

РАДИОМЕТРИЯ СОЛНЕЧНОЙ КОРОНЫ (НАБЛЮДЕНИЕ ПОЛНОГО СОЛНЕЧНОГО ЗАТМЕНИЯ 25 ФЕВРАЛЯ 1952 ГОДА)*

М. С. ЗЕЛЬЦЕР

Введение

Радиометрический метод исследования отличается от всех других методов тем, что вследствие отсутствия селективности у приемника он один допускает непосредственное измерение полной радиации исследуемого объекта. Так как способа непосредственного измерения лучистой энергии, как таковой, не существует, то она должна быть преобразована приемником в иной вид энергии. Только при переходе в теплоту лучистая энергия во всех длинах воли дает полный эффект, т. е. только приемники, измеряющие лучистую энергию по вызванному ею нагреву, не обладают селективностью и дают практически действительную величину падающей радиации. Такими приемниками являются термоэлемент и болометр.

Длинноволновая радиация (более 5μ) вообще может быть измерена только термоэлементом или болометром, так как все остальные приемники: фотоэлемент, фотопластинка, глаз и т. д. совершенно нечувствительны к длинноволновому излучению.

Следовательно, во всех тех случаях, когда нам нужно получить всю приходящую от небесного объекта энергию или ее длинноволновую часть, мы неизбежно должны обращаться к радиометрическому методу. Поэтому и радиометрические исследования солнечной короны представляют большой интерес.

§ 1. Сводка данных о короне

Вопрос о природе солнечной короны давно привлекает к себе внимание исследователей.

В настоящее время можно считать несомненным существование вокруг Солнца атмосферы из многократно ионизованных атомов и электронов. Рассеянию ими солнечного излучения и обязана своим происхождением «лучевая» корона с замытыми из-за больших скоростей фраунгоферовыми [14] линиями и обусловленными многократно ионизованными атомами железа и кальция яркими линиями. Однако в излучении внешней короны мы можем наблюдать фраунгоферовые линии. Наличие последних в спектре короны требует наличия во внешней короне относительно крупных.

* В настоящей статье, представляющей собой основу кандидатской диссертации автора, излагаются результаты наблюдения одной группы экспедиции Абастуманской астрофизической обсерватории по наблюдению полного солнечного затмения 25 февраля 1952 года. В одном из следующих выпусков «Бюллетеня» будут опубликованы результаты второй группы экспедиции, выполнившей поляризметрические исследования короны.

медленно движущихся (иначе линии были бы замыты) частиц. Так и пытались объяснить большинство исследователей происхождение этой внешней диффузной короны [15]. Однако расчет показывает малую вероятность существования относительно крупных твердых или жидких частиц в короне [16]. Графитовая частица с диаметром в 1μ сгорает на расстоянии $16'$ от Солнца в 6,5 сек., на расстоянии $8'$ в 0,4 сек. Падение метеорной пыли должно дать большую дисперсию скоростей по лучу зрения и совершенно замыть линии. В 1947 г. голландским претерпеваемым солнечным светом, вследствие дифракции от пылевых, твердых частиц, находящихся во всем (межпланетном) пространстве между Солнцем и Землей. Расчет его показал, что диффузная корона может быть объяснена и последним путем.

Ответ на вопрос о природе диффузной короны может быть получен путем сравнения спектрального состава излучения Солнца и короны, т. е. твердые или жидкие частицы, находящиеся вблизи Солнца, должны обладать собственным температурным излучением, относительно количество которого в инфракрасной части будет больше, чем у Солнца. Если корона обязана своим происхождением таким частицам, находящимся вблизи от Солнца, то отношение всего ее излучения к инфракрасной ее части будет меньше, чем та же величина у Солнца.

Ван-де-Холст показал, что если прав он, то величина эксцесса будет очень мала. Понятно, что решить последний вопрос можно только радиометрическими измерениями.

Закон падения интенсивности коронального излучения с расстоянием от центра Солнца, до настоящего времени получался из фотометрической обработки снимков короны, что ограничивало его распространение только фотографической областью спектра [2, 3, 12].

Крайне интересно выяснить падает ли длинноволновое излучение короны по тому же закону.

Ответить на этот вопрос могут только радиометрические измерения.

Наконец, вопрос о постоянстве коронального излучения до настоящего времени является дискуссионным. Одни исследователи утверждают, на основании фотометрических измерений, что излучение короны остается неизменным [13], другие на основании электрофотометрических и радиометрических работ утверждают, что излучение короны меняется с периодом солнечной деятельности [9, 10]. Этот вопрос окончательно может быть решен только измерениями интегральной радиации короны на ряде затмений, что тоже требует для своего разрешения радиометрического исследования короны.

§ 2. Боллометрические наблюдения затмений 1900—1908 гг.

Впервые работа по радиометрии короны была проведена Абботом [17] на полном солнечном затмении 1900 года. Установка его, состоявшая из спектрометра и боллометра, имела ту особенность, что одна из сторон автоколлимационной призмы спектрометра была посеребрена. Специальным приспособлением позволяло осуществить поворот призмы на 180° и таким образом превратить спектрометр просто в систему зеркал, фокусирующих деталь короны на щель боллометра. Такая конструкция позволяла

измерить радиацию от участка короны, как во всех длинах волн пропускаемых радиометром, так и в отдельных спектральных областях.

Установка Аббота оказалась недостаточно чувствительной: отклонения гальванометра при падении на щель неразложившей радиации от участка внутренней короны были менее 5 мм. Участки спектра между линиями Н и К совсем не дали отклонений гальванометра. Абботом было отмечено интересное обстоятельство: при наступлении полной фазы затмения, после удаления серого картона, экранирующего щель боллометра, полученные отклонения гальванометра соответствовали охлаждению, а не нагреву ленты боллометра. Аббот объяснил это тем, что нагревая ток полоска боллометра после открытия заслонки излучала в пространство больше энергии, чем получала ее при этом от короны.

Измерение радиации короны при помощи боллометра было повторено Абботом [18] на затмении 1908 г.

При этом, в старой установке были произведены следующие существенные изменения:

- 1) Чувствительность боллометра была повышена; отклонение гальванометра на 1 мм соответствовало нагреву на 10^{-3} градуса.
- 2) 7 зеркал были заменены одним короткофокусным 50-см зеркалом со светосилой 1:2.
- 3) Вместо призмы применялся светофильтр из тонкого слоя асфальтового лака, нанесенного на плоскопараллельную стеклянную пластинку толщиной в 3 мм. Такие светофильтры обладают пологой кривой пропускания (рис. 1).

4) Для устранения отмеченного в измерениях 1900 г. отрицательного отклонения зеркала гальванометра, перед боллометром был установлен стеклянный фильтр, пропускающий только лучи с длинами волн короче 3μ и следовательно препятствующий охлаждению ленты боллометра, но не задерживающий, по мнению Аббота, корональную радиацию.

Для сравнения с радиацией короны, тем же боллометром были измерены излучения от части лунного серпа ночью и Солнца при частных фазах; в последнем случае наблюдения велись при шунтированном гальванометре. Малый период гальванометра (1,9 сек.), а также наличие между стеклянной пластинкой и боллометром диафрагмы, выделявшей из объекта участок в 3 угловых минуты, позволили произвести во время полной фазы промеры излучения точки на лунном диске и точек на короне на расстояниях $1'5$; $4'$ и $12'$ от края Луны. Полученные результаты приведены в таблице I.

Таблица I ცხრილი

	Без фильтра უფილტროდ	С фильтром ფილტრით	Процентное отношение პროც-ლი ფარდობა
Точка на солнечном диске на расстоянии 0,7 радиуса от центра	6,6 см	2,2 см	33%
Точки на короне:			
на расстоянии 1'5 от края Луны	10,8	3,7	34
" " 1'5 " "	9,9	3,8	38
" " 4'0 " "	3,1	1,2	38
" " 4'0 " "	3,1	1,0	32
" " 12'0 " "		отклонение не получено	

Из этих результатов А б б от сделал вывод об идентичности спектрального состава солнечной и корональной радиаций и неизменности его с удалением от края Солнца.

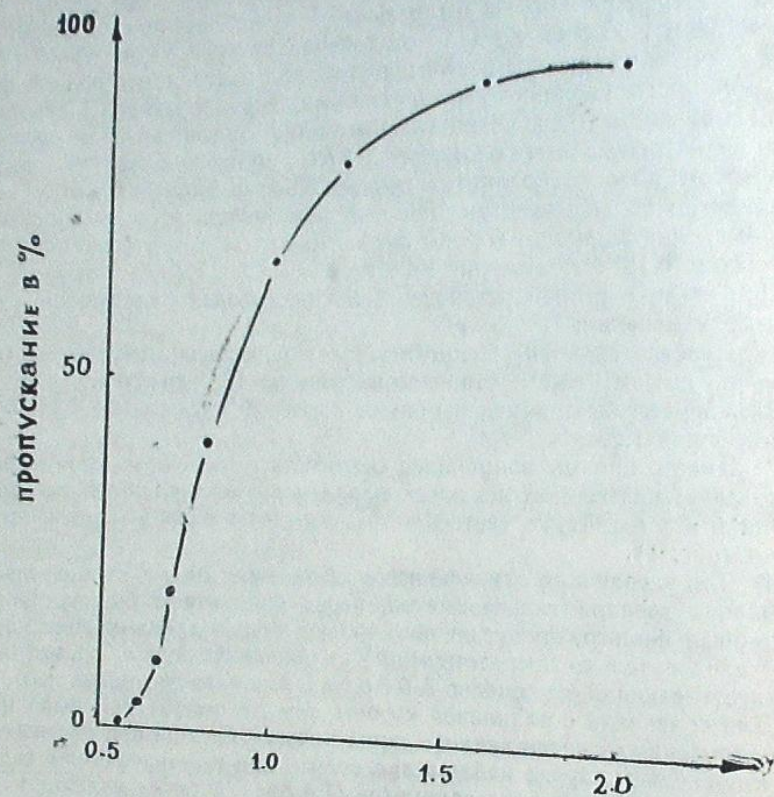


Рис. 1 бзб.

§ 3. Первые пробы использования термоэлементов.

Измерение корональной радиации термоэлементом впервые было произведено на затмении 1901 г. Ю л и у с о м [20].

Термопара с воспринимающей поверхностью в виде диска, диаметром 5 мм, была помещена на дне трубки с диафрагмой на другом ее конце, позволявшей вырезать из измеряемого объекта участок примерно в 3° углового диаметра.

В установке полностью отсутствовала оптика и термоэлемент непосредственно направлялся на корону или, для учета влияния фона — на небесный свод вблизи от нее. При испытании установки на Луне были получены отклонения шкалы на 23—24 деления.

Во время наблюдения затмения Солнца разница отсчетов на короне и фоне колебалась от 0 до 8 делений шкалы.

Вторичная попытка измерить интегральную радиацию короны термоэлементом была сделана К а л е н д е р о м [19] при затмении 1905 г. Изображение короны должно было проектироваться 50-сантиметровым зеркалом на термостолбик, нагреваемые спаи которого были расположены по кольцу с внутренним диаметром, равным диаметру изображения Солнца (рис. 2).

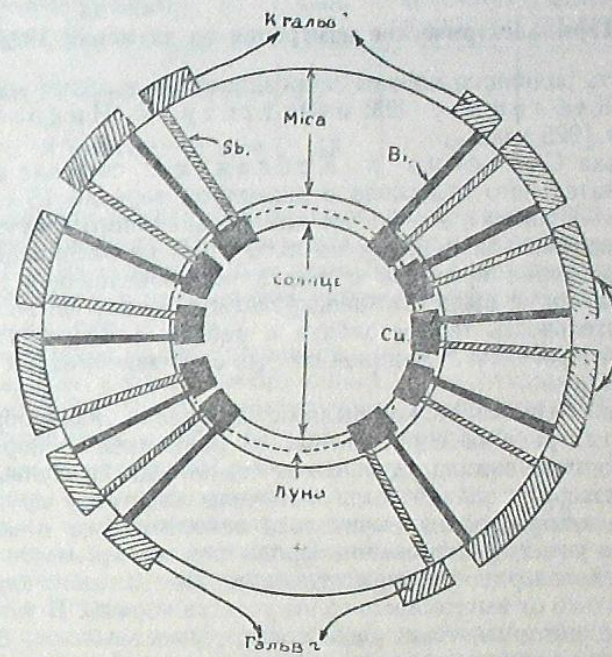


Рис. 2 бзб.

Компенсирующие спаи термостолбика были расположены по concentрическому кольцу большего диаметра и защищены от падения на них радиаций специальной диафрагмой. Термостолбик состоял из двух половин, в каждой из которых 5 спаев были соединены последовательно. При помощи специального переключателя могло производиться встречное или последовательное соединение обеих половин столбика.

Такая конструкция позволяла исключить влияние фона без переброски инструмента, т. к. в начале полной фазы одна половина спаев должна была воспринимать радиацию от половины короны, а другая, включенная навстречу и совпадавшая с изображением темного диска Луны, должна была измерять фон. Одинаковая чувствительность обеих половин была тщательно проверена, так что отклонения гальванометра вызывались только радиацией половины короны.

То же самое могло быть измерено для второй половины короны в конце полной фазы. Последовательное соединение обеих половин позволяло измерять не только радиацию всей короны в середине фазы, но и измене-

ние энергии, получаемой от короны при нахождении диска Луны на внутренние, более яркие части.

Сравнение с Солнцем предположено было сделать с помощью приспособленного для этого абсолютного болометра при диафрагмированном зеркале рефлектора. Однако, сплошная облачность во время полной фазы помешала произвести измерения. В литературе не удалось найти указаний на использование этой установки при следующих затмениях.

§ 4. Термоэлектрические измерения на затмении 1925 года.

Измерить радиацию короны термоэлементом впервые удалось Стетсону и Коблентцу [24] и Петтиту и Никольсону [23] на затмении 1925 года.

Установка Стетсона и Коблентца состояла из ньютоновского отражательного телескопа с диаметром зеркала 15 см и фокусом 127 см и помещенного в его фокусе компенсационного вакуумного термостолбика. Термостолбики имели по пять спаев из расплющенной висмутовой и серебряной проволок с общей воспринимающей поверхностью $1.5 \times 5 = 7.5$ кв. мм и были скомпенсированы с точностью до 3%.

Чувствительность термостолбика в работе Стетсона и Коблентца не приведена. Соединен он был с гальванометром чувствительностью 12 мм/мк.

Установка термостолбиков была осуществлена таким образом, чтобы в то время как рабочие спаи освещались радиацией от короны, на компенсационные спаи падала радиация от темного диска Луны.

Так как термостолбики были включены навстречу друг-другу, то в этом случае влияние фона вычиталось автоматически и не требовало специального учета. Изображение короны получалось много больше воспринимающей поверхности термостолбика, измеряющего таким образом радиацию только от вырезаемого им участка короны. В установке была осуществлена автоматическая переброска термостолбиков, позволяющая измерять точку короны на восток или на запад от диска Солнца. При осуществлении переброски рабочие спаи занимали место компенсирующих, а последние измеряли радиацию короны.

Флуоритовое окно термостолбика позволяло мерить достаточно далекое длинноволновое излучение. Для разделения видимого и инфракрасного излучения использовался стеклянный фильтр, наполненный, из-за низкой температуры воздуха в день затмения, вместо воды глицерином, спектральная кривая пропускания которого, по данным наблюдателей, идентична с таковой воды.

Результаты наблюдений приведены в таблице II.

Необходимо отметить, что солнечная радиация Стетсоном и Коблентцом при этом не была измерена ни до, ни после затмения. Из полученных результатов наблюдатели сделали вывод о наличии инфракрасного эксцесса в короне.

Нам кажется, что измерение солнечной радиации той же установкой, которой измерялась радиация короны, совершенно необходимо, так как без них работа не может считаться законченной, а выводы, сделанные наблюдателями—заслуживающими доверия.

