

С. К. ВСЕХСВЯТСКИЙ и Е. Я. БУГОСЛАВСКАЯ

**ВРАЩЕНИЕ СОЛНЕЧНОЙ КОРОНЫ, ОПРЕДЕЛЕННОЕ ПО
ВИДИМЫМ СМЕЩЕНИЯМ ДЕТАЛЕЙ**

(Представлено академиком В. Г. Фесенковым 17 IX 1939)

Громадной ценности наблюдения, полученные со стандартными коронографами советскими экспедициями во время полного солнечного затмения 19 VI 1936 г., позволили изучить изменения, происшедшие в солнечной короне за 2 часа, т. е. за время, пока лунная тень прошла от Северного Кавказа до Дальнего Востока. Вдоль полосы затмения было расположено 6 однотипных стандартных коронографов с фокусным расстоянием 5 м. В 4 пунктах—в Белореченской, на реке Урале, в Омске и Куйбышевке (Восточной Сибири)—было получено всего 30 фотографий внешней и внутренней короны. В двух пунктах—в районе Красноярска и в Хабаровске—полная фаза прошла за облаками. Благодаря однородности полученных фотографий короны можно было весьма точно произвести сравнение положений деталей, измерить смещения в короне, исследовать их качественные изменения. Предварительные результаты исследования этих фотографий были даны в статье трех авторов в т. I Трудов экспедиций по наблюдению полного солнечного затмения 19 VI 1936 г.

Во внешней короне можно было с достаточной точностью произвести измерения смещений отдельных лучей и границ мощных образований—опахал. В частности, оказалось возможным использовать пластинки стандартных коронографов для решения вопроса о вращении короны. До сих пор этот вопрос о вращении короны не был достаточно выяснен, и многие исследователи считали, что солнечная корона не участвует или почти не участвует во вращении Солнца. Первые определения лучевых скоростей вследствие больших трудностей и систематических ошибок показывали разность лучевых скоростей восточного и западного краев меньше, чем этого требует вращение короны вместе с Солнцем. Последние работы Лию⁽¹⁾ дали полное согласие разности лучевых скоростей восточного и западного края с величиной, требуемой вращением короны вместе с Солнцем. Прежние попытки определения во время затмений 1918, 1923 и 1926 гг. смещений в солнечной короне сами по себе оставались мало уверенными и не могли ничего дать для решения вопроса о вращении солнечной короны.

Располагая уникальным наблюдательным материалом, поддающимся точному измерению, мы могли поставить и решить этот вопрос. Сравнительные измерения пластинок разных эпох производились на блинк-компараторе Пулковской обсерватории.

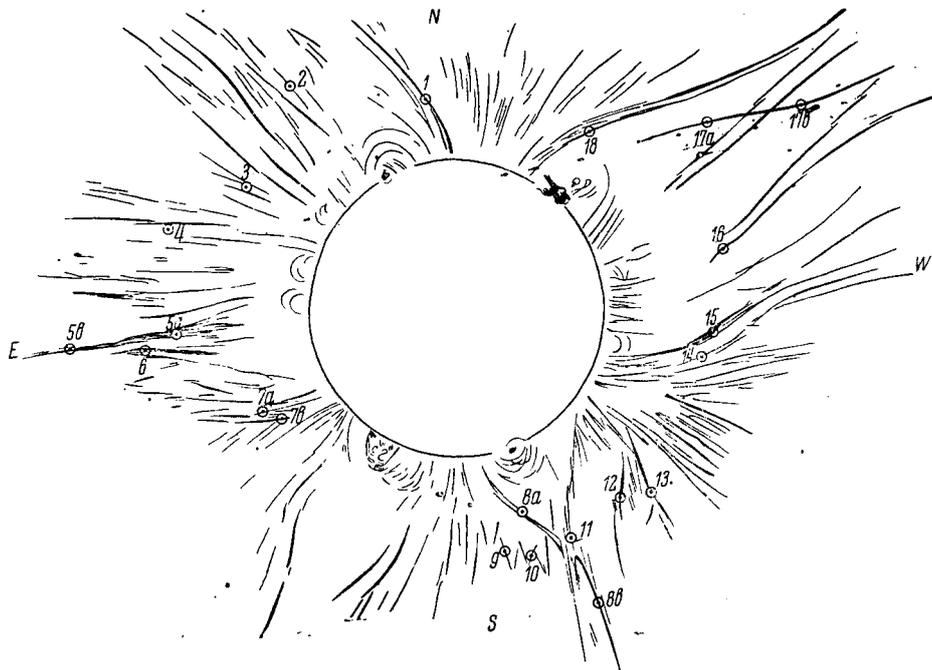
⁽¹⁾ В. S. A. F., Mai 1937.

