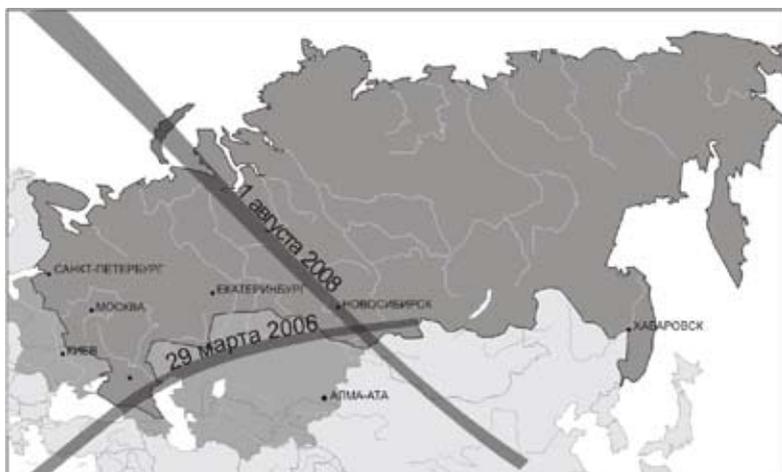


Первое в XXI веке российское затмение 29 марта 2006 года

*От жаркой Ливии до снежных вершин Кавказа и
Алтая
Пять обсерваторий в полосе затмения
Съёмка затмения с рекордной высоты у Эльбруса
Корона: до 12 радиусов Солнца*

Первое для России затмение XXI века началось в Атлантическом океане. Затем полоса полной фазы пересекла Африку, Турцию и вступила на территорию России на северном Кавказе. Миновав Казахстан, затмение закончилось на Алтае. Максимальная продолжительность полной фазы достигала 4 минут 6 секунд, а ширина полосы – 183 км (в Африке).



	Места наблюдений, продолжительность полной фазы (мин:сек), итог (+/-)	Научные учреждения и участники экспедиций
1	Вау-ан-Намус, Ливия (3:34) (+)	ГАИШ: И. С. Ким
2	Сиди-Баррани, Египет (2:36) (+)	ФИАН: С. В. Кузин; С Кучми (Фр.) – всего 15 чел.
3	Чиралы, Турция (3:41) (+)	ГАИШ: В. В. Попов, Н. Л. Крусанова, Е. В. Попова, Э. В. Кононович, В. К. Хондырев
4	Обсерв. Тубитак, Анталия, Турция (2:31) (+)	Российско-турецкий 1,5 м телескоп: И. Ф. Бикмаев
5	ст. Зеленчукская, Карачаево-Черкесия (фаза 0,998) (+)	Радиотелескоп РАТАН-600
6	Пик Терскол и пункт Чегет, Кабардино-Балкария (3:20) (+)	ИСЗФ СО РАН (Иркутск): С. А. Язев; ИНАСАН
7	Баксанская нейтринная обс., Кабардино-Балкария (3:17) (+)	ИЗМИРАН: В. А. Кутвицкий, Л. И. Старкова (всего 4 чел.); ГАИШ: А. Б. Делоне, Г. В. Якунина, Г. А. Порфирьева, М. И. Дивликеев
8	Кисловодская горная астрономическая станция (2:39) (+)	ИЗМИРАН: Б. П. Филиппов, Ю. В. Платов, Д. В. Клепиков, Р. А. Гуляев, Т. Л. Гуляева; М. Г. Гаврилов (всего 9 чел.); сотрудники ГАС
9	база отдыха «Московская», 30 км южн. Астрахани (2:42) (+)	Моск. дворец пионеров: Н. Н. Николаев (всего 50 чел.)
10	п. Манжерок, Горный Алтай (2:07) (+)	Новосиб. любители астрономии: С. Ю. Масликов

ЛИВИЯ

Первой из россиян встречала затмение И. С. Ким из ГАИШ. Она находилась в довольно экзотической стране – Ливии, куда была приглашена в качестве докладчика. Местом проведения международной конференции International Symposium: Solar Physics and Solar Eclipse был выбран оазис Вау-эн-Намус, расположенный в самом центре пустыни Сахара, в вулканической кальдере. Сюда прибыли 94 учёных из 11 стран и поселились в заранее подготовленном палаточном городке. Работа конференции началась 27 марта и закончилась наблюдениями в день затмения.

ЕГИПЕТ

Далее, на побережье Средиземноморского моря, уже на территории Египта, работала российско-французская экспедиция, в составе которой находился француз Серж Кучми и астрофизик из ФИАН С. В. Кузин.