Схема Петтита и Никольсона принципиально не отличалась от схемы Стетсона и Коблентца [24]. В фокусе пятидесятисантиметрового (50.5 см) зеркала со светосилой 1:2 (того же самого,

Таблица II ცხრილი

Точки на короне წერტილები გვირგვინზე	Фон ფონი	Корона—გვირგვინი		Разность (корона минус фон) სხვაობა
		Без фильтра უფილტროდ	С фильтром ფილტრით	
На расстоянии 2' к западу от края	{ 11.3 10.6	13.0 —	— 11.0	+1.7 +0.4
На расстоянии 2' к востоку от края	8.8	7.8	—	-1.0

которое было использовано А б б о т о м на затмении 1908 г.) помещался спай компенсационного термоэлемента, вырезающего из изображения короны точку на расстоянии 4.6 от края Луны. Компенсирующий спай термоэлемента, как и у предыдущих наблюдателей, измерял радиацию от темного диска Луны.

Термоэлементы были расставлены на 5 мм (т. е. примерно на расстоянии радиуса лунного изображения). Воспринимающие площади их равнялись 0.76 кв. мм. Чувствительность и сопротивление использованных термоэлементов у наблюдателей не приведены.

Специальное приспособление позволяло осуществлять переброску термоэлемента и измерять радиацию от точки короны, расположенной на восток или на запад от солнечного диска, при этом рабочий и компенсирующий спаи менялись местами. Термоэлемент работал с гальванометром Д'Арсинваль высокой чувствительности (величина ее не указана) и с периодом в 1 секунду.

Для исследования спектрального распределения коронального излучения и сравнения его с солнечным были использованы два фильтра:

1. Водяной в 1 см толщиной, наполненный из-за низкой температуры воздуха, соленой водой и

2. Покровное стекло толщиной 0.165 мм. Отклонения регистрировались на фотобумаге и позже были тщательно промерены на компараторе.

Для сравнения с Солнцем наблюдатели закрывали 50-см зеркало и в центре его устанавливали маленькое (диаметр 47.7 мм), светосильное (фокус 40.5 мм) зеркало. Измерения солнечной радиации производились при той же высоте Солнца, на которой наблюдалась корона.

Полученные результаты приведены в таблице III.

Так как записанные во время наблюдения короны отклонения удвоены (при переходе от точки восточнее Луны к точке западнее, наблюдатели переходили со спая на спай), то и отклонения от Солнца должны быть умножены на 2.

Кроме Солнца Петтит и Никольсон измеряли и радиацию части лунного серпа при угле фазы 136.3. Результаты наблюдений, приведенные к тому же зенитному расстоянию, на котором наблюдались корона и Солнце, даны в таблице III.

Полученное наблюдателями распределение энергии по спектру представлено в таблице IV.

Таблица III ცხრილი

	Без фильтра ფილტრის გარეშე	С водяным фильтром წყლის ფილტრით	С покров- ным стеклом მინის ქვეშ
От Солнца при том же зенитном расстоянии, при котором наблюдалась корона . . .	57.2 мм	40.8 мм	56.2 мм
От короны на расстоянии 4'6 от края Луны Среднее из отбросов на восток и на запад	65.4	47.1	61.4
От Луны	183.5	21.1	31.7

Таблица IV ცხრილი

	0.3μ—1.3μ	1.3μ—5.5μ	8μ—14μ
Корона—გვირგვინი	77.6	22.4	0.0
Солнце—მზე	71.4	28.6	0.0
Луна—მთვარე	12.5	6.6	80.9

Мы видим, что, в противоречии с результатами Стетсона и Коблента, по Петтиту и Никольсону, распределения энергий в спектрах короны и Солнца очень близки. После введения всех поправок, величина отношения интенсивностей излучения измеренной точки короны и Солнца была найдена наблюдателями равной 5.4×10^{-7} .

Для этого, одновременно с радиометрическими промерами, Петтит и Никольсон получили на пластинках Сиид 30 и Ильфорд ряд фотографий короны. Закон падения яркости в короне был получен одним и тем же по снимкам на обоих типах пластинок. На основании последнего результата наблюдатели распространили полученный закон падения яркости в короне на все длины волн и вычислили энергию всей короны в долях солнечной по формуле:

$$E = \frac{5.4 \times 10^{-7} \sum IA}{I_c} \quad (1)$$

где I —средняя интенсивность, A —площадь и I_c —средняя интенсивность точек короны, измеренных термоэлементом.

Подставляя в уравнение (1) результаты фотометрии короны, наблюдатели получили для E величину 10.1×10^{-7} по пластинкам Сиид 30 и 10.7×10^{-7} по пластинкам Ильфорд.

Полученные Петтитом и Никольсоном радиометрические промеры нам кажутся вполне надежными. Величина же интегрального излучения короны, полученная из соединения радиометрических и фото-

графических промеров, кажется сомнительной, так как неизменность закона падения яркости в короне во всем видимом интервале длин волн (Сиид 30 450 $m\mu$ и Ильфорд 650 $m\mu$) кажется еще недостаточной для распространения его на далекую инфракрасную часть спектра.

Этим исчерпываются зарубежные радиометрические исследования короны.

§ 5. Радиометрические наблюдения при затмении 1936 года

Учитывая опыт всех предыдущих экспедиций, при подготовке к наблюдению затмения 1936 года, Абастуманской обсерваторией было решено измерять радиацию не отдельных точек короны, а всей короны в целом, чтобы иметь возможность сравнить ее потом с лунной или солнечной радиацией.

В связи с этим решено было окончательно остановиться на схеме прибора, предложенной А. В. Марковым (рис. 3). Изображение короны фокусировалось сферическим зеркалом диаметром 120 мм и фокусом 300 мм на сложную флуоритовую линзу со световым диаметром 9 мм и фокусным расстоянием 11.5 мм. Последняя давала на одном из спаев компенсационной термопары изображение зеркала диаметром 5.3 мм. Угловая величина поля равнялась $1^\circ.71$ т. е. корона измерялась до $36'$ от края Солнца.

P-12709

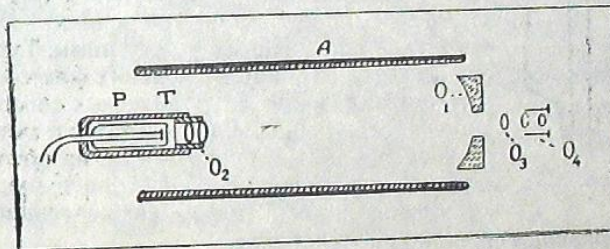


Рис. 3 бб.

Для настоящей установки нами была тогда изготовлена специальная термопара компенсационного типа [1].

Одним из требований для получения высокой чувствительности термоэлемента является малое поперечное сечение металлов, образующих пару, уменьшающее отток тепла.

Принимая это во внимание, при подготовке к затмению 1936 г., мы остановились на применявшемся и ранее типе термоэлемента в виде полоски, имеющей очень малую толщину (0.5μ—1.0μ) при ширине в 1 мм и более, в зависимости от экспериментальных требований. Для получения тонких металлических слоев мы остановились на методе испарения, как наиболее простом. Схема установки для испарения дана на рис. 4. Кусочек испаряемого металла помещался в вольфрамовую спираль А, накаливаемую током. Реостат позволял регулировать накал спирали. Подкладочный слой С, на который осаждались металлы, образующие пару, крепился латунным кольцом К на подвес В. Сосуд из молибденового стекла, заключающий в себе спираль и подвес, соединялся с вакуумной уста-

новкой состоящей из масляного и двух последовательно соединенных ртутных насосов. Ловушка с жидким воздухом служила для поглощения ртутных паров. Давление измерялось манометром.

Первоначально в качестве подкладочного слоя употреблялись тонкие пленки целлюлоида; впоследствии, из-за малой их прочности и неудобства обращения, перешли к тонким слоям слюды, на которых и были получены все нижеописанные термоэлементы.

Для получения слоев пластинка свежерасщепленной слюды наполовину закрывалась заслонкой из слюдяной же пластинки и испарялся первый металл. По испарении, заслонка переставлялась, оставляя открытыми те места, на которые должен был осесть второй металл. Слои наносились так, что один перекрывал несколько (на десятые доли миллиметра) другой, создавая хороший контакт между обоими металлами.

Получение хороших металлических слоев встретило большие затруднения. Осаждающиеся металлы имеют тенденцию давать слои, имеющие крупнокристаллическую структуру и обладающие большими сопротивлениями, когда толщина слоя достигает долей микрона. При рассмотрении под микроскопом такие слои представляются в виде металлических островков с разрывами между ними. Тут повидному сказывается влияние нескольких факторов. Известно, что при получении металлических слоев методом испарения или распыления, качество и метод предварительной обработки поверхности, на которой осаждается металл, имеют решающее значение; поэтому нами употреблялась только свежерасщепленная слюда, не подвергавшаяся никакой обработке.

В литературе есть указания на то, что небольшой подогрев поверхности, на которой осаждается металл, способствует образованию крупнокристаллического слоя. Еще более сильно влияющим фактором повидному является скорость образования слоя. Создается такое впечатление, что при быстром осаждении металл не успевает кристаллизоваться и слои получаются с хорошей проводимостью, тогда как при медленном испарении получить слои с малыми сопротивлениями ни разу не удалось.

Первоначально высокий вакуум создавался при помощи двух последовательно соединенных диффузных парафиновых насосов. Большим их преимуществом является то, что они работают без водяного охлаждения и не требуют жидкого воздуха. Однако они не всегда работают одинаково хорошо и менее надежны, чем ртутные. Кроме того, они менее мощны. Принимая все это во внимание и учитывая то, что наличие в установке манометра Мак-Леода все равно требовало жидкого воздуха, мы впоследствии заменили парафиновые насосы ртутными.

Для удаления газов из вольфрамовой спирали, служившей для нагрева испаряемого металла, приходилось довольно долго предварительно

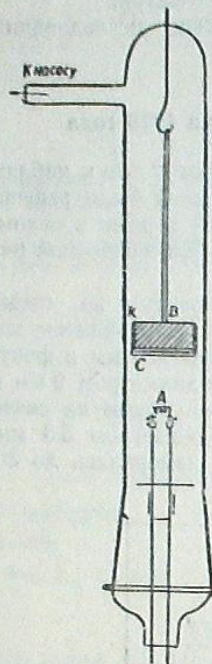


Рис. 4 Бзб.

прокаливать ее в вакууме. После этого приходилось ненадолго разбирать установку и вводить внутрь спирали испаряемый металл.

Газы, поглощенные за это время спиралью, частично отдавались обратно во время медленного нагрева раньше, чем металл начинал испаряться, частично же они удалялись уже во время испарения и поэтому необходимо было создать условия, при которых насос мог бы их быстро откачивать.

Малейшая неполадка в работе насоса уже сказывалась на повышении давления и качестве слоя.

Прикрепление вводов к полученному термоэлементу производилось путем припаивания сплавом Вуда.

Так как с одной стороны не все металлы хорошо паяются, а с другой — вообще припаивание к тонким пленкам металла затруднительно, на концы полученной нами термопары наносится катодным распылением золотой слой, к которому уже легко было припаивать отводящие ток проволочки.

Приготовленная таким образом пленка разрезалась на полоски желаемой ширины, которые крепились на ножке, представляющей собою стеклянную трубку, в которую вплавлялись две молибденовые проволоки диаметром 0,3 мм с приваренными на концах никелевыми или припаянными медными пластинками толщиной 0,1 мм, к которым и припаивался термоэлемент (рис. 5). Места контактов термоэлектродов с никелем закрывались, для защиты от падающего излучения экраном из никелевой фольги, укрепленным на специально впаянной в ножку молибденовой проволоке.

Поверхность элемента покрывалась скипидарной копотью, после чего ножка вплавлялась в стеклянный баллон, который откачивался и закрывался. Стекланные оболочки, в которые помещались термоэлементы, были двух типов. 1-й: баллон имел окно представляющее собой сферическую, очень тонкую (порядка 1/100 мм) стеклянную пленку.

2-й: Термоэлементы для более далекой области с флуоритовым окном, приклеенным пицелном, работающие под откачкой.

Первыми испаренными нами металлами были сурьма и висмут; они, обладая относительно низкой температурой кипения (у висмута 1000°C, у сурьмы 1400°C), легко испаряются в вакууме и имеют сравнительно небольшие сопротивления. Эта пара дает термоэлектродвижущую силу около

$75 \frac{\mu v}{град}$. Термоэлементы этого типа давали у нас без откачки, при ширине полоски 1 мм, $5-6 \frac{\mu v}{\mu кал}$

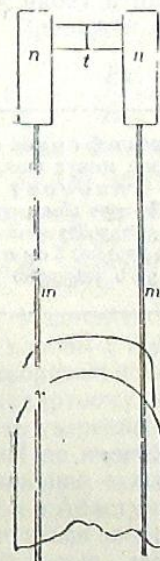


Рис. 5 Бзб.

при сопротивлении 30—50Ω.

Подобный термоэлемент компенсационного типа с шириной полоски 5 мм был изготовлен нами для измерения интегральной радиации солнечной короны во время полного солнечного затмения 1936 года.

Термопара была изготовлена компенсационного типа, для ослабления влияния колебаний температуры. Пятимиллиметровая ширина полоски, обусловившая уменьшение чувствительности, была вызвана размером получаемого изображения выходного зрачка и желанием наблюдателей измерить всю получаемую от короны энергию.

Данные для изготовленных нами термопар приведены в таблице V.

Таблица V ცხრილი

Термопары თერმოპარები	Сопротивление в омах წინაღობა ომებში	Чувствительность без от качки в μv μ კალ მგრძობიარობა უეკუშუმით	Чувствительность после от качки в μv μ კალ მგრძობიარობა ვაკუშუმში
Сурьма-висмут (ширина полоски 1 мм)	30—50	5	10
Сурьма-висмут (ширина полоски 5 мм)	35	0.22	0.30
Сплавы Гутчинса	700—100	7—9	22

Затмение Солнца впервые наблюдалось 19 июня 1936 года недалеко от поселка Каленого, на берегу Урала.

Результаты промеров, произведенных С. Н. Доновым и Л. А. Сухаревым в обработке В. Б. Никонова даны нами в таблице VI, воспроизведенной из работы В. Б. Никонова [8].

Таблица VI ცხრილი

T	Корона გვირგვინი	Темный фон ბნელი ფონი	Темнота სიბნელე	Примечание შენიშვნა	Средний отброс на короне минус фон, по Никонову საშუალო ანათვალი გვირგვინზე ფონის გამოკლებით, ნიკონო- ვის მიხედვით
0*	—	—	106		
9	131	—			
19	—	137			
29	130				
39		138			
49	131				
59		(140)			
69	(128)			Сомнительно	7.2 мм
79		134		Сомнительно	
89	126				
99		(110)		Сомнительно	

Полученные величины были приведены к границе атмосферы (причем для последней цели использован был актинометрический коэффициент прозрачности, полученный в экспедиции А. Н. Гордовым) и к среднему расстоянию до Солнца. После приведения, полученный отброс от короны составил 12.4 мм.

Привязка к Луне, на той же установке, была осуществлена позже в Абастумани. По отклонениям гальванометра, полученным от Луны точно в полнолуние была определена по формуле Петтита [22] $R = 1.11 Cg$ величина отброса, соответствующая отраженной части лунной энергии. Последняя величина, после исправления за поглощение в атмосфере и приведения к среднему расстоянию от Земли до Луны, составила 11.4 мм. Используя приведенные результаты, В. Б. Никонов получил для отношения излучения короны к излучению Луны величину [8]:

$$\frac{E_k}{E_{R_D}} = 1.08 \quad (2)$$

Для получения интегрального излучения короны в энергетических единицах В. Б. Никонов подставил в уравнение (2) вместо E_{R_D} значение, полученное Петтитом для отраженного излучения Луны, приведя его к границе атмосферы. Для последней цели он, по его данным, использовал величину экстинкции, полученную Петтитом для отраженной лунной энергии в зените Маунт Вильсон. Вычисленную им величину $E_{R_D} = 6.3 \times 10^{-6} \frac{\text{кал}}{\text{см}^2 \text{мин}}$ Никонов подставляет в (2) и получает

для E_k величину $6.8 \times 10^{-6} \frac{\text{кал}}{\text{см}^2 \text{мин}}$.