Название коронального образования	Полярные координаты нормального места		Измеренное смещение, редуциров. к 2 часам	Число пар	Число использованных измерений
	ρ	η			
1. Северо-восточное опахало	1.40	13°	$\Delta x + 0.28$	9	122
2. Прямой луч в северо-восточном опахале	1.84	37	$\Delta x - 0.62$	6	22
3. Луч в северо-восточном промежутке	1.62	64.5	$\Delta y + 1.08$	5	12
4. Следующий прямой луч к востоку	1.95	79	$\Delta y + 1.39$	4	16
5a. Большой восточный луч	2.60	104	$\Delta y + 2.69$	7	71
5b. » » » »	2.00	103	$\Delta y + 1.45$	9	54
6. Южный компонент большого восточного луча	2.14	106	$\Delta y + 0.78$	3	4
7a. Лучи в юго-восточном прорыве .	1.43	125	$\Delta y + 0.05$ или 0.03 (весовое)	5	9
7b. Луч в юго-восточном прорыве прямой	1.41	127	$\Delta y - 0.18$	2	4
8a. Юго-западное опахало (бордик) .	1.47	202	$\Delta x - 0.18$	8	71
8b. » » » »	2.25	210	$\Delta x + 0.03$	4	40
9. Южная полярная область (бордик)	1.63	199	$\Delta x + 0.93$	2	4
10. Система слабых шлемов «гребенка»	1.75	204	$\Delta x - 2.67$ или -2.74 (весовое)	3	15
11. Западная граница шлемов, налагающихся на юго-западное опахало	1.61	214	$\Delta x + 1.06$	5	16
12a. Западная граница юго-западного опахала	1.66	229	$\Delta x - 1.22$	7	40
12b. Западная граница юго-западного опахала	—	—	$\Delta x - 3.57$	1	6
13. Более слабая граница юго-западного опахала	1.72	234	$\Delta x + 1.23$	4	18
14. Западный выступ, светлая граница	1.70	270	$\Delta y - 0.74$	9	29
15. Западный выступ, темная граница	1.70	270	$\Delta y - 1.54$	9	50
16. Северо-восточное опахало, южная граница	1.84	286	$\Delta y - 0.73$	6	20
17a. Северо-западное опахало, северная граница длинных шлемов . .	2.16	311	$\Delta y - 0.68$ -1.19 (весов.)	5	17
17b. То же	2.72	307	$\Delta y + 1.80$	2	8
18. Северо-западное опахало, северная граница	1.51	329	$\Delta y - 0.16$	2	5

(¹ Шлемы не радиальны, наклонены к экватору.

Измеренные $\Delta\lambda$	Определенные		Образование на поверхности Солища	Координаты φ λ
	φ	λ		
+ 5.9	+77°	-110°	Темное волокно, протуберанец «Мишка»	-58°, -110° (середина)
- 8.5	+55	- 75	Светлые флоккулы, предшествующие волокну «Мишка»	-50-53, -76
-16.2	+21	- 56	Светлый флоккул, окружающий пятно	+21, -57
-21.3	+ 7	- 32	Южная часть светлого мощного флоккула	+11, -32
-30.2	- 7	-150	Вероятно связан с мощным светлым флоккулом	-15, -140-150
-21.2	-5-8	-160-		
-10.8	-12-20	-150		
-10.8	-12-20	-130	Передняя часть того же яркого мощного флоккула	-20
0.0	-35	- 90	Возможно связаны с светлым флоккулом	-30°, -80-95
+ 3.5	-34	-65-66		
+ 3.5	-64	близ края (+90)	Темное волокно, протуберанец «Стог сена»	- 64, +90
- 0.3	-65		+135	Темный интенсивный флоккул, головная часть волокна «Стог сена»
+44.0	-49	+ 31	Темное волокно, растянутое по параллели	-49, +31
-17.1	-52-50	+120- +113	Темное компактное волокно	-49-50, +120
-16.1	-39	+66+68	Возбужденная область, светлые флоккулы и темные волокна	-40-45, +60+65
-47.7				
+14.6	-32°-35°	+68°- +69°	Та же возбужденная область	-
-	около 0	+76	Головная часть большого, несколько размытого волокна	0-5, 60-65
-	около 0	+65		
11.5	+14	+ 55	Светлый флоккул, окружающий пятно, за ним темные вкрапины	+20, +40-+55
+13.3	+40	+109	Связано с темным мощным волокном протуберанца «Лошадь»	+55 +75-+125 (†)
+16.9	+35	+115	Головная часть	-
- 1.7	+59	+87+85	То же мощное волокно, шлем над протуберанцем «Лошадь»	-

После точной соориентировки пластинок измерялись смещения лучей, бортиков и границ деталей на фотографиях по оси X или Y. Измеренные смещения исправлялись за разность рефракций, за инструментальные погрешности блинк-компаратора, за разность масштабов снимков и ошибку соориентировки пластинок (разность масштабов не превышала 0.02 мм на 1 см). Всего было исследовано 9 пар фотографий внешней и внутренней короны с разностью моментов наблюдений 1 час 20 мин.—1 час 56 мин. Каждая пара измерялась тремя или двумя измерителями. Точность измерения одного смещения оказалась ± 0.05 мм для каждого измерителя, что



Схематический рисунок короны, полученный в г. Куйбышевке.