ТУРЦИЯ

В Турции, в небольшом поселке Чиралы, расположенном на 20 км южнее известного курорта Кемер, на берегу Средиземного моря, работала группа, в состав которой входил ветеран отечественных затменных наблюдений Э. В. Кононович. Для него это было десятое затмение (будет ещё одно в 2008 г.). Здесь использовались два рефрактора-апохромата с несколькими параллельно установленными камерами с объективами разных типов. Они были защищены от ветра большими зонтами. Особняком, у самой полосы прибоя на штативе с панорамной головкой была установлена широкоплёночная камера с объективом «рыбий глаз». С ней работал И. Драников. Кстати, расположенный здесь галечный пляж находится под защитой Европейского агентства по окружающей среде как зона размножения морских черепах каретта.

Последовательность действий всех наблюдателей была выверена и отрепетирована по секундам. Результатом общих усилий стали великолепные снимки короны. Позже, через месяц после затмения, на астрономическом фестивале «Астрофест» удалось собрать вместе результаты не только наблюдателей, побывавших в Турции, но и на Северном Кавказе и в Астрахани. Несколько сотен наиболее удачных снимков позже были подвергнуты совместной обработке. Таким образом, можно говорить не только о мультиэкспозиционной, но и мультиматричной фотосъёмке, выполненной многими наблюдателями в далеко отстоящих друг от друга пунктах и в разные моменты времени.

С помощью оригинальной методики В. К. Хондырева и А. О. Юферева все снимки были объединены. На результирующем изображении просматривается корона до 12 радиусов Солнца, и видны звезды до 9-й звёздной величины! Пожалуй, это был са-

Фрагмент панорамы затмения
29.03.2006 г.

Авторы:
Э. В. Кононович,
В. К. Хондырев,
А. О. Юферев
и др.



мый впечатляющий результат из полученных кем-либо во время данного затмения ¹.

Здесь же, в Чиралы, работали сотрудники ГАИШ В. В. Попов, Н. Л. Крусанова, Е. В. Попова. Ими были получены поляризационные фильмы короны в двух цветах, из которых впоследствии построены двумерные карты распределения степени поляризации, угла поляризации для внутренней короны. Крусанова занималась изучением цвета короны.

В Турции же, вблизи курортной Анталии, находится обсерватория Тибутаг, где самый крупный из пяти инструментов – это российско-турецкий 1,5-метровый телескоп. Кстати, это самый крупный российский телескоп, изготовленный за годы «новой» России. Он находится под совместным управлением Казанского университета, ИКИ РАН и турецких исследователей. Две недели в месяц на нём работают российские учёные, две недели – турецкие. Во время затмения с помощью телескопа были получены два спектра высокого разрешения небольшого участка короны, расположенного в 3' от края Солнца. Время экспозиции – 30 секунд каждая. Спектр охватывал диапазон от 3900 до 8600 Å ².

¹ Кононович Э., Хондырев В. Звезда в короне // Вокруг света, 2008. – №3. – С. 34-41.

² Bikmaev I. F. et al. RTT150 high resolution spectral observations of Solar Corona during the solar eclipse on March 29, 2006. URL: <http://www.astronomerstelegam.org/?read=782>

СЕВЕРНЫЙ КАВКАЗ

На территорию России полоса затмения вступала на Северном Кавказе. Это регион, который давно облюбовали астрономы. Здесь расположены несколько обсерваторий. Первая – международная обсерватория Пик Терскол, вторая – находящаяся неподалёку, буквально в 15 км восточнее, Нейтринная обсерватория в Баксанском ущелье. Третья – на 80 км севернее, в Ставропольском крае, близ города-курорта Кисловодска – Горная солнечная станция Пулковской обсерватории. Четвёртая – Специальная астрофизическая обсерватория в Нижнем Архызе (Карачаево-Черкесия). Расположенный здесь крупнейший в России оптический телескоп БТА попал на самый край полосы затмения. По прогнозу затмение должно было длиться здесь 40 секунд. Однако, очевидцы сообщают, что оно продолжалось считанные секунды. Так что БТА наблюдения не проводил. Ниже мы расскажем также о крупнейшем в мире радиотелескопе РАТАН-600, расположенном здесь же в Карачаево-Черкесии, у станции Зеленчукской.

Начнём с Пика ТЕРСКОЛ, расположенного на высоте 3150 метров над уровнем моря, в 10 км южнее горы Эльбрус (5640 м). Достичь Пика в зимнее время достаточно трудно. Здесь находится международная обсерватория под управлением Института астрономии РАН и АН Украины. Сюда для участия в проекте «Корона-2006» были приглашены все желающие. Профессиональные наблюдения предлагалось провести в самой обсерватории Пик Терскол, любительские – в посёлке Терскол на высоте 2000 метров.