Принимая для солнечной постоянной величину $1.94 \frac{\text{кал}}{\text{см}^2 \text{мин}}$, он получает $\frac{E_k}{E_{\odot}} = 4.1 \times 10^{-6}$.

Мы считаем не вполне правильным использование В. Б. Никоновым для экстинкции значения $0^m 51$, вместо приведенной у Петтита величины ее, равной $0^m 15$. Применение этой последней уменьшит отношение $\frac{E_k}{E_{\odot}}$ до 2.54×10^{-6} .

Недостатком упомянутой работы надо считать также то, что привязку короны к Луне, сделанную позже в Абастумани, нельзя считать удовлетворительной. Чувствительность термоэлемента не была проверена по стандартному излучателю ни до, ни после затмения, и поэтому нельзя быть уверенным в том, что она отвечала данным паспорта, полученным в ГОИ до перевозки пары и экспериментирования с нею. Сравнение относительной чувствительности термоэлемента В. Б. Никоновым на Урале и в Абастумани с помощью лампочки от карманного фонаря не может считаться вполне надежным, т. к. излучение такой лампочки с неотожженной нитью, даже при неизменном напряжении, едва ли достаточно постоянно.

Вторым дефектом привязки надо считать длительность промежутка между наблюдениями, в течение которого зеркало потребовало нового серебрения. Коэффициент отражения зеркального слоя ни на Урале, ни в Абастумани не измерялся и одинаковость его в обоих случаях ничем не была доказана.

Однако, несмотря на указанные недостатки, большой ценностью работы В. Б. Никонова является впервые выполненное непосредственное измерение интегральной радиации всей короны до 1.7° диаметром.

§ 6. Затмение 1941 года

Для затмения 1941 г. В. Б. Никоновым был построен новый радиометр, оптическая схема которого [9] принципиально не отличалась от схемы 1936 года.

Изображение измеряемого объекта проектировалось сферическим серебряным зеркалом на ту же флуоритовую линзу, дающую изображение зеркала (входного зрачка инструмента) на рабочем спае термоэлемента (в выходном зрачке). Фокус нового зеркала составлял 297 мм при диаметре 150 мм. Световой диаметр линзы составлял по Никонову 9.8 мм, при фокусе ее 11 мм. Рабочее поле радиометра было $1^\circ.89$ при масштабе $1^\circ=5.18$ мм, т. е. по геометрическому расчету, без учета aberrаций, этим прибором можно было наблюдать корону до $40'.6$ от края Солнца.

В качестве индикатора был использован один из наших термоэлементов, приготовленных для затмения 1936 года. Это был вакуумный сурьмяно-висмутовый термоэлемент со стеклянным оксидом толщиной в несколько сотых миллиметра (таблица V). Ничтожная толщина окна позволяла измерять инфракрасную радиацию примерно до 5.5μ . Термоэлемент был соединен с гальванометром Чернике типа Z, с вольтовой чувствительностью порядка $4 \cdot 10^{-8} V$, внутренним сопротивлением 15 ом, периодом 7 сек. Отсчеты гальванометра велись методом отсчетной трубки и шкалы.

Тубус радиометра был смонтирован на параллаксическом штативе и перемещение инструмента по параллели осуществлялось с помощью микрометрического винта от руки. Для сравнения спектрального состава солнечного и коронального излучений применялся устанавливаемый в параллельном луче водяной фильтр толщиной в 1 см, отсекающий всю инфракрасную радиацию с длиной волны более 1.3μ .

Для сравнения излучения короны с Солнцем, излучение последнего должно быть ослаблено примерно в 10^6 раз. Для последней цели В. Б. Никоновым была использована следующая схема: на расстоянии 30 м от радиометра помещался белый гипсовый экран, освещаемый Солнцем и посылающий рассеянный солнечный свет на зеркало радиометра. В этом случае на флуоритовой линзе радиометра получалось изображение гипсового экрана. На линзу надевалась градиационная диафрагма, уменьшающая рабочее поле радиометра в 64 раза. Так как исследование показало, что полученного ослабления недостаточно, то падающая на зеркало радиометра радиация была еще ослаблена вращающимся сектором.

Интегральный коэффициент рассеяния экрана определялся В. Б. Никоновым на специальной установке, использующей свет Солнца, находящегося примерно на том же зенитном расстоянии как и во время стандартизации. Коэффициент отражения определялся как с фильтром, так и без него и из полученных измерений вычислялось уменьшение теплового эквивалента Солнца, обусловливаемое введением гипсового экрана.

Затмение наблюдалось в селе Джаланаш в районе города Алма-Ата, где продолжительность полной фазы была 126 сек. За это время было произведено по два отсчета на короне и на фоне, с фильтром и без него. Результаты наблюдений приведены в таблице VII (по работам В. Б. Никонова [9]).

Таблица VII ცხრილი

Момент отсчета ანათვალის მომენტი	При закры- том затворе დახურული საკეტი	Без фильтра	С фильтром
		корона ფონ	корона ფონ
		უფილტროდ	ფილტრით
- 1 ^o	55.8		
+ 14		(52.4)	
29		55.2	
44			67.2
59			60.8
74		62.8	
89		50.2	
104			64.6
119			58.0
+134		52.2	

Сравнение с Солнцем было осуществлено на следующий день после затмения при совершенно ясном небе. Полученные результаты приведены в таблице VIII.

Таблица VIII ცხრილი

T (декретное) დრო (დეკრეტული)	Затвор закрыт საკეტი დახურულია	Без фильтра უფილტროდ		С фильтром ფილტრით	
		Солнце მზე	Тень ჩრდილი	Солнце მზე	Тень ჩრდილი
9 ^h 22 ^m	50.3	96.0	50.0	76.9	45.0
		87.7	41.3	69.0	37.7
		80.9	35.2	62.7	30.0
		74.1	28.1	56.0	24.9
		68.8	25.2	—	22.3
		—	23.8	51.8	—
9 31	15.8	65.0	20.8	—	20.1
		—	—	—	—
		—	20.8	—	—

На основании полученного материала, после введения соответствующих поправок, В. Б. Никонов дает для теплового эквивалента короны $0^{\text{м}} 72$ и для теплового эквивалента Солнца $0^{\text{м}} 45$, т. е. для инфракрасного эксцесса в излучении короны Никонов получает значение $+0^{\text{м}} 27$.

Распространяя закон Баумбаха для падения яркости в короне на весь исследуемый им интервал длин волн, Никонов пробует учесть не измеренную радиометром часть коронального излучения и получает величину интегрального блеска всей короны в области от 0.3μ до 5.5μ . По наблюдениям затмения 1941 г. он получает ее равной $E_k (1.00; \infty) = 1.04 \times 10^{-6} E_{\odot}$ и достаточно близкой к величине, данной Петтитом и Никольсоном, тоже в предположении о распространении визуального закона падения яркости в короне на весь интервал длин волн. Рассматривая полученные В. Б. Никоновым и приведенные в таблице VII числа, мы видим, что только один промер короны без фильтра на 74 секунде может считаться вполне надежным. Два промера фона без фильтра очень сильно разнятся один от другого и нельзя решить какой из них верен. В. Б. Никонов считал, что расхождение в отсчетах обусловлено только смещением нуля гальванометра. Поэтому отсчет, соответствующий моменту наблюдения короны, он получал по формуле:

$$n = n_1 + \frac{n_2 - n_1}{T_2 - T_1} (T - T_1), \quad (3)$$

где n_1 и n_2 отсчеты на фоне, T_1 и T_2 — соответствующие им моменты наблюдений, а n отсчет, соответствующий моменту T наблюдения короны. В результате, для инфракрасного эксцесса в излучении короны получено значение $0^{\text{м}} 27$. Мы же подсчитали, что если принять как верный отсчет 55.2, полученный на 29 секунде и привести его, учитывая смещение нуля гальванометра, полученное из наблюдений до и после затмения к 74 секунде, то для теплового эквивалента короны мы будем иметь $0^{\text{м}} 46$ и следовательно никакого инфракрасного эксцесса в излучении короны не обнаружим.

Нам кажется поэтому, что на основании полученных В. Б. Никоновым результатов преждевременно делать заключение о наличии в излучении короны инфракрасного эксцесса. Надо отметить, что установка, использованная Никоновым для исследования гипсового экрана, имела стеклянную линзу и следовательно определенное на ней изменение теплового эквивалента, обусловленное отражением от экрана, может быть и не верно.

Распространение на весь интервал длин волн формулы Баумбаха, для падения яркости в короне, собственно говоря, требует еще обоснования. Очень интересно, что полученная на затмении 1941 г. величина интегрального блеска короны в 2—3 раза меньше полученной Никоновым в 1936 г. и близка к результату, полученному другими авторами при условии тех же допущений.

Основным недостатком работы установки Никонов, совершенно справедливо, считал малую величину отбросов и недостаточное их число. Поэтому им было предложено использовать на будущих затмениях обе спая компенсационного термоэлемента одновременно, с тем, чтобы в то время как один из спая будет измерять радиацию от короны, второй бу-

дет измерять радиацию от неба на расстоянии 5° от Солнца. Это была бы установка сходная с установками Стетсона и Коблентца и Петтита и Никольсона, но с тем существенным различием, что в данном случае на спай термоэлемента, как и в предыдущих экспедициях Никонova, должна была падать радиация практически от всей короны. В такой схеме фон должен вычитаться автоматически и, следовательно, число отсчетов на короне увеличится вдвое. Установка должна иметь приспособление, позволяющее осуществлять переброску трубы с тем, чтобы радиация короны падала то на один, то на другой спай термоэлемента. В этом случае направление отклонений гальванометра будет меняться и точность отсчетов увеличится вдвое.

Очень интересна данная В. Б. Никоновым в этой работе и работе 1945 г. [9, 10] сводка интегральных радиаций короны, полученных различными способами и различными авторами, и его вывод о том, что интегральное излучение короны меняется с периодом солнечной деятельности.

§ 7. Подготовка к затмению 1952 г. Реконструкция установки

Для радиометрического исследования солнечной короны на затмении 1952 г. нами решено было использовать установку, работавшую на затмении 1941 г., введя в нее ряд улучшений.

Схема установки дана на чертеже 3. Оправа зеркала O_1 , заново оталюминированная перед затмением, крепилась к трубе радиометра тремя винтами и имела 3 юстировочных винта, с помощью которых изображение короны приводилось на центр флуоритовой линзы O_2 . Фокусировка изображения короны на флуоритовой линзе осуществлялась ввинчиванием и вывинчиванием оправы последней.

Оправа термостолбика T имела 3 юстировочных винта с помощью которых он мог быть установлен так, чтобы изображение зеркала получалось на воспринимающей поверхности термоэлемента. Специальная нарезка позволяла перемещать термоэлемент в направлении оптической оси инструмента для фокусирования изображения зеркала на воспринимающей поверхности термоэлемента.

Для затмения 1952 г. решено было изготовить термоэлемент нового типа.

После изготовления термоэлементов для затмения 1936 г., нами была сделана проба испарить сплавы Гутчинса [4] (97% висмута с 3% сурьмы и 95% висмута с 5% олова). Термопара из этих сплавов обладает значительно большей термоэлектродвижущей силой $\left(120 \frac{\mu v}{\text{град}}\right)$, чем пара сурьма-висмут $\left(75 \frac{\mu v}{\text{град}}\right)$. Возможность осуществления такой термо-

пары могла подвергаться сомнению, так как не было известно, будут ли испаряемые металлы осаждаться на подкладочном слое в том же процентном отношении, в каком они были до испарения.

Однако, полученные из сплавов Гутчинса термопары дали 8—9 $\mu v/\mu$ кал. при сопротивлении около 70Ω , что указывает на неизменность состава сплава до и после испарения. Против ожидания, помещение тер-

моэлементов в вакуум не дало значительного увеличения чувствительности. Вместо повышения в 6—7 раз, как следовало ожидать по литературным данным, нам удалось получить увеличение отбросов при откачке не больше чем в два раза.

Причина лежит повидимому в недостаточно малой толщине подкладочного слоя. Для проверки этого предположения нами были применены слои слюды минимальной возможной толщины (очень тонкая слюда при разрезании растрескивается). Полученные на этих слоях термопары, при помещении в вакуум, дали увеличение чувствительности в 3 раза.

Данные для чувствительности полученных нами термоэлементов приведены в таблице V.

Мы видим, что именно увеличение ширины полоски термоэлемента резко уменьшает в 1936—1941 гг. его чувствительность, а относительно большая воспринимающая поверхность термоэлемента нам все-же была необходима. Следовательно, для получения индикатора очень высокой чувствительности, описанным нами выше способом, нужно было перейти от сурьмы-висмута к сплавам Гутчинса и заменить термоэлемент термостолбиком, собранным из узких полосок металлов так, чтобы общая воспринимающая поверхность их имела необходимую нам площадь. Однако у термоэлементов, получаемых испарением, рабочим спаем является узкая полоска, по которой металлы, образующие пару, перекрывают друг друга. Выходной же зрачок нашей системы изображался в виде диска с отверстием внутри и, следовательно, измеряемая радиация в большой своей части должна была попадать не на спай термоэлемента, а на его отводящие ток полоски металлов.

Учитывая все сказанное, для затмения 1952 г. мы решили использовать вакуумные термоэлементы изготовляемые профессором Б. П. Козыревым.

Термоэлементы эти состоят из тонких манганиновой и константановой проволоки, припаянных к листочку золотой фольги, служащему приемником измеряемой радиации. Необходимая нам относительно большая воспринимающая поверхность приемника и в этом случае должна была сильно снизить чувствительность термопары. Поэтому, вместо термоэлемента решено было заказать термостолбик, состоящий из 4-х спаев, приемники которых имели форму секторов и, собранные вместе, образовывали диск с диаметром несколько большим, чем диаметр выходного зрачка.

Характеристики изготовленных для нас термостолбиков и данные их исследования до и после затмения представлены в таблице IX.

Таблица IX ცხრილი

Номер термостолбика თერმობატიარის ნომერი	Дата исследования გამოკვლევის თარიღი	Приемная площадь მიმღები ფართი	Сопрот. в омах წინაღობა ომებში	Чувствительность მგრძობიარობა
275	17. VII. 1951	28 кв. мм.		
275	17. I. 1952	28		
275	24. I. "	28	38	1.3 вольт/ватт
277	24. I. "	28	38	0.32
277	10. III. "	28	38	1.3
			40	0.9
			40	0.5

Перед воспринимающей поверхностью термостолбика в стеклянном вакуумном сосуде имелось флуоритовое окошко, пропускающее длинноволновую радиацию (до 12μ). Вакуум внутри откаченного сосуда поддерживался активированным углем. Высокая чувствительность термостолбика позволила заменить непригодный для экспедиционных работ и плохо переносящий перевозки гальванометр Цернике, несколько менее чувствительным, но более выносливым гальванометром Кембридж. Находящийся в нашем распоряжении гальванометр Кембридж имел чувствительность $230 \text{ мм}/\mu\text{А}$ при внутреннем сопротивлении в 18.7 ома, критическом сопротивлении 100 ом и периоде 1.5 сек.

Исследование установки, по промерам радиации Луны, как мы увидим ниже, позволяло ожидать, что отбросы на короне, повидимому составят около 50 мм (при условии, что интенсивность коронального излучения равна половине лунного и шкала будет на расстоянии 2 м от гальванометра). Мы считаем, что такая величина отброса вполне достаточна. Стабильность нуля гальванометра, как показали промеры с ним (таблица XI, XII), была вполне удовлетворительной.

Таким образом, с введенными нами улучшениями мы должны были получить, с одной стороны, достаточно большой отброс, а с другой стороны, ввиду почти втрое меньшего периода гальванометра Кембридж, — большее число отсчетов.

