

Исследование полного солнечного затмения 20 марта 2015 г.

С.А. ЯЗЕВ,
доктор физико-математических наук
директор Астрономической обсерватории ИГУ
ИСЗФ СО РАН, Иркутск

20 марта 2015 г. состоялось очередное полное солнечное затмение. Тень Луны упала на земную поверхность в северной части Атлантического океана и в дальнейшем двигалась на северо-восток, через акваторию Северного Ледовитого океана. Единственными обитаемыми фрагментами суши в пределах полосы полного затмения оказались датские Фарерские острова и норвежский архипелаг Шпицберген. Экспедиция из семи человек (кандидат физико-математических наук М.Г. Гаврилов, М.А. Меркулов, В.В. Рябенко, Д.В. Семёнов, Е.Д. Скарעדнева, М.В. Чекулаев и доктор физико-математических наук С.А. Язев), организованная Иркутским государственным университетом, работала в составе международной российско-белорусской коман-

ды, сформированной А.Л. Мананниковым (Земля и Вселенная, 2015, № 4). Чрезвычайно повезло с погодой: именно 20 марта на Шпицбергене

был единственный за две предыдущие недели солнечный день. Удалось получить изображения короны с набором различных экспозиций, а также (уже



*“Бриллиантовое кольцо” короны Солнца. 20 марта 2015 г.
Фото М.Г. Гаврилова.*



Алексей Павлович Ганский.

не для научных целей) фотографии “бриллиантового кольца” – ситуации, когда ослепительный край Солнца выглядит из-за черного диска Луны.

ТИПЫ СОЛНЕЧНОЙ КОРОНЫ

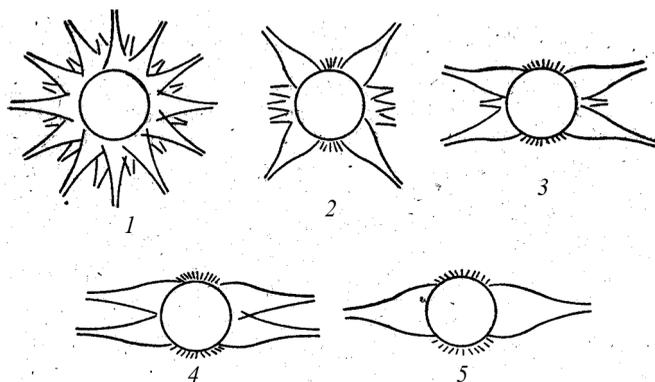
Главной задачей иркутской экспедиции было

получить набор изображений короны с разными экспозициями для определения ее морфологического типа.

Считается, что установить связь между формой затменной короны Солнца и фазой 11-летнего цикла активности впервые удалось в 1897 г. российскому астроному, геодезисту и гравиметристу Алексею Павловичу Ганскому (1870–1908; Земля и Вселенная, 1971, № 3). Он участвовал в экспедициях на Новую Землю, в Испанию и Туркмению для наблюдения полных солнечных затмений. В определенном смысле А.П. Ганский оказался давним предшественником нашей экспедиции: он тоже работал на Шпицбергене в 1899 г. и 1901 г., занимаясь, впрочем, не астрономическими, а гравиметрическими измерениями.

Исследуя имевшиеся в его распоряжении зарисовки и снимки затмений (включая полученные им лично во время экспедиции на Новую Землю превосходные изображения затмения 1896 г.), А.П. Ганский отметил, что во время максимума солнечной активности корона окружает Солнце в виде равномерного сияния, а в годы минимума корона вытягивается вдоль солнечного экватора. Анализ изображений короны, полученных во время 12 затмений, позволил А.П. Ганскому выделить три основных морфологических типа короны – максимальный, промежуточный и минимальный.

Более подробную классификацию типов короны на основе снимков конца XIX в. – первой половины XX в. предложил киевский астроном Алексей Тимофеевич Несмянович. Феноменология короны связывалась с параметром F , описывающим фазу цикла солнечной активности от максимума до следующего максимума: $F = T - T_{\min} / |T_{\max} - T_{\min}|$, где T – момент полного затмения, T_{\max} и T_{\min} – моменты максимума и следующего за максимумом минимума цикла. Значения F равны единице в момент максимума цикла, они положительны на ветви подъема цикла и отрицательны на ветви спада.



Классификация типов затменной короны по А.Т. Несмяновичу: 1 – максимальный, 2 – предмаксимальный или послемаксимальный, 3 – предминимальный или послеминимальный, 4 – минимальный, 5 – идеально-минимальный.