Приглашение приняла совместная российско-монгольская экспедиция, организованная иркутским Институтом солнечно-земной физики СО РАН и Улан-Баторским Центром астрономии и геофизики АН Монголии. Руководителем экспедиции был директор астрономической обсерватории Иркутского государственного университета С. А. Язев. Сложность заключалась в том, что наблюдателям предстояло подняться по крутому заснеженному склону с высоты 2000 метров до высоты 3000 метров над уровнем моря. Передвигаться можно было только пешком – зимой автодорога на обсерваторию завалена трёхметровым слоем снега. Участникам экспедиции пришлось, увязая то по колено, а то и по пояс в

снегу, поднимать в рюкзаках оптику и узлы монтировки телескопа. Кое-кому было суждено «сбежать» с горы и на гору несколько раз.

В качестве площадок для наблюдений были выбраны плоские крыши трёх строений обсерватории, находившиеся вровень с четырёхметровым слоем снега. Использовались длиннофокусные объективы и современные цифровые камеры, а также телескоп Шмидта-Кассегрена Иркутского астроклуба, на котором работал участник наблюдений 1997 года Д. В. Семенов. К сожалению, не очень надёжная монтировка привела к дрожанию конструкции и некоторому размазыванию снимков нижней короны и нескольких наблюдавшихся небольших протуберанцев.

Наиболее интересные материалы – серию снимков с вращающейся поляризационной насадкой – удалось получить В. С. Пещерову, работавшему вместе с О. А. Ожогойной во второй точке – на пункте Чегет на высоте 3200 м, напротив пункта Терскол, через ущелье. Монгольские специалисты выполнили измерения вариаций потока ультрафиолетового излучения Солнца во время затмения, сделали снимки с зелёным и красным фильтрами. Всего российско-монгольской экспедицией получено несколько десятков снимков нижней и средней короны с разными экспозициями.

К сожалению, планы астрономов самой обсерватории Терскол провести наблюдения в нескольких спектральных линиях на имеющемся в обсерватории стационарном горизонтальном солнечном телескопе АЦУ-26 с многокамерным спектрографом остались невыполненными: приемные цифровые матрицы были с приключениями доставлены сюда слишком поздно, и вовремя подготовить сложную аппаратуру к съёмкам не удалось. Помимо иркутских солнечныхников, на Терсколе затмение фотографировали сотрудники ИНАСАН, а также студенты-астрономы из Киева и ГАИШ МГУ.

Наблюдатели отметили, что, несмотря на идеально ясное небо, звёзды во время полной фазы практически не были видны. Либо повлиял рассеянный свет от огромных пространств чистейшего снега, либо наблюдателям, находившимся высоко в горах, помешал свет, приходивший из-за пределов полосы. По словам



Наблюдатели в ожидании затмения на обсерватории «Пик Терскол».

С. А. Язева, корона была довольно яркой, заревое кольцо отличалось удивительным жёлто-лимонным цветом, на фоне которого были прекрасно видны острые контуры Большого Кавказского хребта. Великолепно смотрелся и потемневший во время затмения двуглавый Эльбрус, до которого по прямой было 9 км¹.

* * *

Радиоастрономы из Санкт-Петербургского университета не могли подниматься в гору со своим громоздким оборудованием. Они ограничились ущельем ДЖАНТУГАН, куда ещё можно было добраться автомобилем.

* * *

На минуту раньше, чем в район Терскола, пришло затмение в станицу Зеленчукская, в Карачаево-Черкесии. Здесь расположен крупнейший в мире российский радиотелескоп РАТАН-600. Это на 90 км северо-западнее Эльбруса. Телескоп оказался на самом краю полосы, фаза затмения составила 0,998! Это означает, что открытым остался совсем небольшой участок солнечной поверхности у северного полюса светила шириной в несколько угловых секунд. Уникальные наблюдения на нескольких длинах волн, от 1 см до 30 см, позволили тщательно исследовать околополярную

¹ Язев С. А., Батмунх Д., Барабанов С. И. Наблюдения полного солнечного затмения на пике Терскол // Земля и Вселенная, 2006. – № 6. – С. 99-101.

область Солнца и полярную корональную дыру, находящуюся здесь ¹.