В этом смысле наши изменения установки заменили предположения Никонова (см. § 7).

На затмении 1941 г. радиометр был установлен на параллактическом штативе без часового механизма, так что движение инструмента осуществлялось от руки. Для затмения 1952 г. мы перенесли установку на параллактический штатив Рейнфельдера и Гертеля с часовым механизмом, ранее работавшим в Абастуманской обсерватории на телескопе Шмидта.

Для регистрации отбросов гальванометра, по предложенной нами схеме, В. В. Вихровым была изготовлена установка для фотозаписи. Схема представлена на рис. 6.

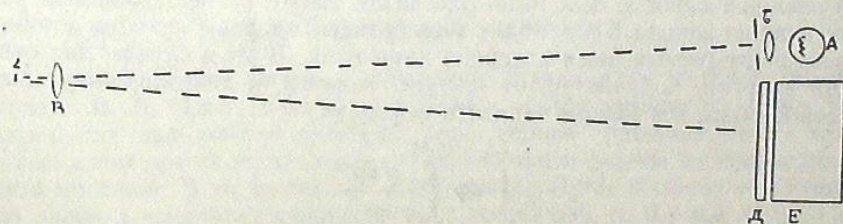


Рис. 6 ббб.

Нить лампочки осветителя А, линзой Б, через линзу В, изображалась на плоском зеркале гальванометра Г и, после отражения той же линзой В, изображение щели осветителя А проектировалось на цилиндрическую линзу Д, дающую изображение светящейся точки на вращающемся барабане Е. На барабан специальным зажимом могла быть закреплена фотобумага или пленка, после чего он закрывался светонепроницаемым кожухом со шторкой против цилиндрической линзы и миллиметровой шкалой над нею. Удлиненная часть щели осветителя А собиралась цилиндриче-

ской линзой в точку, а некоторый сегмент, освещающий шкалу над линзой, позволял одновременно с фотозаписью вести и визуальный отсчет отклонений гальванометра. Барабан, на который крепилась фотобумага вращался электромоторчиком постоянного тока и совершал полный оборот в течение 4-х минут.

Водяной фильтр, обрезавший инфракрасное излучение короны, ставился в параллельном пучке перед отверстием трубы радиометра. При предыдущих работах наблюдатели вводили его и держали во время промеров рукой. Около термозлемента при этом появлялся дополнительный источник нагрева в виде человеческой руки. Мы решили устранить такой источник возможной ошибки. Фильтр был заключен в оправу, соединенную с осью, поворотом которой осуществляющий гидировку наблюдатель должен был вводить и выводить фильтр, не сходя со своего рабочего места и не поднося руки к термозлемента. Специальные защелки автоматически устанавливали фильтр точно против отверстия радиометра или в положении, отличающемся от этого на 180° .

Однако, первые же репетиции показали, что гидирующему установку и ведущему счет наблюдателю не удастся справиться с введением фильтра. Это вынудило нас снять с установки описанное приспособление, так как иначе сотрудник, вводящий фильтр, должен был стоять под рукой у гидирующего наблюдателя и они неизбежно мешали бы друг другу. Фильтр был оставлен в оправе с осью, служащей теперь ручкой за которую его держал другой наблюдатель, осуществляя его введение, т. ч. влияние нагрева от руки было устранено.

Малый паспортный период гальванометра, несмотря на относительно большую величину критического сопротивления, позволял рассчитывать на то, что нам удастся сделать относительно большое число отсчетов, а высокая чувствительность термостолбика обещала большую величину отклонений гальванометра. Поэтому, мы решили попробовать измерить инфракрасный эксцесс и интегральную радиацию также и внешней короны. Порядок величины отклонения гальванометра, обусловленный радиацией внешней короны, был нами рассчитан также в предположении распространения закона Б а у м б а х а о среднем падении яркости в короне на весь исследуемый нами интервал длин волн. В этом случае, для отношения энергии, получаемой от внешней короны, к энергии, получаемой от всей короны, мы можем написать формулу:

$$\frac{E_{\text{в}}}{E_{\text{инт}}} = \frac{\int_0^{2\pi} d\varphi \int_{1.49}^{3.67} \frac{\rho d\rho}{\rho^2}}{\int_0^{2\pi} d\varphi \int_{1.00}^{3.67} \frac{\rho d\rho}{\rho^2}} \quad (4)$$

где ρ — расстояние от центра Солнца, выраженное в радиусах Солнца. Пределы интегрирования обусловлены размерами нашей флуоритовой линзы ($d=10.23$ мм) и экранирующего внутренней короны диска. Следовательно, предполагаемый отброс на внешней короне должен был составлять 9 мм, если бы от всей короны мы имели 50 мм. Для измерения ра-

диации только внешней короны, на оправе флуоритовой линзы было прикреплено специальное приспособление: закрывающий внутреннюю корону диск, закрепленный на проволоке 0.25 мм диаметром, соединенной с пружиной, устанавливающей его точно в центре линзы, и пружинка с тросиком, выведенным из радиометра наружу и крепящимся на внешней стенке трубки радиометра. Натяжение тросика вводило диск с линзы и вся радиация короны до $3.67R_{\odot}$ попадала при этом на термостолбик. Освобождение тросика позволяло пружине поставить диск на центр линзы и тем заэкранировать внутреннюю часть короны. Диаметр диска, по промерам (таблица X) на принадлежащем Пулковской обсерватории компараторе МИР-12, составлял 4.31 мм и, следовательно, им закрывалась при этом внутренняя корона до $1.49R_{\odot}$.

Таблица X ცხრილი

1 диаметр (мм)			2 диаметр (мм)		
Отсчет ანათვალი	Разность სხვაობა	Среднее საშუალო	Отсчет ანათვალი	Разность სხვაობა	Среднее საშუალო
33.90	—	—	36.18	—	—
38.25	435		40.44	426	
33.89	437	4.36	36.18	425	4.26
38.26			40.43		
33.89	436		36.17	426	
38.25			40.43		
33.90	435		36.17	426	
33.26			40.43		

§ 8. Исследование установки

Равномерность засветки выходного зрачка радиометра была исследована В. Б. Никоновым в 1936 г. в Абастумани по Луне. Как и ожидалось при конструировании, равномерное распределение яркости в выходном зрачке не зависело от положения и формы изображения объекта на линзе. В то время как изображение Луны постепенно смещалось по линзе, показания гальванометра с точностью до 0.1 мм (1.8%) оставались неизменными до тех пор, пока изображение Луны не начинало сходиться с линзы.

Наличие аберраций в нашей системе должно обуславливать, с одной стороны, непопадание части изображения внешней короны на линзу (за счет аберраций зеркала) и, с другой стороны—искажение изображения зеркала на воспринимающей поверхности термостолбика (аберрации линзы). Для учета влияния протекающих отсюда ошибок нами были подсчитаны отдельно для зеркала и линзы влияния сферической аберрации и комы.

Сферическая aberrация и кома зеркала рассчитывалась нами по формуле:

$$2 \frac{\delta g'}{r} = -\frac{(\omega'^2 + \Omega'^2)\omega'}{8} + \frac{(3\omega'^2 + \Omega'^2)}{4} W_1 - \omega' W_1^2 \quad (5)$$

где r — радиус кривизны зеркала,
 ω' — меридианальный апертурный угол,
 Ω' — сагитальный апертурный угол,
 W_1 — угол поля [11].

Первый член (5) определяет величину сферической aberrации, второй и третий члены — величину комы.

Подставляя в эти формулы данные для нашего зеркала, мы получим для диаметра кружка рассеяния

$$\delta g' = 0.65 \text{ мм}$$

и, следовательно, радиус кружка рассеяния, обусловленный сферической aberrацией будет равен 0.32 мм.

Для комы размеры фигуры рассеяния составляют

$$\delta g' = 0.61 \text{ мм.}$$

Распределение интенсивности в фигуре рассеяния, вызываемого комой, таково, что главная часть излучения в ней сосредотачивается на участке не далее трети ее максимального значения. Вычисленные отсюда потери коронального излучения, обусловленные комой составляют

$$\frac{\int_{1.00}^{3.81} \frac{d\rho}{\rho^5} - \int_{1.00}^{3.67} \frac{d\rho}{\rho^5}}{\int_{1.00}^{3.67} \frac{d\rho}{\rho^5}} = 0.001,$$

т. е. 0.1% от измеряемой величины.

Радиус поля зрения нашего прибора равен $1^\circ 58.4'$. Радиус Солнца во время затмения равняется $16' 9''$ и, следовательно, потери коронального излучения, обусловленные сферической aberrацией составляют:

$$\frac{\int_{1.00}^{3.99} \frac{d\rho}{\rho^5} - \int_{1.00}^{3.67} \frac{d\rho}{\rho^5}}{\int_{1.00}^{3.67} \frac{d\rho}{\rho^5}} = 0.002, *$$

что дает 0.2% от радиации, измеряемой части короны. Это очень малая величина, все таки, больше действительной потери за счет того, что сферическая aberrация одновременно вызывает попадание на линзу части из-

* Приближенный подсчет по формуле Баумбаха.

лучения короны, которая при отсутствии aberrации прошла бы мимо линзы.

Искажения изображения зеркала, обуславливаемые сферической aberrацией и комой двойной флуоритовой линзы рассчитывались нами по формуле:

$$\delta g'_{\text{с.п.}} = \frac{h^2 \times 3.33}{f^2 \times 2} \quad (6)$$

$$\delta g'_{\text{к}} = \frac{3h^2 \times 1.33 \text{ tg } a}{2f}, \quad (7)$$

где h — радиус линзы,
 f — фокус линзы,
 a — апертурный угол.

Подставляя в эти уравнения данные для нашей линзы, мы получаем для сферической aberrации величину радиуса кружка рассеяния 0.92 мм. и для комы величину 1.2 мм. т. е. изображение зеркала из-за aberrаций окажется больше воспринимающей поверхности термостолбика. Обусловленные последней причиной потери могут быть для сферической aberrации подсчитаны исходя из того, что освещенность в некоторой точке σ находящейся на расстоянии, меньшем радиуса кружка рассеяния от края безaberrационного изображения, будет пропорциональна площади $A'BC'$ (рис. 7), где Σ радиус безaberrационного изображения зеркала на термостолбике и S — радиус кружка рассеяния.

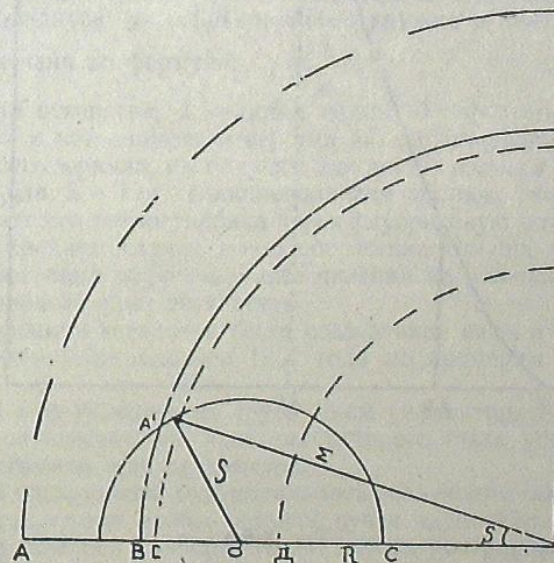


Рис. 7 бб.

Сплошной линией изображен край воспринимающей поверхности термостолбика, пунктиром — край безaberrационного изображения зеркала.

Площадь $A'BC'$ может быть рассчитана по формуле (6).

$$ABC = \frac{\sum^2}{2} \arccos \frac{R^2 + \sum^2 - S^2}{2R\sum} + \frac{S^2}{2} \arccos \frac{R^2 + S^2 - \sum^2}{2RS} - \frac{R\sum}{2} \sin V, \quad (8)$$

где угол определяется по формуле:

$$\cos V = \frac{R^2 + \sum^2 - S^2}{2R\sum} \quad (9)$$

Рассчитанная таким способом кривая падения освещенности края изображения зеркала представлена на рис. 7, где точка Д лежит на расстоянии радиуса кружка рассеяния от края безабберационного изображения по направлению к центру; С—на краю безабберационного изображения; В—на краю воспринимающей поверхности термостолбика; А—на расстоянии кружка рассеяния от края безабберационного изображения наружу.

Ясно, что в точке Д и ближе к центру освещенность максимальна и остается постоянной. В точке С освещенность равна половине максимальной и в точке А она равна нулю.

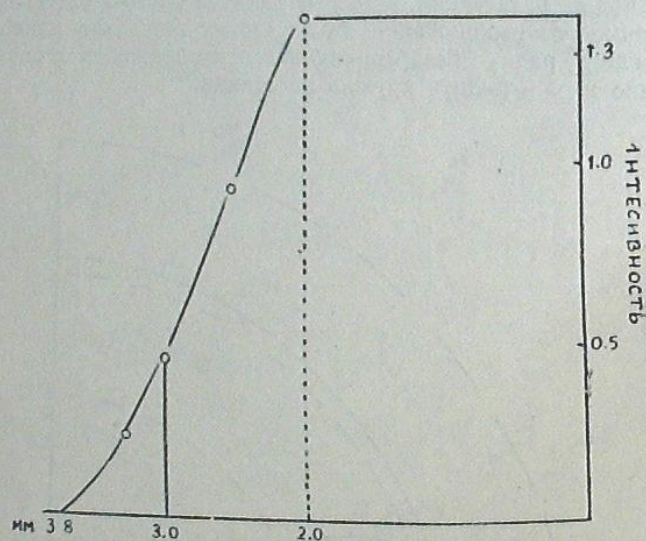


Рис. 8 бзб.

По полученной кривой численным интегрированием мы вычислили приближенную величину отношения выброшенной сферической aberrации за пределы воспринимающей поверхности термостолбика радиации (участок АВ рис. 7) ко всей радиации, прошедшей через флуоритовую

линзу. Таким способом мы получили в относительных единицах для величины всей радиации значение 23.4 и для части, выброшенной за пределы воспринимающей поверхности термостолбика, величину 0.99. Отсюда, величина потери, обусловленная непопаданием части излучения на термостолбик за счет сферической aberrации линзы, оказалась порядка 4.2%.

Главная часть излучения в фигуре комы, как выше было сказано, сосредотачивается на участке не далее трети ее максимального значения, т. е. не далее 0.4 мм от края безабберационного изображения зеркала и следовательно уйдет не далее, чем на 0.3 мм за край термостолбика.

Ввиду несимметричности фигуры рассеяния, даваемой комой, точный учет потерь в этом случае очень затруднителен. Можно принять, что потери за счет комы не превышают величины потерь за счет сферической aberrации и, следовательно, величина всех потерь не превышала 10%. В случае зеркала, закрытого диафрагмой с отверстиями (промеры Солнца), условия более благоприятны. В этом случае большие aberrации нашей системы, как указано ниже, не вызовут потерь и вся воспринятая прибором солнечная радиация будет измерена.

Следовательно, при сравнении коронального излучения с солнечным, полученная нами величина первого окажется несколько заниженной. Однако, при наших сравнениях коронального излучения с лунным и эталонной лампы, влияние aberrаций на излучение сравниваемых объектов одинаково и, следовательно, результат сравнения излучений не искажается влиянием aberrаций.

Когда измерения велись с диафрагмой с малыми отверстиями, края изображения Солнца должны были быть размыты из-за влияния дифракции. Величина радиуса ρ дифракционного кружка в линейной мере может быть вычислена по формуле: $\rho = \frac{\lambda}{d} F$,

где d —диаметр отверстия, λ —длина волны, F —фокусное расстояние.

Подставляя в нее диаметр отверстий нашей диафрагмы и фокусное расстояние нашего зеркала, мы получим для длины волны в 1μ величину 0.3 мм. Даже для $\lambda = 12 \mu$ (длинноволновая граница области спектра, доходящая до нашего термостолбика через флуоритовую оптику) $\rho = 3 \text{ мм}$. Даже в этом крайнем случае все изображение Солнца умещалось на линзе и следовательно дифракционные явления не должны были внести ошибки в полученные нами результаты.

