....	137
Юферов А.Ф.	84, 173
Яков А.Н. (р. 1938).....	176
Яков Н.Н. (1895-1958).....	152, 153, 175-176
Яков С.А. (р. 1938) ...	4, 98, 113, 173, 174, 176
Яковлев Г.В.	168
Яковлев П.Н. (1874-1942).....	149

Сокращения

АПУ – астрономический параллактический штатив – конструкция для телескопа-проектирующего ЛОМО

БТА – 6-метровый светосильный телескоп – «большой телескоп азимутальный»

ВАО – Всероссийское астрономическо-геодезическое общество

ГАНШ – Государственный астрономический институт имени В.Л. Штернберга при МГУ

ГАО – Государственная астрономическая обсерватория (Пушкино)

ГПНТБ – Государственная публичная научно-техническая библиотека (Новосибирск)

ИНАСАН – Институт астрономии (Москва)

ИПФ – интерференционно-подарскационная фильма

ИСЗ – искусственный спутник Земли

ИСЭФ – Институт оптико-технической физики (до 1990 – СибНЦМФР)

ЛГУ – Ленинградский государственный университет

ЛОМО – Ленинградское оптико-механическое объединение

МАС – Международный астрономический союз

МГУ – Московский государственный университет

НННДМК – Новосибирский институт камерной оптики, аэрофотооптики и картографии (ныне СГТА)

НПО – Новосибирский приборостроительный завод

ПНВ – 10-мм бинокляр НПС – «прибор наблюдательный биноккулярный»

РАН – Российская академия наук

РМО – Русское физико-математическое общество

СГТА – Сибирская государственная техническая академия (бывший НННДМК)

СибАстро – Сибирский астрономический форум, проводится в Новосибирске с 2008 г.

СибНЦМФР – Сибирский институт оптико-механики (Новосибирск), ныне ИСЭФ

СибСТРИН – Сибирский строительный институт

СО РАН – Сибирское отделение Российской академии наук

ТАИ – марка телескопов, выпускаемых на НПО – «телескоп астрономический импортный»

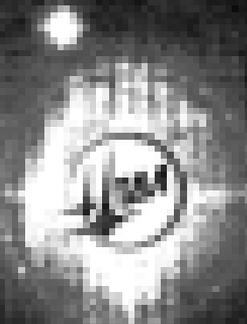
ТБВ – 10-мм бинокляр НПС – «труба зрительная биноклярная»

ФИАН – Физический институт академии наук

Список литературы

1. Espenak F., Anderson J. Total Solar Eclipses of 2008 August 08. NASA, 2007.
2. Espenak F., Meeus J. Five Millennium Canon of Solar Eclipses: -1999 to +2008 (1980 BCE to 2008 CE). NASA, 2006.
3. Littmann M., Wilcox R., Espenak F. Totality, Eclipses of the Sun. Second Edition. N.Y., 1999. -288 p.
4. Meeus Joan. Mathematical Astronomy Monthly. Willmann-Bell, Inc., Virginia, 1997. 379 p.
5. Kuchab Patrick. Eclipse totale du 1 août 2008. Traité de mécanique céleste et de calcul des éphémérides, Paris.
6. Балакиев С.Н. – Новосибирск: история градостроительства 1890-1940. Новосибирск, 1978, 131 с.
7. Брандис В.А. Астрономический календарь на 1810 год. М., Наука, с. 254-261.
8. Брандис В.А. Как движется Луна. М.: Наука, 1990.
9. Бутославская Е.В. Структура солнечной короны 21 сентября 1941 с Труды института, с. 117-143.
10. Византизм В.П. Солнце. В книге «Астрономия в СССР на пороге лет. М.: Изд-во ф.-м. инт., 1960, с. 303-325.
11. Воспоминания М.А. Шателона о астроном А.С. Пономев во время Красноярской экспедиции 1857 г. в книге «А.С. Пономев и характеристики и исследования содружественности». М.-Л.: Изд-во АН СССР; 1938, с. 248-254.
12. Гальфройт Е.В., Козловский Э.В. Фигура Солнца. Глава из книги «История астрономии в России и СССР». М.: Янус-К, 1999, с. 167-128.
13. Давид М.М. Солнечная и лунная атмосфера. М.: Наука, 1978.
14. Делоне А.Б. «Ростом организации Астрономической обсерватории и ГАИИ и внедрением на наблюдение солнечная затмения». Публикации в интернете <http://habrahabr.ru/post/316060.doc>
15. Источники по истории астрономии России XVIII в. Том 1. С.-Пб.: Наука, 2000. 405 с.
16. Елизаров Н.С. Непоспоримая и... гипотетическая Земля и Вселенная, № 6, 1990, с. 29.
17. Коварский В.П. Николай Николаевич Демин (1874-1956). В книге «Историко-астрономические исследования», вып. XXIX. М.: Наука, 2004, с. 208-223.
18. Козловский Э., Хандыров В. Земля в карте. – Вокруг Света, № 3, 2008, с. 34-41.