* * *

Ближе всех к Эльбрусу и выше всех расположилась группа Игоря Паши из Москвы. Вместе с четырьмя студентами он достиг «ПРИЮТА ОДИННАДЦАТИ», лежащего на высоте 4050 метров. Затем группа поднялась ещё метров на 250 выше, остановившись на подъёме к скалам Пастухова. Основной целью группы было фотографирование окружающих гор, тени Луны, набегающей на них и заревого кольца перед началом полной фазы и во время её. Эта серия снимков уникальна, так как никто ранее не задавался такой целью. Возможно также, что достигнутая высота является рекордной для наблюдений затмения с горных вершин ².

* * *

На НЕЙТРИННОЙ ОБСЕРВАТОРИИ в Баксанском ущелье на высоте 1800 метров над уровнем моря работала группа ИЗМИРАН (В. А. Кутвицкий, Л. И. Старкова и ещё двое). Была продолжена программа М. М. Молоденского по исследованию ориентации плоскости поляризации короны с учётом заревого кольца. Предполагалось проверить наблюдения 1994 и 1997 годов, которые показали, что влияние заревого кольца сводится к наложению его излучения на поляризацию внешней короны. Съёмку проводили на трёх установках, используя, вероятно, в последний раз, плёночные технологии: 1) фотоаппарат «Зенит» с широкоугольным объективом; 2) телескоп $D = 65$ мм, $F = 400$ мм с фотоаппаратом «Киев», кадр 6 см x 6 см; 3) телескоп $D = 75$ мм, $F = 750$ мм с фотоаппаратом «Москва-5», кадр 6 см x 9 см) ³. На полученных снимках корона прослеживалась до 6 радиусов Солнца.

¹ Богод В. М. и др. Исследование северной полярной области Солнца по микроволновым наблюдениям полного затмения 29 марта 2006 г. // Астрофизический бюллетень, 2007. – Т. 62, № 4. – С. 379–388.

² Сайт Mountain.ru. URL: http://www.mountain.ru/article/article_display1.php?article_id=2645

³ Сайт ИЗМИРАН. URL: <https://www.izmiran.ru/info/personalia/molodensky/Eclips06.html>



Женская команда ГАИШ МГУ: (слева направо) А. Б. Делоне, Г. В. Якунина, Г. А. Порфирьева в Баксанском ущелье.

Давний научный партнёр ИЗМИРАН француз С. Кучми наблюдал это затмение из северо-западной части Египта (см. выше). Результатом совместных усилий стало обнаружение особых точек в солнечной короне, где поляризация света нулевая. Появление особой точки связано с рассеянием солнечного излучения в земной атмосфере. Во время полного солнечного затмения небо освещается светом короны и светом зоревое кольцо, видимого по всей линии горизонта. Обе составляющие, имея свою поляризацию, вносят вклад в наблюдаемую поляризационную картину¹.

Здесь же, в Баксанском ущелье, на станции ГАИШ, вела наблюдения преимущественно женская команда ГАИШ – А. Б. Делоне, Г. В. Якунина, Г. А. Порфирьева, а также М. И. Дивликеев. Сотрудники Краснопресненской лаборатории ГАИШ А. Б. Горшков и В. М. Соловьев получили изображение солнечной короны в полосе спектральной линии Fe XIV на длине 5303 Å с помощью экспериментальной установки. На телескопе был установлен узкополосный фильтр на базе эталона Фабри-Перо с шириной полосы 0,4 нм.

КИСЛОВОДСКАЯ ГОРНАЯ АСТРОНОМИЧЕСКАЯ СТАНЦИЯ (ГАС) также стала важным местом наблюдений для профессиональных астрономов. Она оснащена стационарными

¹ Молоденский М. М. и др. О поляризации излучения солнечной короны 29 марта 2006 г. // *Астрономический журнал*, 2009. – Т. 86, №3. – С. 309-315.

солнечными телескопами, в том числе Большим внезатменным коронографом ИЗМИРАН-ГАО. Большой коронограф давал возможность провести наблюдения с высоким пространственным и спектральным разрешением. Радиоастрономы ГАС вели наблюдения с помощью радиотелескопов с антеннами диаметром 2 и 3 метра на волнах 3,2 и 4,9 см. Они получили радиус Солнца в радиолучах – 1,028 и 1,036 соответственно. В момент полной фазы интенсивность радиоизлучения составила 3,7% и 5,9% ¹

На территории Горной станции работали две группы наблюдателей ИЗМИРАН. До начала полного затмения небо здесь было покрыто быстро движущимися облаками, но за несколько минут до второго контакта небо вокруг Солнца полностью очистилось, что позволило успешно провести наблюдения.