Чувствительность установки была исследована нами в Абастумани в течение сентября-ноября месяцев 1951 года по промерам лунной радиации.

Радиометр был укреплен на трубе 33-см рефлектора Абастуманской обсерватории, оптическая ось искателя которого была установлена параллельно оптической оси радиометра.

Юстировка инструмента осуществлялась следующим образом. Радиометр устанавливался так, чтобы световой пучок идущий от Луны был параллелен оптической оси прибора. Термостолбик центрировался винтами устанавливался на глаз в центре трубы радиометра. После этого, юстировочными винтами зеркала изображение Луны приводилось на центр линзы. Флуоритовая линза вывинчивалась и термостолбик уже точно устанавливался своими юстировочными винтами так, чтобы изображение Луны, образуемое зеркалом, получалось на середине приемника, затем

Таблица XI (продолжение)

1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13
Дата	Мировое время	При закрит. дистанке	При разок. лени	Лунна	Фон	Лунна минус фон (среднее)	Z	Отсчет за границей атмосферы	Угол фазы Луны	Коэффициент	Отсчет по лунной шкале	Отсчет по шкале
		43 мм	82 мм	36 мм	59 мм	23 мм	66°7	32.3 мм	-57°3	1.92	61.0 мм*	0.0
20.IX	6 ^h 0 ^m	42		36	59							
20.IX	21 50	41	82 мм	21	4		45.5	24.0*	-65 0	2.42	58.0	+ 3.0
21.IX	2 10	73	85	25	9	16.3	18.4	16.2*	-66.8	2.52	40.8	+20.2
		76	82	26	10							
		97	93	45	33							
		100	97	45	33	11.8						
		98	94	46	35							
		100	95	45	33							
		98	95	44	30		31.2	17.8*	-67.5	2.58	45.9	+15.1
21.IX	3 30	98	95	44	30	14						
3 30		95	96	43	32	12.7		42.2	+44.5	1.61	67.9	- 6.9
		97	95	45	32		63.3					
9.XI	21 45	205		147								
		205		148								
		205		148		31						
		206		178								
		204		177								
		200		176								
21 51		202					15.8	53.8	-37.5	1.32	71.0	-11.0
21 54		205										
		203		177								
		202		176								
		202		177								
		105		140								
		104		140								
17.XI	0 15	102		138								

М. С. Зельцер

1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13
17.XI	0 ^h 15 ^m	64			148							
		64			148	47.3						
		63			148							
		60										
		60		99								
		59		98			52.5					
		59		97								
	0 5	17		62								
		17										
		17										
		17										
		17										
	0 8	14		60		10.0		12.3	-91.7	5.67	69.8	-8.8
		14		60								
		14		60								
		14		60								
	1 27	00		50								
		00		50								
		00		51		9.7		11.5	-91.8	5.67	65.2	-4.2
		00		51								
		00		60								
		00		60								
		00		60								
		00		60								
	3 16	13		72		10.6		12.3	-92.0	5.67	69.8	-8.8
		13		73								
		13		73								
		12		73								
		10		81								
		11		81								
Среднее											61.0	+8.7

* Во время работы шкала находилась на расстоянии 80 см от гальванометра. Результаты приведены к шкале, находящейся на расстоянии 1 м (как все последующие промеры).
 После приведения к среднему расстоянию до Луны и Солнца среднее равно 71.0 к.

линза заново устанавливалась и фокусировалась так, чтобы образуемое зеркалом на ее поверхности изображение Луны имело минимальные размеры, после чего осуществлялась фокусировка термостолбика по максимальному отбросу гальванометра. Линза заново вывинчивалась и еще раз проверялось, что и в рабочем положении термостолбика изображение Луны находится точно на центре его приемника. После этого линза уже окончательно фокусировалась и считалось, что можно приступать к промерам.

В сентябре нам удалось наблюдать в 4 ночи: 18, 19, 20 и 21 сентября,

В ноябре Я. И. Кумсшвили и Н. Л. Магалашвили наблюдали, хотя и не полностью, 3 ночи: 10, 17 и 22-го.

Наблюдения производились следующим образом. Изображение Луны приводилось на крест нитей искателя и включался часовой механизм, после чего, при закрытой крышке радиометра брался нулевой отсчет гальванометра, соединенного с термостолбиком. Затем крышка радиометра убиралась, на линзе появлялось изображение Луны и брался второй отсчет гальванометра, соответствующий освещению зеркала Луной плюс небо, после чего инструмент переводился на 5° по склонению и брался отсчет гальванометра уже при освещении линзы только небом.

Для каждого наблюдения описанный цикл измерений повторялся от 3-х до 5-ти раз. Разность отсчетов гальванометра при приеме, освещенном Луной и ночным небом и только ночным небом и принималась нами за отсчет, обусловленный энергией, получаемой собственно от Луны.

Полученные результаты приведены в таблице XI.

Для моментов наблюдения нами были вычислены зенитные расстояния по формуле $\text{Cos} Z_0 = \text{Sin} \varphi \text{ Sin} \delta_0 + \text{Cos} \varphi \text{ Cos} \delta_0 \text{ Cos} t_0$, где φ — широта места, δ_0 — склонение, t_0 — часовой угол Луны и Z_0 — зенитное расстояние. Соответствующие зенитным расстояниям массы воздуха брались нами из таблиц, помещенных в Пулковском курсе астрофизики [4].

Коэффициент поглощения α был определен по трем наблюдениям 22.XI. 1951 г. по формуле:

$$m_n = m + f(\chi) \alpha$$

и получен равным $0^m 145$. Этой величиной мы и пользовались при приведении к границе атмосферы, отбросов гальванометра, соответствующих лунной энергии.

Для моментов наблюдений были вычислены углы фазы Луны, после чего полученные результаты могли быть сопоставлены с выведенной Петтитом зависимостью изменения лунной радиации с углом фазы.

Перед началом промеров радиации в Абастумани было обнаружено, что чувствительность термостолбика сильно упала. Поэтому в Абастумани лунная радиация измерялась без фильтра и наши результаты были сравнены с таковыми Петтита для полного излучения Луны. Исследование чувствительности термостолбика показало, что она упала в 4 раза, т. е. случайно на величину отношения отраженной лунной радиации к полному ее излучению. Последнее совпадение позволило нам сравнивать измеренную величину интегрального излучения Луны с величиной отраженного излучения при промерах с термостолбиком, не потерявшим своей чувствительности, чем мы и пользовались при наших расчетах величины ожидаемого отклонения гальванометра при промерах короны и при сравнении излучений короны и Луны.

Кривая Петтита и полученные нами результаты представлены на рис. 9 и в таблице XI.

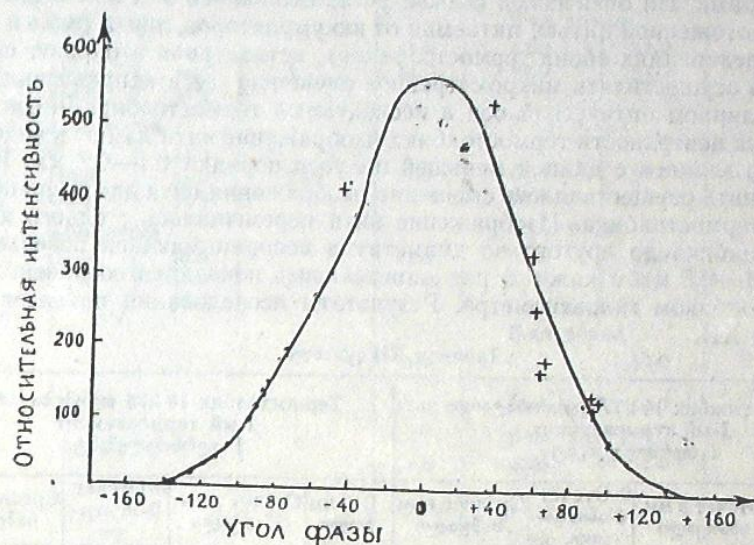


Рис. 9 бзб.

Мы видим, что полученные нами изменения лунной радиации с фазой, в среднем, совпадают с результатами Петтита. Как видно из таблицы XI, при измерениях лунной радиации ночью в Абастумани, получаемые нами после открытия заслонки отбросы гальванометра показывали на охлаждение при этом приемника термостолбика, т. е. шли в сторону, противоположную отбросам, соответствующим приближению к приемнику руки.

Это явление и подобный ход отклонений гальванометра наблюдались Абботом на затмении 1900 г. и Никоновым на затмениях 1936 и 1941 гг. и были ими приписаны излучению заслонки.

Для решения вопроса о влиянии заслонки, нами при закрытом затворе была разомкнута цепь гальванометра и определена величина отброса, соответствующая закрытой крышке радиометра. Как видно из таблицы XI, полученная величина слишком мала, чтобы объяснить наблюдаемое явление. Повидимому, температурное излучение неба и даже Луны плюс небо было меньше температурного излучения термостолбика. Вследствие этого нулевой отсчет гальванометра при закрытой крышке брался нами только для проверки стабильности нуля. Радиация Луны получалась нами из разности отбросов гальванометра при измерении Луны и ночного неба. Последняя разность, обусловленная только лунным излучением, и принималась нами за его величину. Равномерность чувствительности термостолбиков по поверхности и точность, с которой термостолбики компенсируют друг друга, были исследованы нами для термостолбика № 275 в Абастумани и для № 277 во Всесоюзном научно-исследовательском институте метеорологии имени Д. И. Менделеева.

Собранные для исследования схемы были в обоих случаях совершенно идентичны и отличались только соединенными с термостолбиками гальванометрами. На оптической скамье устанавливались 3 W лампочка с короткой, отожженной нитью, питаемая от аккумуляторов, линза (одна и та же при исследованиях обоих термостолбиков), вставленная в оправу, позволяющую осуществлять микрометрическое смещение ее в направлении перпендикулярном оптической оси и исследуемый термостолбик. Линза создавала на поверхности термостолбика изображение нити лампы в виде вытянутого эллипса с длиной меньшей полуоси порядка 0.1—0.2 мм. Поворотом винта осуществлялось смещение изображения нити лампы по поверхности термостолбика. Изображение нити перемещалось с одного конца термостолбика до другого по диаметру в воспринимающей поверхности через 0.1—0.5 мм и каждый раз записывались показания соединенного с термостолбиком гальванометра. Результаты исследования приведены в таблице XII.

Таблица XII ცხრილი

Термостолбик № 277 თერმობატარია I-ი თერმოელემენტი I თერმოელემენტი				Термостолбик № 275 თერმობატარია I-ი თერმოელემენტი I თერმოელემენტი			
0 в мм ნული	Отсчет в мм ანათვლი	0-Отсчет 0-ანათვა- ლი	Среднее в мм საშუალო	0 в мм ნული	Отсчет в мм ანათვლი	0-Отсчет 0-ანათვა- ლი	Среднее в мм საშუალო
1	2	3	4	5	6	7	8
153.0	113.0	40	39.3	11.0	69.0	58.0	58.0
153.0	114.0	39		11.0	69.0	58.0	
153.0	114.0	39					
2-ая точка				2-ая точка			
153.5	115.0	38.5	39.5	11.0	69.0	58.0	58.0
153.0	113.0	40.0		11.0	69.0	58.0	
153.0	113.0	40.0					
3-яя точка				3-яя точка			
153.0	112.0	41.0	41.0	12.0	69.0	57.0	57.0
153.0	112.0	41.0		12.0	69.0	57.0	
153.0	112.0	41.0					
4-ая точка				4-ая точка			
153.0	112.5	40.5	41.2	12.0	69.0	57.0	57.0
153.0	112.0	41.0		12.0	69.0	57.0	
153.0	111.0	42.0					
5-ая точка				5-ая точка			
153.0	111.5	41.5	41.7	11.0	67.0	56.0	56.0
153.0	111.5	41.5		11.0	67.0	56.0	
153.0	111.0	42.0					
6-ая точка				6-ая точка			
153.0	113.0	40.0	40.0	8.0	65.0	57.0	57.0
153.0	113.0	40.0		8.0	65.0	57.0	
153.0	113.0	40.0					
2-ой термозлемент 1-ая точка				2-ой термозлемент 1-ая точка			
153.0	118.5	34.5	34.8	11.0	59.0	48.0	47.5
153.0	118.0	35.0		11.0	58.0	47.0	
153.0	118.0	35.0					

1	2	3	4	5	6	7	8
2-ая точка				2-ая точка			
153.0	118.5	34.5	34.5	11.0	62.0	51.0	51.0
153.0	118.5	34.5		11.0	62.0	51.0	
153.0	118.5	34.5					
3-яя точка				3-яя точка			
153.0	119.0	34.0	34.2	11.0	63.0	52.0	52.0
153.0	119.0	34.0		11.0	63.0	52.0	
153.0	118.5	34.5					
4-ая точка				4-ая точка			
153.0	117.0	36.0	36.6	11.0	66.0	55.0	55.0
153.0	117.0	36.0		11.0	66.0	55.0	
153.0	117.0	36.0					
5-ая точка				5-ая точка			
				11.0	63.0	52.0	52.0
				11.0	63.0	52.0	
6-ая точка				6-ая точка			
				11.0	62.0	51.0	51.0
				11.0	62.0	51.0	
7-ая точка				7-ая точка			
				12.0	63.0	51.0	51.0
				12.0	63.0	51.0	
8-ая точка				8-ая точка			
				11.0	63.0	52.0	52.0
				11.0	63.0	52.0	
9-ая точка				9-ая точка			
				13.0	63.0	50.0	50.5
				13.0	62.0	51.0	
3-ий Термозлемент 1-ая точка				3-ий Термозлемент 1-ая точка			
151.0	114.0	37.0	36.8	-1.0	55.0	56.0	56.5
151.0	114.0	37.0		-1.0	56.0	57.0	
151.0	115.0	36.5					
2-ая точка				2-ая точка			
151.0	113.0	38.0	38.2	-1.0	57.0	58.0	58.0
151.0	113.0	38.0		-1.0	57.0	58.0	
151.5	113.0	38.5					
3-яя точка				3-яя точка			
151.5	111.5	40.0	39.5	-1.0	56.0	57.0	57.0
151.0	112.0	39.0		-1.0	56.0	57.0	
151.5	112.0	39.5					
4-ая точка				4-ая точка			
151.0	115.0	36.0	36.0	-1.0	54.0	55	56.0
151.5	115.0	36.5		-1.0	56.0	57	
151.5	116.0	35.5					

1	2	3	4	5	6	7	8
	5-ая точка				5-ая точка		
151.0	115.0	36.0	36.0	34.0	87.0	53.0	53.5
151.0	115.0	36.0		35.0	89.0	54.0	
	4-ый термоэлемент				4-ый термоэлемент		
	1-ая точка				1-ая точка		
151.0	112.0	39.0	37.5	34.0	70.0	56.0	56.0
151.0	113.5	37.5		34.0	70.0	56.0	
151.5	114.0	37.5					
	2-ая точка				2-ая точка		
151.0	114.0	37.0	36.7	35.0	87.0	52.0	52.0
151.5	114.5	37.0		35.0	87.0	52.0	
151.0	115.0	36.0					
	3-ья точка				3-ья точка		
151.0	114.0	37.0	36.5	34.0	88.0	54.0	54.0
151.0	115.0	36.0		34.0	88.0	54.0	
151.0	114.5	36.5					
	4-ая точка				4-ая точка		
151.0	115.0	36.0	35.8	35.0	89.0	54.0	54.0
151.0	115.5	35.5		35.0	89.0	54.0	
151.0	115.0	36.0					
	5-ая точка				5-ая точка		
150.5	113.0	37.5	35.8	35.0	86.0	51.0	50.3
151.0	116.0	35.0		35.0	85.0	50.0	
151.5	116.5	35.0		35.0	85.0	50.0	
	6-ая точка				6-ая точка		
				35.0	86.0	51.0	
				35.0	87.0	52.0	51.5

Из таблицы следует, что колебания чувствительности по поверхности одного и того же термостолбика могут меняться от $\pm 1\%$ (4-ый термоэлемент термостолбика № 277) до $\pm 6\%$ (2-ой, 3-ий и 4-ый термоэлементы термостолбика № 275).