соответствует $\pm 2''$ или ± 0.3 км/сек для пар Урал—Куйбышевка. Сопоставление измерений отдельных измерителей указывает на уверенность полученных результатов.

Для решения вопроса о вращении солнечной короны были использованы 18 наиболее ярких и резко выделяющихся деталей. Все измерения по каждой детали были сгруппированы в одно или два нормальных места. По измеренным смещениям для нормального места были определены угловые смещения деталей в целом, т. е. изменение ее позиционного угла

$$\Delta\gamma = \frac{\Delta y \sin \psi}{\rho \sin 1'} = \frac{\Delta x \cos \psi}{\rho \sin 1'}, \quad [2]$$

где ψ , ρ —полярные координаты рассматриваемой точки.

Легко видеть, что при вращении короны вместе с Солнцем, как целого, поворот детали, изменение ее позиционного угла зависят от гелиографических координат основания детали и от скорости вращения Солнца. В первом приближении мы приняли, что корональные лучи, бортики направлены радиально к Солнцу. В отдельных лучах учитывалась нерадиальность направления. Измерения с несомненностью установили наличие смещений деталей, причем у различных деталей короны смещения были в разных направлениях. Поэтому, рассматривая наблюдаемые смещения как след-

ствие вращения короны вместе с Солнцем, можно было найти пространственное расположение деталей. Для этого помимо наблюдаемого смещения $\Delta\eta$ нужно было знать угол положения рассматриваемой детали η . Наблюдаемые смещения могли быть, таким образом, сопоставлены с теоретическими, что позволяло определить гелиографические координаты той области, откуда выходило данное корональное образование. Теоретическое угловое смещение в картинной плоскости корональной детали, координаты основания которой λ и φ , а ν —угловая скорость вращения, дается выражением:

$$\Delta\eta = \nu\tau \frac{(-\cos\varphi \sin B + \sin\varphi \cos B \cos\lambda) \cos\varphi}{1 - (\sin\varphi \sin B + \cos\varphi \cos B \cos\lambda)^2},$$

где B —широта центра диска, а η отсчитывается от проекции оси вращения Солнца. Составленные вспомогательные таблицы очень упрощали определение по видимым смещениям гелиографических координат корональных деталей. Для суждения о правильности наших предположений и выводов мы использовали спектрогелиограммы Солнца за целый оборот (0.5 оборота до и после затмения), любезно присланные Медонской и Маунт-Вильсоновской обсерваториями. Естественно было думать, что мощные корональные образования соответствуют возбужденным областям солнечной поверхности.

Привлечение спектрограмм позволяет, с другой стороны, найти соответствие между образованиями на поверхности Солнца и деталями короны. В таблице приведены исследованные детали, координаты нормальных мест, их измеренные и угловые смещения, соответствующие гелиографические координаты и соответствующие им образования на поверхности Солнца.

Измеренные смещения оказались направленными в разные стороны, что соответствует различному расположению деталей. Оказалось, что смещения хорошо объясняются эффектом вращения короны вместе с Солнцем. При этом получается хорошее соответствие между корональными образованиями и явлениями на поверхности Солнца. Во всех случаях наиболее выдающиеся корональные образования соответствуют возбужденным местам солнечной поверхности.

Мощные шлемы и их группы—опахала поднимаются над протуберанцами и соответствуют темным флоккулам на солнечной поверхности. Прямые мощные лучи исходят из областей светлых кальциевых флоккулов.

Скорость вращения меньшая, чем была принята нами (14° в сутки), хуже удовлетворяет наблюдаемым смещениям.

Таким образом этим исследованием подтверждается предположение о вращении короны вместе с Солнцем. Безусловно, можно думать, что имеются пекулиарные движения деталей короны. Примером этого может служить большой восточный луч. В нем скорость смещения его точек с удалением от края Солнца возрастает быстрее, чем это требуется в предположении вращения, как твердого тела.

Выделение пекулиарных смещений явится следующим приближением в вопросе изучения движений во внешней короне.

Поступило
19 IX 1939