Первая группа наблюдателей (Б. П. Филиппов, Ю. В. Платов, Г. Н. Куликова, Д. В. Клепиков) провела наблюдения хромосферы на Большом коронографе, а также получила несколько снимков короны. Вторая группа (Р. А. Гуляев, Т. Л. Гуляева и примкнувшие к ним М. Г. Гаврилов и Н. Р. Макарова) провела интерферометрические наблюдения в продолжение программы исследований околосолнечной сублимации (распада твёрдых частиц) на расстояниях ближе 4 радиусов Солнца. Были задействованы две камеры с эталонами Фабри-Перо, настроенными на линии К кальция Ca II и D натрия Na I. По эмиссии кальция подтверждены результаты, полученные на затмениях 1998 и 1999 годов. На второй интерферограмме присутствуют интенсивные полосы атмосферного свечения натрия, эмиссия же, которую можно было бы отнести к сублимационному свечению натрия, не обнаружена.

Здесь же, на Кисловодской станции, работала группа астрономов ГАИШ. Организацией группы занималась И. С. Ким, хотя сама неожиданно поехала на затменную конференцию в Ливию. Сотрудники ГАИШ занимались построением двумерной карты распределения угла поляризации для внутренней короны (расстояние менее 1,4 радиуса Солнца). К ним примкнули: студент МГУ Михаил Лисаков и Александр Юферов из Новосибирска.

¹ Шрамко А. Д. и др. Отождествление локальных источников радиоизлучения Солнца на волнах 3,2 и 4,9 см по данным наблюдения затмения 29 марта 2006 г. на Кисловодской горной станции ГАО РАН // Вестник Южного научного центра РАН, 2011. – Т. 7, № 1. – С. 13–17.



Затмение 29 марта 2006 года на фоне Эльбруса. Снимок сделан с Кисловодской астрономической станции. Фотография М. Лисакова, Е. Казакова, А. Юферева.

Как вспоминает Лисаков, все дни перед затмением были облачными. *«В день затмения наблюдатели подготовили оборудование и с тоской смотрели на покрытое облаками небо. С приближением полной фазы стало темнеть и холодать. И тут облака стали редеть. Вот уже сквозь них стал проглядывать серп солнца. Потом шапка облаков стала распадаться на отдельные облака. Отдельные облака стали просто растворяться и за несколько минут до полной фазы исчезли все до единого! Это были очень волнующие минуты».*

Лисаков снимал общий план затмения на фоне Эльбруса. Для этого использовался старый зеркальный фотоаппарат «Практика» немецкого производства. Корону фотографировал Евгений Казаков. Позже Юферев скомпоновал все кадры. Лисаков так вспоминает свои эмоции: *«Когда закончилась полная фаза, меня захлестнуло чувство безграничной радости. Не только потому, что удалось увидеть уникальное явление. Это было сродни началу новой жизни, света и тепла. Яркая вспышка – и вот уже появляется серп Солнца».*

* * *

Для любителей астрономии из Москвы наиболее доступным пунктом была АСТРАХАНЬ. Центр полосы проходил южнее города. Сюда и направилась большая экспедиция Московского дворца пионеров под руководством Н. Н. Николаева. Ребята ехали поездом, а Николаев на автомобиле «Газель» вёз оборудование. Небо было абсолютно чистым!

* * *

Автор этой книги, С. Масликов, с семьёй и друзьями, вооружённый рефрактором ТАЛ-100R, наблюдал затмение на Алтае, на возвышенности у берега реки Катунь, недалеко от посёлка Манжерок. Это место находилось близко к концу полосы затмения, полная фаза наблюдалась на высоте всего 8 градусов над горизонтом и длилась 2 минуты 7 секунд. Небольшие кучевые облака время от времени заслоняли солнечный диск, но полную фазу удалось увидеть. Место было выбрано не случайно, оно находилось на пересечении центральных линий полос текущего затмения 2006 года и будущего затмения 2008 года. Так что с выбранного места можно было попытаться наблюдать два последовательных затмения. Возможно, такого ещё никто не осуществлял. Когда наступил 2008 год, Масликов отказался от этой затеи, иначе смог бы увидеть с этого места только облака – во время затмения 2008 года погоды на Алтае не было.

* * *

Нестандартный вид короны, нетипичный для эпохи минимума, объяснили иркутские гелиофизики. Согласно гипотезе А. В. Мордвинова, множественные лучи на разных широтах вместо ожидавшегося одного в районе экватора, связаны с изгибом крупномасштабной линии раздела магнитных полярностей (гелиосферного токового слоя), вдоль которого обычно формируются высокие корональные структуры (корональные стримеры). В результате лучи из-за изгиба вблизи лимба удачно оказались размещёнными на разных широтах. Поэтому и появилась возможность одновременно наблюдать сразу несколько лучей, которые обычно «прячутся» один за другим...