Метод проверки точности, с которой термостолбики компенсируют друг друга, очевиден из таблицы XII-а и не требует пояснений.

Мы видим, что в пределах точности наших измерений мы можем считать, что чувствительность термоэлемента не зависит от положения места нагрева на его воспринимающей поверхности. Чувствительность одного термоэлемента может различаться от другого на $\pm 7\%$. Учитывая конструкцию радиометра и термостолбика, мы можем считать, что полученный результат не искажает правильности сравнения лунной, корональной и солнечной радиаций.

Таблица XII-а ცხრილი

Термостолбик № 277 თერმობიკა № 277			Термостолбик № 275 თერმობიკა № 275		
Ноль ბოლო	Отсчет в мм ანბთვლი	Ноль-отсчет в мм სხვაობა	Ноль ბოლო	Отсчет в мм ანბთვლი	Ноль-отсчет в мм სხვაობა
Компенсирующий спай закрыт					
156.5	116.0	40.5	37.0	85.0	48.0
157.0	118.0	39.0	37.0	85.0	48.0
157.0	118.0	39.0			
О б а с п а я о т к р ы т ы					
152.0	150.0	2.0	37.0	38.0	1.0
152.0	150.0	2.0	37.0	38.0	1.0
152.0	150.0	2.0			

§ 9. Нейтральный метод сравнения короны с Солнцем

Для получения интегральной радиации короны в абсолютных единицах, последняя должна быть сравнена с Солнцем, Луной или эталонной лампой.

При сравнении короны с Солнцем радиация последнего должна быть ослаблена примерно на шесть порядков. Метод ослабления солнечной радиации баритовым экраном, использованный В. Б. Никоновым, по его исследованиям, требует поправки за счет селективности коэффициента отражения баритового экрана. Поэтому мы решили, учитывая равно-

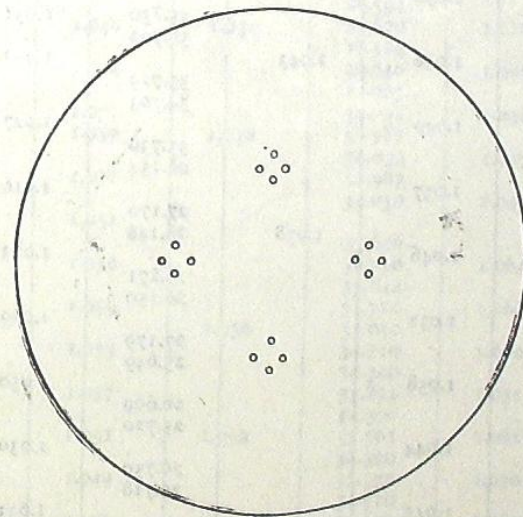


Рис. 10 ббб.

мерность чувствительности нашего приемника по поверхности, для ослабления падающей на зеркало радиации, одеть на входное отверстие радио-

метра ослабляющую диафрагму с рядом отверстий, а гальванометр, для уменьшения отброса, зашунтировать малым сопротивлением. Диафрагма, одевавшаяся на входное отверстие трубы радиометра, имела 16 отверстий порядка 1 мм диаметром каждое. Согласно приведенным выше расчетам абберраций нашей системы, диаметр кружка рассеяния каждого из изображающихся на термоэлементе отверстий диафрагмы составит 1.84 мм.

Следовательно, все изображения наших диафрагм на термоэлементах должны находиться не ближе 0.95 мм от краев приемников, для того, чтобы не имели места потери радиации, обусловленные выбросом излучения, за счет абберраций, за пределы приемника. Наша система уменьшает в 26.1 раза и следовательно отверстия должны быть расположены на расстояниях не меньше 25 мм от центра и краев диафрагмы и собраны в группы на площади 1.0 см² (учитывая просветы между приемниками). Общий вид диафрагмы изображен на рис. 10. Диаметры отверстий диафрагмы были промерены на компараторе МИР-12, принадлежащем Пулковской обсерватории. Результаты промеров представлены в таблице XIII.

Таблица XIII ცხრილი

№ отверстия диафрагмы დიაფრაგმის ხვრელი	Диаметр I დიამეტრი			Диаметр II დიამეტრი			
	Отсчет ანათვალი	Разность სხვაობა	Среднее საშუალო	Отсчет ანათვალი	Разность სხვაობა	Среднее საშუალო	
1	2	3	4	5	6	7	
1	19.470	1.050	1.043	34.699	1.031	1.028	
	20.520			35.730			
	19.470	34.702					
	20.510	35.729					
2	19.470	1.040	1.038	34.703	1.027	1.023	
	20.510	1.040		35.730	1.027		
	21.623	1.037		26.154	1.016		
	22.660			27.170			
21.622	1.046	26.148	1.023				
3	22.668	1.032	1.023	27.171	1.029	1.023	
	21.628			26.150			
	22.660	1.045		27.179			1.050
	22.318	1.058		25.649			
4	21.260	1.044	1.048	26.699	1.030	1.038	
	22.304			25.720			
	21.260	1.045		26.750			1.033
	22.310	1.045		25.718			
4	21.265	1.040	1.046	26.751	1.046	1.046	
	22.310			27.021			

1	2	3	4	5	6	7
4	22.893	1.024	1.032	28.067	1.032	1.037
	21.859			27.020		
	22.883			28.052		
	21.848			27.020		
5	22.881	1.033	1.031	28.053	1.033	1.017
	24.190	1.040		28.033	1.017	
	23.150	1.022		29.050	1.014	
	24.181			28.034		
6	23.159	1.031	1.019	29.048	1.021	1.017
	24.181	1.031		28.029	1.021	
	23.159	1.031		29.048	1.021	
	24.181	1.031		28.029	1.021	
7	23.150	1.019	1.019	29.050	1.012	1.015
	22.620			28.523		
	23.639			29.535		
	22.612			28.518		
9	23.630	1.020	1.058	29.529	1.011	1.043
	22.611			28.519		
	23.631			29.538		
	23.091			28.599		
10	24.119	1.028	1.056	29.630	1.031	1.063
	23.079	1.040		28.594	1.026	
	24.119			29.620		
	23.083	1.034		28.594	1.046	
11	24.117	1.034	1.058	29.640	1.038	1.067
	26.410	1.070		32.983	1.047	
	25.340			1.059		
	26.399	1.050		32.987	1.043	
12	26.360	1.051	1.056	34.034	1.047	1.067
	25.310			32.987		
	26.361	1.051		34.030	1.043	
	25.310	1.051		34.030	1.043	
13	25.295	1.056	1.056	33.646	1.064	1.067
	24.239			34.710		
	25.293	1.059		33.644	1.066	
	24.234	1.053		34.710	1.060	
14	25.295	1.053	1.052	33.650	1.060	1.067
	24.242			34.710		
	24.809	1.057		34.300	1.061	
	23.752	1.051		35.371	1.071	
15	24.799	1.051	1.036	34.300	1.061	1.067
	23.748			35.361		
	24.800	1.049		34.300	1.070	
	23.751	1.035		35.370	1.060	
16	23.398	1.048	1.036	34.510	1.059	1.060
	24.433			35.570		
	23.391	1.030		34.500	1.060	
	24.439	1.030		35.559	1.060	
16	23.400	1.030	1.030	34.500	1.060	1.060
	24.430			35.560		

1	2	3	4	5	6	7
13	23.540	1.054	1.001	30.873	1.036	1.038
	24.594			31.909		
	23.594			30.871		
	24.526			31.910		
	23.544			30.870		
15	24.560	1.016	1.053	31.910	1.040	1.031
	23.901			32.788		
	24.947			33.810		
	23.900			32.782		
	24.959			33.821		
16	23.901	1.059	0.996	32.780	1.031	1.036
	24.956			33.811		
	24.623			33.450		
	25.620			34.489		
	24.620			33.451		
	25.623	1.003	0.996	34.489	1.038	1.036
	24.629			33.448		
	25.618			34.479		

Имевшиеся на их краях зазубрины побудили нас исследовать площади диафрагмы фотометрически на проекционном микрофотометре системы А. В. Маркова, тоже принадлежащем Пулковской обсерватории [5].

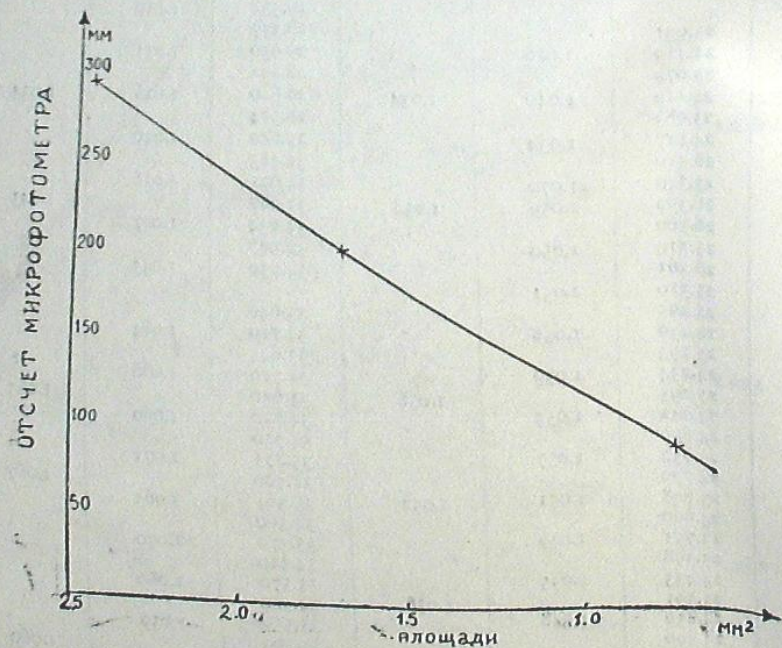


Рис. 11 ббб.

На этом приборе были промерены три диафрагмы безупречного качества от трубчатого фотометра Пулковской обсерватории [7], тщательно исследованные для затмения 1945 г, и все работавшие отверстия нашей диафрагмы. После этого с построенной по промерам диафрагм трубчатого фотометра прямой (рис. 11), дающей зависимость между площадями диафрагм и отсчетом гальванометра, графически были сняты рабочие площади исследуемых диафрагм и вычислены по ним их средние диаметры. Результаты промеров представлены в таблице XIV.

Таблица XIV ცხრილი

Отверстия трубчатого фотометра ბილუბიანი ფოტომეტრის ხვრელები			Отверстия ослабляющей диафрагмы შემასუსტებელი დიაფრაგმის ხვრელები			
№ диа- фрагмы დიაფრაგმა	Отсчет ანათვალი	Среднее საშუალო	№ диа- фрагмы დიაფრაგმა	Отсчет ანათვალი	Среднее საშუალო	Площади ფართი
1	2	3	4	5	6	7
			1	98 მმ 97 96	96.2 მმ	0.745 მმ ²
5	294 მმ 292 294 293	293.25 მმ	2	95 95 105 103 102 102	103.2	
6	207 208 207	207.3	3	103 105 105 104 105	104.2	0.805
7	97 95 96	96	4	103 103 105 107 106	104.8	0.820
			5	100 99 101 101	100.25	0.779
			6	99 101 99 100	99.75	0.778
			7	101 101 99	100.3	0.782
			9	106 108 107 104	106.25	0.830

1	2	3	4	5	6	7
			10	109 мм 108 108 108	108.25 мм	0.848 мм ²
			11	103 101 103 107 105	104.5	0.830
			12	107 108 107 106	107.0	0.840
			13	98 99 98 97	98.0	0.760
			15	99 100 98 99	99.0	0.770
			16	84 84 86 84	84.5	0.645

Рабочая площадь зеркала радиометра, учитывая диафрагмирование его оправой термостолбика, растяжками, на которых она крепилась к стенкам радиометра, контактами, соединяющими термостолбик с отводящими ток проводами, и самими этими проводами, составляет 135.5 кв. см и следовательно ослабление получаемое нами от диафрагмирования составляет $13550 \text{ мм}^2 : 11 \text{ мм}^2 = 1230$. (10)

Для дополнительного ослабления гальванометр был шунтирован на 0.1 ома.

Использованный нами для шунтирования магазин был поверен в соответствующем институте в Тбилиси и с точностью 0.1% отвечал указанным на нем величинам.

Измерения Солнца велись с тем же гальванометром Кембридж, который работал и на затмении. Внутреннее сопротивление его, как было сказано выше, равнялось 18.7 ома и следовательно полученное нами путем диафрагмирования и шунтирования общее ослабление составляло 230010х. Первые промеры показали, что полученного ослабления еще недостаточно и поэтому 2 из ближайших к центру и симметрично расположенных от-

верстия диафрагмы радиометра были закрыты, т. ч. работало только 14 отверстий*.

После надевания диафрагмы, поворотом ее вокруг оси радиометра, она устанавливалась в положение, при котором все ее отверстия полностью изображались на воспринимающих поверхностях термостолбика и никаких потерь радиации в промежутках между воспринимающими поверхностями не имело места. Последнее проверялось по наибольшей величине отброса гальванометра.

§ 10. Наблюдения затмения 25 февраля 1952 года

Затмение наблюдалось в колхозе «Гигант» в 4 км от ст. Чили Ташкентской ж. д. Экспедиция прибыла в Чили в составе Ш. М. Ч х а и д з е (начальник данной группы экспедиции) и В. В. В и х р о в а (механик) 5-го февраля. Наблюдатель на радиометре М. С. З е л ь ц е р—автор настоящей статьи—прибыла в Чили 6-го февраля. 7-го февраля оборудование было переведено в колхоз «Гигант» на площадку для наблюдений и приступлено к постройке павильона и столбов. Из-за бушевавшего в течение 6 дней ветра большой силы, установка инструмента была закончена только 16-го февраля; 17-го инструмент был окончательно отъюстирован и с 18-го было приступлено к промерам солнечной радиации с фильтром и без него, для стандартизации короны, сравнения ее спектрального состава с солнечным и определения экстинкции.

Обычно с утра небо бывало чистым, во всяком случае в непосредственной близости от Солнца, т. ч. можно было приступать к измерениям, но к 10—11 часам утра Солнце уходило в цирусы и мы вынуждены были прекращать работу.

Одновременно с нашими промерами на радиометре Ш. М. Ч х а и д з е определялась прозрачность атмосферы актинометром Михельсона.

23 и 24 февраля, проходил циклон, была сплошная облачность и шел дождь.

В день затмения с раннего утра на небе были редкие перистые облачка, полностью ушедшие к 8-ми часам. С этого момента до вечера небо было чистым т. ч. наблюдение затмения было произведено при абсолютно ясном небе.

Обстоятельства затмения приведены в нижеследующей табличке.

Мировое время второго контакта $10^{\text{h}}31^{\text{m}}11^{\text{s}}.5$.

Мировое время третьего контакта $10^{\text{h}}33^{\text{m}}5^{\text{s}}.4$.

Продолжительность полной фазы 114 с.

Зенитное расстояние Солнца $65^{\circ}.0$.

Масса воздуха 2.357.

Видимый радиус Солнца $16'9''$.

Видимый радиус Луны $16'29''$.

Широта пункта наблюдения $44^{\circ}08'25''$.

Долгота пункта наблюдения $66^{\circ}44'34''$ (Е).

На наблюдательной площадке были расположены инструменты четырех экспедиций: Ташкентской астрономической обсерватории, Харьковско-

* Указанная в (10) площадь 11 мм² соответствует 14-ти отверстиям ослабляющей диафрагмы.