19. Комаров Е.В. Солнечные затенения 21 июля 1993 г. и 11 июля 1991 г. Наблюдения в реальности. Астрономический календарь на 1993 год. М.: Наука, 1991, стр. 268-277.
20. Комаров Е.В., Мороз В.Н. Общий курс астрономии: Учебное пособие. М.: Издательство УРСС, 2004.
21. Карстас О.И. Звезда Приком: Очерки о Пулковской обсерватории и астрономии-гравитации. Л.: Лениздат, 1988.
22. Лобачевский Н.И. Отчет об экспедиции в с. Пензу для наблюдения солнечного затенения. («Ученые записки Казанского университета», 1842, кн. III, стр. 34-83)
23. Лукацкий М.В., Румянцева Л.Н. Канон солнечных затенений для России, 1000-2050 гг. (Труды ИТА РАН. Вып.7). СПб.: ИТА РАН, 2002. 265 с.
24. Мустель Э.Р. Физика Солнца (Предварительные итоги наблюдений солнечного затенения 30 июля 1954 года). В Восток АН СССР, № 2, февраль 1955.
25. Отчеты экспедиций, снаряженных астрономической обсерваторией Императорского Казанского университета в Вятскую губернию для наблюдения полного солнечного затенения 6/18 августа 1887 года. Казань, 1888, 36 с.
26. Полное солнечное затенение 7/19 августа 1897 года. Отчеты экспедиций. С.-Пб., 1898.
27. Полные солнечные затенения 25 февраля 1852 г. и 30 июля 1854 г. М.: Изд-во АН СССР, 1958.
28. Полное солнечное затенение 29 февраля 1902 года (замечательное участие экспедиции). Природа, № 6, с. 67-74, 1952.
29. Путылин Н.В. На затенении. Природа, № 6, с. 126-130, 1937.
30. Радлова Л.Н. Солнечные затенения 1954 года. Заметки участника наблюдений в Енисе. Природа, № 3, с. 70-75, 1955.
31. Селенский Д.О. Астрономия Древней Руси. М.: Русская панорама, 2007 (с изданием «Астрономический календарь в русском летоисчислении». Петрозаводск, 1915 г.)
32. Селенский П.Ф. Наблюдения солнечного затенения 19 июля 1836 г. Томского отделения ВАО. Бюл. ВАО, № 3, стр. 10-21, 1909.
33. Труды экспедиций по наблюдению полного солнечного затенения 19 июля 1936 г. М.-Л.: Изд-во АН СССР, т. I, 1938; т. II, 1939.
34. Труды экспедиций по наблюдению полного солнечного затенения 21 сентября 1940 г. – М.-Л.: Изд-во АН СССР, 1948. 367 с.
35. Швейцер Б. Полное солнечное затенение 16 июля 1854 года. Отчет Совету Географического Общества (Восточный Императорского Русского Географического Общества на 1851 год). С.-Пб.
36. Швейцер В.В. Луна и ее наблюдения. М.: Наука, 1981.
37. Юнг Солнце. Перевод с англ. С.-Пб., 1916.



группа компаний
ПРОСТОРИТЕЛЬНЫЙ КЛУБ

www.npooptics.ru

МУЗЕЙ РОССКОМ
ПРОСТОРИТЕЛЬ
ОБРАЗОВАНИЕ И ОТДЫХ
ЭЛЕКТРОННО-ПРОСТОРИ

ОЛИМПИА
РАЙЗЕН
СИБИРЬ
туристическая компания

**ОЛИМПИА
РАЙЗЕН
СИБИРЬ**
туристическая компания



**Астро-туры (групповые,
индивидуальные)**



Туры по всему миру



**Чартерные программы
из Новосибирска**



Вся Европа

Вся Россия и страны СНГ

**Летники, обучение,
мажоранки, кружки**



**Прямь в Сибирь
(бронирование гостиниц,
трансферы, гиды,
переводчики)**



**Организация деловых
поездок**

Авто, ж/д билеты

630 091

Новосибирск, ул. Гоголя, 3

тел.: 283 281 00 00, 283 28 07

факс: 283 218 40 10

www.olimpia-raizen.ru

Нет на свете более захватывающего и более эффектного зрелища, чем полное солнечное затмение. Интерес к этому явлению обостряется его редкостью – за последние два века на территории Сибири только семь раз можно было увидеть такое явление в обрамлении иезуитской короны. Книга, которую читатель держит в руках, можно было бы назвать «Все о затмениях», поскольку в ней собраны теория, практика и история наблюдения полного солнечного затмения в России. Ну а главный раздел посвящен предстоящему затмению 1 августа 2008 года, полосу которого пересекает Сибирь. Другой возможности увидеть затмение, как вышло из дома, у россиян не будет до 2051 года.