ТИПЫ СОЛНЕЧНОЙ КОРОНЫ ПО А.Т. НЕСМЯНОВИЧУ

№	Тип короны	Полярные лучевые системы	Корональные лучи	Фаза цикла
1	максимальный	не наблюдаются	радиальные, на всех широтах	$ F > 0,85$
2	предмаксимальный или послемаксимальный	наблюдаются хотя бы в одном полушарии	радиальные либо с небольшим наклоном, на высоких широтах	$0,5 < F < 0,85$
3	предминимальный или послеминимальный	хорошо развиты в обоих полушариях	сильно наклонены к плоскости экватора	$0,15 < F < 0,5$
4	минимальный	сильно развиты в обоих полушариях	параллельны плоскости экватора	$ F < 0,15$
5	идеально минимальный	сильно развиты в обоих полушариях	расположены вдоль плоскости экватора	$ F < 0,05$

КОРОНА 2015 ГОДА

Два отряда Иркутской экспедиции выполнили успешные съемки короны во время затмения 20 марта 2015 г. Анализ полученных снимков позволил сделать следующие выводы.

В короне удалось выделить, по крайней мере, девять высоких корональных структур, в том числе шесть – в Северном полушарии. При этом длинные корональные лучи Северного полушария были практически радиальными. Среди этих образований был и высокоширотный луч. Широта середины его основания на северо-восточном лимбе составила 82° . В полярной области не просматривались полярные лучевые структуры в форме “щеточки” или “перьев”. Такой вид коро-

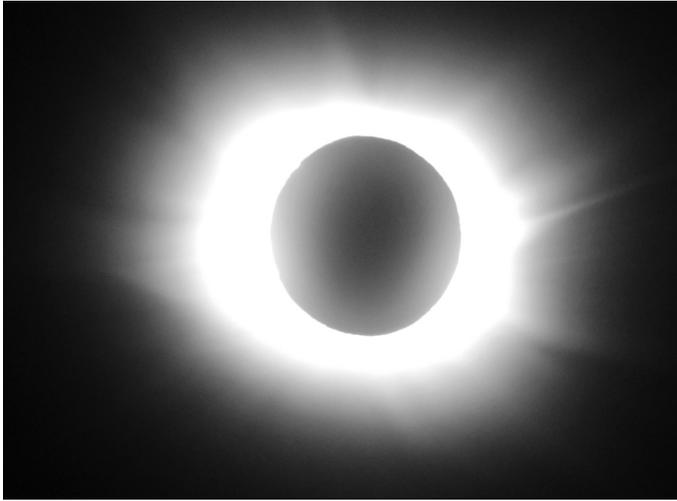
ны (тип 1) характерен для максимальной фазы цикла солнечной активности.

В Южном полушарии ситуация была иной.

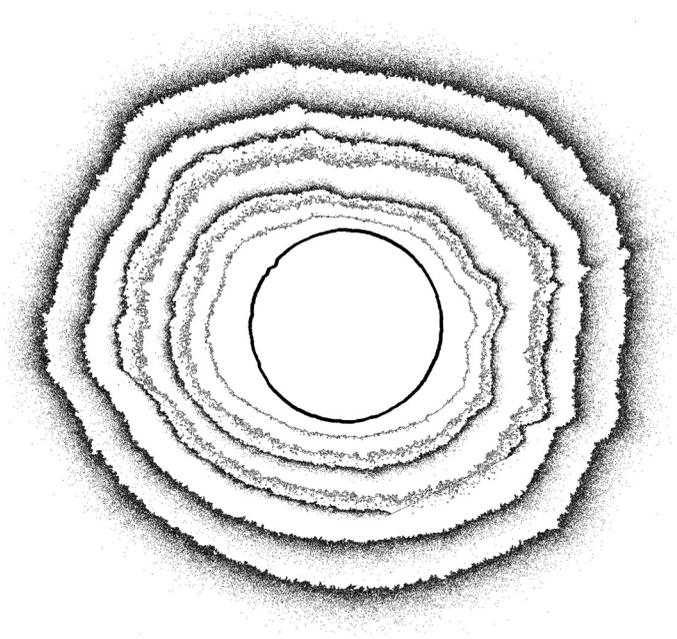
Здесь выделялись только три высоких корональных луча, заметно отклоняющихся от радиального направления к плоскости



Корона Солнца 20 марта 2015 г. Снимок сделан М.Г. Гавриловым с помощью фотокамеры “Canon PowerShot SX50 HS”, диафрагма – $f/6.5$, выдержка – $1/160$ с, ISO 500.