го университета, Львовской астрономической обсерватории и Абастуманской астрофизической обсерватории. Координаты и моменты контактов были определены астрометристами Ташкентской обсерватории В. Г. Бедой и Харьковского университета Г. Р. Посашковым. Счет времени каждая экспедиция вела самостоятельно. Радиометр был установлен нами на бетонном основании. Для гальванометра и самописца был построен темный павильон и сделаны отдельные бетонные столбы.

Самописец был расположен на расстоянии 1 м от гальванометра, рядом с которым помещалась лампочка от карманного фонаря, ток в цепи которой включался и выключался через разъем находящееся в цепи контактного хронометра. Вспышки лампочки давали (раз в секунду) временную шкалу на ленту самописца в виде полосы, перпендикулярной основанию барабана и позволяли, после проявления ленты, точно установить моменты производства отсчетов.

25-го февраля с утра приступлено было к промерам Солнца с описанным выше ослаблением для получения экстинкции нашей же установкой и набора материала для сравнения корональной радиации с солнечной, но в 10 часов 20 минут утра, во время очередного измерения, ведущий гидировку В. В. Вихров уронил с установки ослабляющую диафрагму, вследствие чего погиб термостолбик. Сгоревший термостолбик (№ 275) немедленно был заменен имевшимся в запасе идентичным термостолбиком (№ 277), но на это ушло почти 2 часа, так что до первого контакта мы смогли произвести только одну серию промеров солнечной радиации новым термостолбиком, для сравнения ее с корональной.

Произведенное нами в Чили исследование инерции системы «гальванометр Кембридж—наш термостолбик» превысило ожидаемое и дало для нее 6 секунд.

В связи с этим нами был составлен следующий план наблюдений. За 1½ минуты до второго контакта включить мотор, вращающий барабан самописца. За ½ минуты до второго контакта открыть затвор самописца, после чего на фотобумаге начнут регистрироваться секундные вспышки лампы и отсчет нуля гальванометра. На 1-ой секунде после второго контакта—открытие заслонки радиометра. На 11 сек.—отсчет на короне и переброска на фон. На 22-ой сек.—отсчет на фоне, переброска на корону и введение фильтра. На 33 сек.—отсчет на короне и переброска на фон при введенном фильтре. На 44 сек.—отсчет на фоне, переброска на корону и введение фильтра. На 55 сек.—отсчет на короне и переброска на фон без фильтра. На 66 сек.—отсчет на фоне, переброска на корону и введение фильтра. На 77 сек.—отсчет на короне и переброска на фон с введенным фильтром. На 88 сек.—отсчет на фоне, переброска на корону и введение диафрагмы экранирующей линзу, фильтр выведен. На 99 сек.—отсчет на внешней короне и переброска на фон. На 110 сек.—отсчет на фоне с экранирующей линзу диафрагмой.

Учитывая опыт наблюдений Луны в Абастумани, мы не были уверены в какую сторону от нуля мы получим отсчет и не будут ли отсчеты на короне и фоне иметь разные знаки; поэтому перед вторым контактом нулевой отсчет гальванометра был установлен на середину шкалы.

Во время наблюдения полной фазы в темном павильоне находился автор настоящей статьи, могущий в момент начала наблюдений включить в цепь гальванометра с термостолбиком дополнительное сопротивление,

Таблица XV
Z₀ = 65° 0'

საწყისი მომენტი	საშუალო დრო	ნაპირ — ნული	კორონა ფილტრის გეოგრაფიული ალტიტუდა	ფონის ფილტრის სისქე	კორონა მინუს ფონის ფილტრის გეოგრაფიული ალტიტუდა	ფონის ფილტრის სისქე	კორონა მინუს ფონის ფილტრის გეოგრაფიული ალტიტუდა	პროცენტული დანაშაული
68 სკ.	10 31 57 ^s	—	107 მმ	107 მმ	107 მმ	107 მმ	107 მმ	38% ± 2%
60	10 32 5	6**	106	0	101	0	100	
54	10 32 11	0	106	6**	106	6**	106	
48	10 32 17	106	106	0	106	0	106	
40	10 32 25	106	106	0	106	0	106	
36	10 32 29	106	106	0	106	0	106	
26	10 32 39	106	106	0	106	0	106	
14	10 32 51	106	106	0	106	0	106	

* Число секунд от середины отсчета до 3-го контакта, снятое с ленты самописца.
** Измерения ленты самописца показали, что при данных наводках на фон, отброс на нем сначала был 6 мм и в конце каждого промера фона снижался до нуля.

если бы отклонения оказались большими и вышли бы за шкалу самописца. Так и оказалось на самом деле. Во время наблюдений автор, на первой секунде после второго контакта, передвинул в установку весь самописец так, чтобы весь отброс уместился на шкале, а величина отброса не была уменьшена включением сопротивления. Во время полной фазы автор записывал визуально отсчеты отклонений гальванометра (как страховку на тот случай, если чтонибудь случится с фоторегистрацией). Проявление показало полную идентичность произведенных автором записей отклонений с зарегистрированными на фотобумаге отклонениями.

Результаты наблюдений приведены в таблице XV.

Из таблицы XV мы также видим, что на 58 секунде фильтр не был введен.

§ 11. Стандартизация короны

Сравнение с Солнцем. Учитывая аварию, происшедшую с термостолбиком, для сравнения короны с Солнцем нами были использованы только промеры Солнца, сделанные 25-го и 26-го февраля. Полученные результаты представлены в таблице XVI.

Таблица XVI ცხრილი

Дата — თარიღი	Мировое время მსოფლიო დრო	Z \odot	Экстинкция в зените (по Ш. М. Чхидзе) მსოფლიო ვენის ექსტინქცია	Отсчет — ანალოგი	Отсчет за гран. атмосферы ანათვალი, ატმოსფეროს გარეთ "გატანილი"	Отсчет за границей атмосферы, исправ. за ослабление диафр. и шунт ატმოსფეროს გარეთ "გატანილი" ანათვალი, დიაფრაგმირებაზე და დაშვებულზე შესწორებული	Вес — წონა
25. II.	5 ^h 40 ^m	60°48'	0.229	85 ^{mm}	129 ^{mm}	29.7 × 10 ⁶ mm	1/2
25. II.	6 0	58 54	0.229	84	126	29.0 × 10 ⁶	1/2
25. II.	9 30	57 18	0.229	85	126	29.0 × 10 ⁶	1
26. II.	4 45	67 0	0.242	63	111	25.6 × 10 ⁶	1

Первые два промера произведены были с первым термостолбиком и поэтому мы придали им вес 1/2, хотя полученные величины и близки к результатам, полученным со вторым термостолбиком.

Необходимо отметить, что уменьшение чувствительности со временем различно для различных термостолбиков и поэтому чувствительности наших термостолбиков могли ко дню затмения сравняться, на что указывают почти равные отсчеты, полученные при промерах Солнца двумя термостолбиками 25 февраля.

Из таблицы XVI мы получаем для отношения коронального излучения к солнечному величину 6.1×10^{-6} , превосходящую большинство полученных до нас результатов. К этому вопросу мы еще вернемся.

Сравнение с Луной. Сравнение коронального излучения с лунным должно было быть произведено в Чили в полнолуние, предшествующее затмению. Пасмурная погода не дала возможности его осуществить и мы имели возможность произвести сравнение коронального излучения с лунным только по нашим абастуманским промерам Луны.

Точность этого сравнения, конечно, ниже, чем сравнения с Солнцем, т. к. промеры Луны и короны произведены разными термостолбиками и зеркало радиометра между промерами Луны в Абастумани и затмением было заново оталюминировано. Нам кажется, что вносимая этим погрешность может быть вычислена следующим образом: отношение отклонений гальванометра полученных нами от Солнца с новым термостолбиком к отклонениям полученным от Луны со старым термостолбиком, после выноса обеих величин за границу атмосферы, учета использованного при промерах Солнца ослабления и приведения к среднему расстоянию до Луны и Солнца оказалось равным 408000, тогда как по Петтиту тоже отношение равно 498000, т. е. на 22% больше. Это расхождение безусловно относится, в первую очередь, за счет разной чувствительности двух термостолбиков, во время измерения Луны и Солнца и, во вторую очередь, за счет сравнительно небольшого различия коэффициентов отражения зеркала. Отсюда проведенное нами сравнение отношения радиометрических излучений Луны (Абастумани) и Солнца (Чили) с достоверной цифрой Петтита позволяет исправить полученную нами величину излучения короны по сравнению с Луной умножив приведенное в табл. 20 число на 1.22. В этом случае мы получим по Луне 10.1×10 , т. е. значение хорошо согласующееся с остальными нашими тремя родами измерений. Результаты сравнения, вытекающие из данных таблицы XI, представлены в таблице XVII.

Таблица XVII ცხრილი

С чем сравнивалась	$\frac{E_k}{E_{\odot}}$	Излучение короны в калор. кв. см. мин.	$\frac{E_k}{E_{\odot}}$	Ошибка	Число измерений	Вес
С Солнцем	5.4×10^{-6}	10.6×10^{-6}	2.7	$\pm 6\%$	4	3
С Луной	4.7×10^{-6}	8.3×10^{-6}	2.1	$\pm 13\%$	9	1/2
С лампой	6.6×10^{-6}	12.7×10^{-6}	3.2	—	1	1
По показанию и чувствительности радиометра	6.4×10^{-6}	12.5×10^{-6}	3.1	—	1	1
Среднее	5.7×10^{-6}	11.2×10^{-6}	2.8	—	—	—

* Вследствие учета различия чувствительностей термостолбиков (табл. IX) результаты сравнения выражены в долях отраженного излучения Луны, что удобно также при сопоставлении с результатами прежних экспедиций.

Сравнение с эталонной лампой. Кроме сравнения с Солнцем и Луной мы решили, в ночь с 25-го на 26-ое февраля, произвести сравнение корональной радиации с излучением эталонной лампы, про-

шедшей специальную проверку в Акциометрической лаборатории Института мер. Для этой цели лампа была установлена на столбе на расстоянии 29,7 м от зеркала радиометра. Она питалась от аккумуляторов и напряжения на ее клеммах проверялось специально приключенным вольтметром класса 0,5 (цена одного деления вольтметра 0,1v).
Результаты промеров представлены в таблице XVIII.

Таблица XVIII ცხრილი

Ноль ნული	Отсчет от лампы ანათურაზე	Отсчет от фона ანათურა ფონზე	Ноль-фон ნული- ფონი	Среднее საშუალო	Ноль- лампа ნული- ნათურა	Среднее საშუალო	Лампа минус фон ნათურა მინუს ფონი
42.0мм		127 мм	-85.0мм				
41.0		127	-86.0	-85 мм			
42.0		127	-85.0				
38.0	-11 мм				47 мм		129 мм.
33.0	-10				43	44 мм	
34.0	-10				43		
35.0	-9				44		
36.0	-10				46		

Из сравнения отсчетов, полученных от короны за границей атмосферы и от эталонной лампы, может быть вычислена энергия, получаемая от первой, по формуле:

$$\frac{W \times b}{R^2 \times a} = X \frac{\text{ватт}}{\text{м}^2} \quad (11)$$

где W —энергетическая освещенность, создаваемая лампой на расстоянии 1 метра (по паспорту Института мер 6.51 $\frac{\text{ватт}}{\text{м}^2}$, при напряжении на покое лампы 10.8v).

R —расстояние лампы от зеркала радиометра,

b —отсчет на короне, приведенный за границу атмосферы (170 мм),

a —отсчет от эталонной лампы,

X —энергия, получаемая от короны на каждый кв. метр выраженная в ваттах.

Подставляя в уравнение (11) наши данные и переводя $\frac{\text{ватт}}{\text{м}^2}$ в калории на квадратный см в минуту, мы получим величину $12.7 \cdot 10^{-6} \frac{\text{кал}}{\text{см}^2 \text{мин}}$ (табл. XVII).

§ 12. Опыт непосредственного измерения излучения короны

Полученное нами большое значение величины интегрального излучения короны побудило нас, поскольку чувствительность и сопротивление гальванометра и термостолбика нам были известны с высокой степенью точности, произвести подсчет энергии, которая должна упасть на зеркало радио-

метра от короны для того, чтобы вызвать наблюдению нами величину отклонения гальванометра. Последняя величина K может быть вычислена по следующей формуле:

$$K = \frac{m a \Omega}{0.6 \cdot n \cdot s}$$

где m —отклонение гальванометра в мм вынесенное за границу атмосферы,

a —чувствительность гальванометра в $\frac{\text{амп}}{\text{мм}}$,

Ω —сопротивление нашей цепи (гальванометр и термоэлемент),

n —чувствительность термостолбика в $\frac{V}{\text{кал}}$,

s —площадь зеркала в см^2 .

0.6—теоретическое пропускание радиометра.

Подставляя в уравнение постоянные нашей установки мы получим

для K величину $12.5 \times 10^{-6} \frac{\text{кал}}{\text{см}^2 \text{мин}}$ в пределах точности наших измерений,

совпадающую с результатами полученными сравнением с Солнцем, Луной и эталонной лампой.

§ 13. Выводы

А. Градиент падения яркости в короне

Единственный отсчет полученный нами для внешней короны указывает на малую величину интегрального излучения внешней короны по отношению к излучению всей короны и, следовательно, на очень большой радиометрический градиент падения яркости в короне $\left(\frac{1}{R^3}\right)$.

Последний результат нам будет очень важен для интерпретации результатов измерения инфракрасного эксцесса.

Б. Инфракрасный эксцесс

Как было сказано выше, для решения вопроса о том, идентичны ли спектральные составы солнечного и коронального излучений или в составе последнего преобладает инфракрасное излучение по сравнению с таковым в излучении Солнца, нами были промерены, при одинаковых зенитных расстояниях, излучения короны и Солнца с водяным фильтром и без него. Результаты промеров представлены в табл. XV.

Мы видим, что для Солнца отношение излучения прошедшего через водяной фильтр ко всему излучению составило по промерам 18.II.52 г. $32.5\% \pm 2.1\%$ и по промерам 26.II.52 г. $33.5\% \pm 2.7\%$, т. е. в среднем $33\% \pm 2.4$, тогда как для короны это отношение было получено равным 38% . Мы видим, что полученный по нашим промерам эксцесс в интегральном излучении короны очень мал ($5\% \pm 3.5\%$) и лишь на 1% —

—20% превосходит ошибку измерений (среднюю квадратичную ошибку результата).

Полученный нами результат подтверждает теорию Ван де Холста о том, что неполяризованный свет короны объясняется дифракционным рассеянием солнечного света частичками материи, находящимися в пространстве между Солнцем и Землей. Подсчет Ван де Холста показывает, что в этом случае мы будем наблюдать, для коронального излучения, крайне малое покраснение, меньшее, чем имеет место для различия в излучении центра и краев Солнца. Если произвести такой расчет по данным Аббота [18], то для случая наших наблюдений величина эксцесса в короне не должна была бы превосходить 2%. Следовательно, для получения величины эксцесса на будущих затмениях необходимо измерить с водяным фильтром и без него излучение внешней короны.

После написания изложенной выше части исследования, появилась статья Блэкселла с результатами наблюдения солнечного затмения 1952 г. Наблюдатели измеряли отношение длинноволнового излучения (эффективная длина волны 1.9 μ) к коротковолновому (эффективная длина волны 0.43 μ) на расстояниях 1.5 и 2.5 радиусов от центра Солнца, для решения вопроса о наличии инфракрасного эксцесса в излучении внешней короны. Последнее отношение было получено наблюдателями на расстоянии 2.5 радиусов в 2.17 раза превосходящим таковое на расстоянии 1.5 радиуса, где по мнению авторов цитируемой статьи эксцесс отсутствует. В своих результатах авторы тоже видят подтверждение гипотезы Ван де Холста и делают пробу вычислить из него возможный средний диаметр рассеивающих частиц. В статье даны только отношения излучений в указанных выше эффективных длинах волн, поэтому мы не могли произвести непосредственное сравнение приведенных результатов с нашими, но так как по нашим радиометрическим промерам градиент падения яркости в короне 1952 г. в среднем представляется формулой

$$I = \frac{I_0}{R^8}$$

где: R —расстояние от центра Солнца в его радиусах,

I_0 —яркость короны на краю Солнца,

то в этом случае излучение короны находящейся за 2.5 радиусами от центра Солнца составит:

$$\int_{2.5}^{\infty} \frac{RdR}{R^8} : \int_{1.0}^{\infty} \frac{RdR}{R^8} = \frac{1}{244}$$

интегрального излучения короны и для излу-

чения короны, находящейся за 2.0 радиусами.

$$\int_{2.0}^{\infty} \frac{RdR}{R^8} : \int_{1.0}^{\infty} \frac{RdR}{R^8} = \frac{1}{64}$$

Следовательно, даже если бы все излучение короны на расстоянии более двух радиусов от центра Солнца лежало в инфракрасной области (что на самом деле не имеет места, так как на фотографиях выходят эти области короны), то и в этом явно преувеличенном случае величина эксцесса составила бы только 1,7% ее интегрального излучения, т. е. лежа-

ла бы в пределах точности наших измерений. Следовательно, результат полученный английскими астрономами на затмении 1952 г. подтверждает наши выводы о величине инфракрасного эксцесса в короне.

Из всех приведенных результатов следует, что на будущих затмениях эксцесс должен измеряться только для одной внешней короны.

Во всяком случае приведенное Кобленцом, по наблюдению затмения 1925 г., для эксцесса во внутренней короне значение около $0^m 30$ и полученное В. Б. Никоновым на затмении 1941 г. $0^m 27$ по результатам нашей экспедиции и по проведенным нами, на основании результатов английской экспедиции, расчетам не реально. Наши измерения показали, что во внутренней короне эксцесса не существует.

В. Интегральное излучение короны

Полученная нами величина интегрального излучения короны (табл. XVII) показывает, что в 1952 г. она была исключительно интенсивна и, что с нею сравнима только корона 1898 г. (2.7 луны), интенсивность которой была определена Баканом и Гаром [25] по фотографическим промерам. Однако, наличие схождения между величинами интегрального излучения короны полученными четырьмя разными способами убеждает в надежности наших методов стандартизации. Выше нами было показано (табл. XVIII), что величины отклонений гальванометра во время полной фазы могут быть объяснены только получением термостолбиком в это время указанной в табл. XVII энергии. Следовательно, если в наших измерениях и имела бы место ошибка, то она должна была произойти во время наблюдения затмения, а не во время стандартизации. Необходимо отметить во-первых, что радиометр был тщательно изолирован от внешних тепловых воздействий. Последнее было проверено по неизменности показаний гальванометра при приближении и отходе гидрировщика от инструмента. Во-вторых, отсчет обусловленный собственно излучением короны брался нами как разность отсчетов на короне и фоне и, следовательно, постоянный дополнительный нагрев термостолбика не мог сказаться на величине полученного для короны отброса. Для получения завышенной величины отклонения при промерах короны необходимо представить себе, что паразитный нагрев рабочих спаев термостолбика (нагрев обоих термостолбиков конечно не вызвал бы отклонений гальванометра) имел место только в то время, когда инструмент был наведен на корону и отсутствовал при промерах фона. Малая величина отклонения, полученного от внешней короны указывает на то, что в этом случае паразитный нагрев должен был отсутствовать. Кроме того, радиометрическая величина отношения излучений всей и внешней короны, как выше было указано, близка к величине того же отношения, определенной по фотографическим промерам. Трудно себе представить источник такого паразитного нагрева. Косвенным доказательством нашей правоты является и сочетание фактов большого градиента падения яркости в короне установленного как нами, так и другими авторами и продолжительности видности короны вне затмения (за 4 секунды до 2-го контакта и в течение 5 секунд после третьего контакта) установленной В. П. Щегловым [26]. Только корона исключительной яркости может объяснить одновременное наличие обоих

* Излучение короны, вычисленное в этом случае больше всего отягчается ошибками промера экстинкции.

этих фактов. Вопрос о том, перемененно или постоянно интегральное излучение короны, до настоящего времени нельзя было считать решенным окончательно в силу того, что имеются фотометрические ряды (ЛГУ, В. В. Шаронов [27, 28]) наблюдений короны как будто бы не указывающие на ее изменчивость. Однако однородные фотоэлектрические промеры короны, обработанные В. Б. Никоновым указывают на несомненную ее изменчивость с периодом солнечной деятельности в пределах от 1.2 до $0.4 \times 10^{-6} \frac{E_k}{E_{\odot}}$.

Радиометрические измерения интегрального излучения короны, проведенные на затмениях 1925, 1936 и 1941 гг. и нанесенные нами на кривую солнечной деятельности показали полное соответствие между ходом солнечной деятельности и корональным излучением. Исключение составила только корона 1952 г.

Полученная изменчивость интегрального излучения короны, как показали вычисления не может быть объяснена ни различным закрытием внутренних зон короны диском Луны на разных затмениях, ни переменностью излучения протуберанцев и хромосферы.

Излучение протуберанцев и хромосферы в долях солнечного излучения было промерено во время затмения 1936 г. С. К. Всехсвятским [29] и для затмения 1941 г. сейчас вычислено нами по измерениям М. С. Зельцер и А. В. Маркова [30]. Оно оказалось в обоих случаях не превышающим 10% излучения короны.

Имел место случай (затмение 1927 г.) [31], когда при наибольшем открытии хромосферы, излучение ее и протуберанцев составило 50% излучения короны. Однако даже такое влияние хромосферы и протуберанцев не в состоянии было бы объяснить полученную нами величину интегрального излучения оболочек Солнца, не закрытых Луной во время затмения 1952 г.

Указанный результат показывает, что излучение короны не постоянно и иногда, (1898, 1952 гг.), по невыясненным пока причинам, может достигать очень значительной величины, чем нарушается общая зависимость излучения короны от периода солнечной деятельности.

1898 и 1952 гг. приходится на эпоху, лежащую между максимумом и минимумом солнечной деятельности ближе к минимуму (за три года).

Относительно большую величину коронального излучения получил для затмения 1898 г. и Тернер отметивший, что таковая почти вдвое превосходила величину 1893 г.

В связи с этим интересно отметить, что по данным Вальдмейера [32] ход интенсивности блестящей линии короны (5303А) на спаде пятнообразовательной деятельности запаздывает после минимума кривой годового хода чисел Вольфа на 2—3 года и в 1952 г. интенсивность блестящей линии повидимому могла еще быть в максимуме.

Указанный результат показывает, что излучение короны несомненно непостоянно, что говорит о необходимости систематического радиометрического измерения коронального излучения на стандартной аппаратуре.

Считаю своим приятным долгом выразить глубокую признательность: Главной астрономической обсерватории в Пулковке за всемерную помощь при подготовке к экспедиции и при обработке полученных нами результатов, Ташкентской и Харьковской обсерваториям за сообщение координат

нат пункта и других сведений о наблюдении затмения, а также Ш. М. Чхаидзе за определения экстинкции в Чиили и Я. И. Кумсншвили и Н. Л. Магалашвили за участие в наблюдениях в Абастумани.

Август, 1952 г.

ЛИТЕРАТУРА — ლიტერატურა

1. Зельцер М. С. Ж. тех. физ. **6**, 195, 1936.
2. Козлов В. И. АЖ, **13**, 305, 1936.
3. Кринов Е. Л., Сытинская Н. Н., АЖ, **19**, № 9, 1942.
4. Курс астрофизики и звездной астрономии, главы XXVI, XXIX, 1952.
5. Марков А. В. Ж. тех. физ. **16**, 1195, 1946.
6. « Изв. ГАО АН СССР, **18**, № 144, 1950.
7. « Изв. ГАО АН СССР, **18**, № 145, 1951.
8. Никонов В. Б., Труды экспедиции по наблюдению полного солнечного затмения 19 июня 1936 г. Том 2, 114. 1939. Бюлл. Абаст. obs., № 3, 77, 1938.
9. Никонов В. Б. Труды экспедиции по наблюдению полного солнечного затмения 21 сентября 1941 г., 43, 1949; Бюлл. Абаст. obs., № 7, 33, 1943.
10. Никонов В. Б. и Никоньва Е. К. Изв. Крым. астроф. obs., **1**, 83, 1947.
11. Слюсарев Г. Г. Методы расчета оптических систем, 1937.
12. Сколова В. С. Изв. АН Казах. ССР, № 90, Серия Астробот. 127, 1950.
13. Шаронов В. В. Уч. Зап. Лен. Гос. Ун-та, № 132, 37, 1949.
14. Шиловский И. С. АЖ, **25**, 145, 1948.
15. « Изв. Крым. астроф. obs. **5**, 109, 1950.
16. « Изв. Крым. астроф. obs. **5**, 86, 1950.
17. Abbot C. G. Aph J **12**, 69, 1900
18. « Smiths. Misc. Coll. **52** (5), 31, 1908
19. Calender. Proc. R. Soc. **77A**, 8, 1905
20. Reports on the Dutch Expedition to Karany Sago, Sumatra **4**, 1901
21. Mitchell S. A. Eclipses of the Sun, 1923
22. Pettit Ed. Aph J, **81**, 17, 1935
23. Pettit Ed., Nicholson S. B. Aph J, **62**, 202, 1925
24. Stetson H. T., Coblenz W. W. Aph J, **62**, 128, 1925
25. Van de Hulst H. C. Aph J, **105**, 471, 1947
26. Фесенков В. Г., Парийский Н. Н. АЖ, **29**, № 3, 369, 1952.
27. Шаронов В. В. Уч. зап. Ленингр. гос. унив-та, 189, 1949.
28. Сытинская Н. Н. и др. Уч. зап. Ленингр. гос. унив-та, 132, 1949.
29. Всехсвятский С. К., Домбровский В. А. Труды эксп. по набл. полн. солн. затмения 19 июня 1936. **2**, 97.
30. Зельцер М. С., Марков А. В. Труды эксп. по набл. полн. солн. затмения 21 сентября 1941, 154.
31. Михайлов А. А. Труды гос. астрофиз. инст-та, **4**, 1928.
32. Waldmeier M. Zs f Aph. **26**, 264, 1949.

მზის გვირგვინის რადიომეტრია (1952 წლის 25 თებერვლის
მზის სრული დაბნელების დაკვირვება)*

ა. ზალცარი

(რეზუმე)

1952 წლის 25 თებერვლის მზის სრული დაბნელების დაკვირვების მიზნით აბასთუმნის ასტროფიზიკურმა ობსერვატორიამ მოაწყო ექსპედიცია შუააზიის რაიონებში. ამ ექსპედიციის იმ ჯგუფის ამოცანას, რომელიც დაბა ჩიილის (ტაშკენტის ჩრდილოეთით, სამხრეთ ყაზახეთის ოლქში) რაიონში მუშაობდა, შეადგენდა მზის გვირგვინის რადიომეტრია და, სახელდობრ, — მზის გვირგვინის ინტეგრალური გამოსხივების ინტენსივობის გაზომვა და ინფრაწითელი სიქარბის გამოკვლევა.

ექსპედიციის ამ ჯგუფის შემადგენლობაში შედიოდნენ შ. ჩხაიძე, მ. ზელცარი და ვ. ვიხროვი (ზუსტი მექანიკოსი).

დაკვირვებისათვის გამოყენებული იყო ძირითადად, იგივე რადიომეტრი, რომელიც 1941 წლის დაბნელების დროს იყო ხმარებული, თუმცა იმ არსებითი ცვლილებებით, რომ 1) წინანდელი თერმომეტრის ნაცვლად გამოყენებულ იქნა სპეციალურად დამზადებული თერმობატარია (მისი მახასიათებლები მოყვანილია IX ცხრილში), 2) გალვანომეტრის გადახრების პირდაპირი ათვლების გარდა ხდებოდა მათი ფოტორეგისტრაცია. გვირგვინის გამოსხივების სპექტრული შედგენილობის გამოსაკვლევად ხმარებული იყო წყლის ფილტრი (სისქით 1 სმ).

დაბნელების მომენტში მიღებული დაკვირვებები მოცემულია XV ცხრილში. მზის გვირგვინის ინტეგრალური გამოსხივების ინტენსივობა აღმოჩნდა 12.3×10^{-6} კალ., სმ.² მინ., რაც გაცილებით ქარბობს სხვა ავტორების მიერ წინა დაბნელების დროს მიღებულ სათანადო მნიშვნელობებს. ეს კი იმას მიუთითებს, რომ გვირგვინის ინტენსივობა ყოველთვის ერთნაირი არ არის, როგორც ეს უმრავლეს შემთხვევაში მიაჩნდათ. შესაძლოა, რომ ეს ინტენსივობა კავშირშია მზის საერთო აქტივობასთან.

დაკვირვებების ძირითადი შედეგი იმაში მდგომარეობს, რომ მზის გვირგვინის გრძელტალღოვანი გამოსხივება ინტეგრალური გამოსხივების $32\% \pm 2\%$ შეადგენს (ცხრილი XV), ხოლო მზის პირდაპირი რადიაციის ისეთივე გაზომვებით (ცხრილი) მიღებულია 33% (18 თებერვალს) და 35.5% (26 თებერვალს), რაც იმას მოწმობს, რომ ინფრაწითელი სიქარბის არსებობა, რაზედაც მიუთითებს ზოგი ავტორები, საექვოდ უნდა ჩაითვალოს. ჩვენს შემთხვევაში ის ან სრულიად არაა ან და ძლიერ უმნიშვნელოა (დაკვირვებების სიზუსტის ფარგლებში).

აგვისტო, 1952.

* ნაშრომი წარმოადგენს ავტორის საკანდიდატო დისერტაციის საფუძველს.

ПРОЯВЛЕНИЕ СОЛНЕЧНОЙ АКТИВНОСТИ В ИЗВЕРЖЕНИЯХ*

Т. С. РАЗМАДЗЕ

Введение

Изучению солнечной активности посвящено много разнообразных работ. Большое внимание и поныне уделяемое этой проблеме, обусловлено, между прочим, и тем, что она представляет не только астрономический, но и геофизический интерес. Изучая солнечную активность во всех ее известных проявлениях, можно правильно подойти к разрешению вопросов, связанных с проблемой влияния Солнца на Землю. Наряду с большим теоретическим значением, это изучение имеет огромный практический интерес. В связи с этим, в наше время не представляется необходимым доказывать исключительную важность солнечных исследований.

Под активностью Солнца, вообще, мы понимаем множество всех тех физических изменений, которые наблюдаются нами во всех слоях Солнца. Она прежде всего выражается в видимых изменениях в его внешних слоях. Внешние проявления солнечной активности надо считать характерной особенностью в глубоких и недоступных для прямых наблюдений недрах Солнца, т. к. несомненно, что поверхностные явления Солнца тесно связаны с его глубокими слоями. Активные процессы во внешних слоях Солнца отражают солнечную деятельность вообще.

Солнечная активность находит выражение в появлении различных образований во внешних слоях Солнца: пятен и факелов в фотосфере, флоккулов и волокон, протуберанцев и извержений в хромосферном слое и г. д. Характерной особенностью перечисленных деталей является то, что они возникают в большом количестве в определенных местах и повторяются во времени. Массовый характер солнечных явлений данного вида вызывает, наряду с необходимостью исследования каждого явления в отдельности, также и необходимость статистического изучения всей совокупности проявлений солнечной активности.

Много интересных и ценных работ выполнено советскими и зарубежными учеными в области изучения различных образований Солнца. Накопление новых наблюдательных данных о последних, однако, открывает новые возможности для дальнейшего изучения и объяснения процессов, характеризующих физику Солнца.

Особое место среди различных солнечных образований занимают так называемые солнечные извержения, т. е. внезапно появляющиеся и кратковременно существующие увеличения монохроматической радиации, испускаемой более высокими слоями солнечной атмосферы [72, 36]. В извер-

* Содержание работы составляет основу кандидатской диссертации автора.