Корона Солнца 20 марта 2015 г. Снимок сделан В.В. Рябенко фотокамерой "NIKON COOLPIX P600", диафрагма – f/5.6, выдержка – 1/80 с, ISO 400.



Корона Солнца. Изофоты получены с использованием набора снимков, сделанных М.Г. Гавриловым, В.В. Рябенко и М.В. Чекулаевым.

солнечного экватора и находящихся на сравнительно низких широтах. В полярной области Солнца наблюдалась система лучевых квазирадиальных структур, отклонявшихся с высотой к плоскости экватора. Подобная картина типична, скорее, для предминимальной короны (тип 3) или, в крайнем случае, для постмаксимальной (тип 2).

Пожалуй, впервые за всю историю исследований солнечной короны во время затмений оказалось невозможным отнести ее форму к какому-либо типу по классификации Несмяновича, если рассматривать картину в целом. Ситуация в Северном и Южном полушариях существенно различалась.

Еще один параметр, зависящий от фазы цикла солнечной активности, – индекс сжатия короны, введенный Ф. Людендорфом в 1928 г. и отражающий асимметрию короны над лимбом Солнца, на высоте $2 R_{\odot}$. В период максимума цикла этот параметр близок к нулю, во время минимума он может достигать 0,4. Согласно нашим измерениям, индекс Людендорфа во время затмения 2015 г. составил 0,09, что, как правило, соответствует максимально- либо постмаксимальному типам короны.

АСИММЕТРИЧНЫЙ ЦИКЛ

Явная северо-южная асимметрия, проявившаяся в морфологии ко-

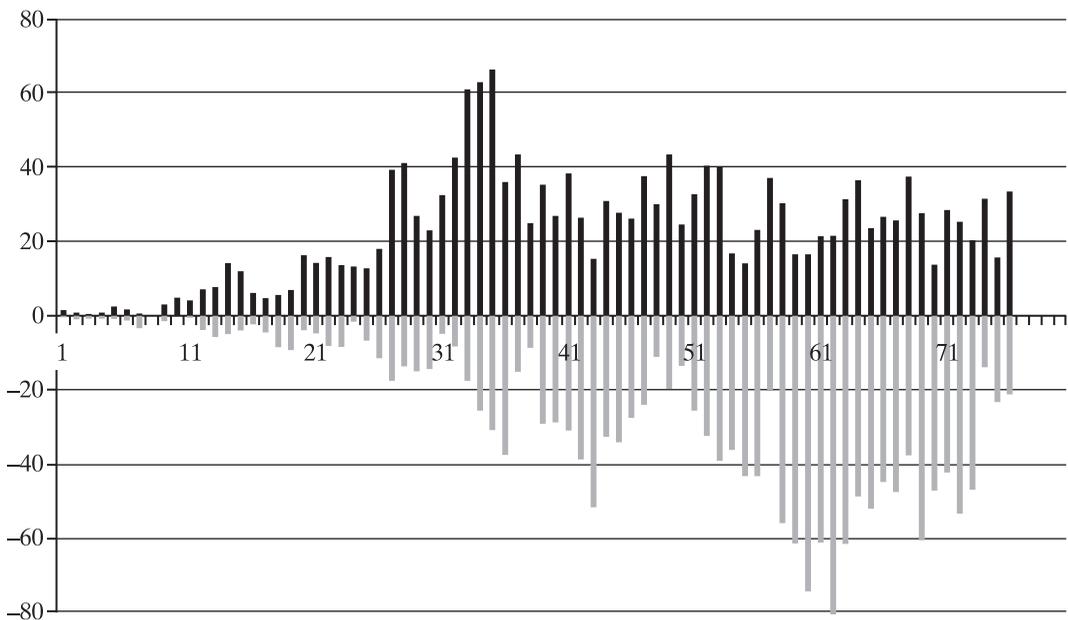


График развития 24-го цикла солнечной активности. Ось абсцисс – количество месяцев от начала цикла (январь 2009 г.), ось ординат – среднемесячные значения чисел Вольфа для Северного и Южного полушарий Солнца.

роны во время затмения, очевидно, тесно связана с глубокой асимметрией развития солнечной активности, которая наблюдается в ходе текущего 24-го цикла, характеризующегося двумя максимумами. Первый максимум, произошедший в феврале 2012 г. (39 месяцев от начала цикла, сглаженное значение $W^* = 66,9$; Земля и Вселенная, 2012, № 4), порожден преимущественно активностью пятен Северного полушария, после этого она заметно уменьшилась. Второй максимум, в апреле 2014 г. (64 месяца от начала цикла, $W^* = 81,9$; Земля и Вселенная, 2014, № 5), обуслов-

лен усилением активности пятен в Южном полушарии. Не лишним будет добавить, что ситуация, когда второй максимум в цикле оказался выше первого на 22%, сложилась впервые за всю историю достоверных наблюдений Солнца.

Как отметил иркутский гелиофизик А.В. Мордвинов, слабые магнитные поля активных областей Северного полушария Солнца, дрейфуя к северному полюсу, долго не могли обеспечить магнитную переполюсовку. Обычно она происходит на фазе максимума цикла, но в 24-м цикле переполюсовка случилась существенно позднее первого (северного) максиму-

ма цикла. Из-за слабости “нового” поля вплоть до затмения 2015 г. так и не сформировалась полярная корональная дыра, где обычно возникают полярные лучевые структуры. Поэтому их и не было на севере во время наших наблюдений.

Более сильные магнитные поля активных областей Южного полушария, несмотря на то что максимум здесь оказался на два года позже, быстрее обеспечили эффективную переполюсовку и последующее возникновение обширной полярной корональной дыры на южном полюсе Солнца. Именно поэтому здесь не могли возникнуть высокоширотные корональ-

ные лучи (они не образуются над корональными дырами), но зато получили развитие полярные лучевые структуры, характерные для открытого магнитного поля корональной дыры.

Текущий 24-й цикл демонстрирует множество необычных свойств. Сильная северо-южная асимметрия, по-видимому, впервые проявившаяся в структуре короны столь ярко, требует,

с точки зрения автора, тщательного изучения. Можно ожидать еще сюрпризов на фазе спада цикла, поэтому необходим анализ формы короны при очередном затмении в марте 2016 г.

Информация

Темная материя в скоплениях галактик?

Группой астрономов под руководством Д. Харви (Федеральная политехническая школа Лозанны, Швейцария) изучены изображения 72 взаимодействующих скоплений галактик, полученные за последние годы с помощью космической обсерватории “Чандра” и КТХ. Исследование затрагивало загадочную темную материю – субстанцию, которая составляет большую часть Вселенной и взаимодействует сама с собой (Земля и Вселенная, 2009, № 5; 2012, № 5). Снимки синтезировали из изображений в видимом диапазоне и рентгеновском. На них ученые нашли, возможно, области темной материи, сформировавшиеся после столкновений скоплений галактик

MACS J0416.1–2403, Mac J0152.5–2852, Mac J0717.5 + 3745, Abell 370, Abell 2744 и ZwCl 1358 + 62 (см. стр. 2 обложки).

Скопления галактик – крупнейшие гравитационно-связанные объекты во Вселенной, они состоят из трех компонентов: звезд, облаков горячего газа и темной материи. Наблюдая за скоплениями, ученые пытаются понять: сказываются ли столкновения между ними, длящиеся сотни миллионов и даже миллиарды лет, на состоянии сгустков темного вещества. Сравнивались скопления галактик на разных этапах их взаимодействия. В результате предложено два возможных варианта поведения темного вещества во время столкновений. В первом случае частицы темного вещества взаимодействуют между собой слабо, но часто, поэтому области с темным веществом замедляют свое движение. Второй вариант подразумевает редкие, но достаточно сильные взаимодействия частиц: частицы темного вещества разлетаются в окружающее межгалактическое пространство. Оба возможных явления

можно зафиксировать, так как замедление скорости темного вещества вызовет изменения в структуре галактик, снизит скорость их движения и сместит звезды, а выброс темного вещества в окружающее пространство скажется на общей массе галактик. Метод гравитационного линзирования позволяет обнаруживать сгустки темной материи, так как их гравитация увеличивает и искажает вид отдаленного источника.

Оказалось, что предложенные варианты не верны: сгустки темного вещества проходят сквозь друг друга, будто их вовсе нет. Это значит, что частицы темного вещества, если они существуют (в чем авторы исследования сомневаются), взаимодействуют между собой намного слабее, чем обычное вещество, либо оно вообще отсутствует. В итоге сузились характеристики физического свойства темного вещества, по которым продолжатся его поиски. Результаты исследований опубликованы в журнале “Science”.

Пресс-релиз NASA,
27 марта 2015 г.