

Астрометрия и Астрофизика

**ИЗДАТЕЛЬСТВО «НАУКОВА ДУМКА»
КІЕВ — 1968**

СЕРИЯ

«АСТРОМЕТРИЯ И АСТРОФИЗИКА»

АКАДЕМИЯ НАУК УКРАИНСКОЙ ССР
ГЛАВНАЯ АСТРОНОМИЧЕСКАЯ ОБСЕРВАТОРИЯ

Кольцеобразное солнечное затмение 20 мая 1966 г.

Сборник содержит материалы наблюдений кольцеобразного солнечного затмения 20 мая 1966 г. экспедицией Главной астрономической обсерватории АН УССР.

Описаны также оборудование и инструменты, с помощью которых проводились наблюдения, дискутируются результаты обработки полученных снимков с целью определения фигуры профиля и поправок координат Луны.

Рассчитан на научных сотрудников обсерваторий, аспирантов и студентов старших курсов, специализирующихся по астрономии.

Редакционная коллегия:

Е. П. Федоров (*председатель*), З. Н. Аксентьева, Н. П. Барабашов, А. Ф. Богородский (*зам. председателя*), А. А. Горыня (*отв. секретарь*), И. К. Коваль, И. Г. Колчинский, В. П. Цесевич, А. А. Яковкин.

Ответственный редактор
А. А. Горыня.

ОТ РЕДАКЦИОННОЙ КОЛЛЕГИИ

В 1964 г. Главная астрономическая обсерватория Академии наук УССР начала издавать межведомственные тематические сборники серии «Астрономия и астрофизика», в связи с этим выпуск «Известий ГАО АН УССР» был прекращен (последним вышел в свет в 1963 г. вып. 1, т. 5).

Редакция новых сборников стремилась к тому, чтобы в каждом из них, как правило, были подобраны статьи, относящиеся к какому-либо одному разделу астрономии. В них публиковались научные работы сотрудников как Главной астрономической обсерватории АН УССР, так и других астрономических обсерваторий и кафедр астрономии высших учебных заведений УССР.

До конца 1967 г. Главная астрономическая обсерватория АН УССР в серии «Астрономия и астрофизика» издала следующие межведомственные сборники:

1964 г. «Вопросы астрометрии», «Исследования комет по программе МГСС», «Исследования по физике звезд и диффузной материи», «Спектрофотометрические исследования активных образований на Солнце», «Физика Луны и планет»;

1965 г. «Вопросы астрофизики», «Фигура и движение Луны», «Физика комет и метеоров», «Измеряемость широт»;

1966 г. «Вопросы астрометрии», «Вопросы астрофизики», «Физика комет и метеоров», «Физика Луны и планет», «Физика звезд и межзвездной среды»;

1967 г. «Фигура и движение Луны», «Вопросы астрофизики», «Изменяемость широт», «Активные процессы в кометах».

К сожалению, общей нумерации сборников этой серии не было, что создавало затруднения при их реферировании.

Чтобы избежать подобных трудностей в дальнейшем, редакционная коллегия решила начиная с 1968 г. выпускать все сборники под новым общим тематиче-

ским заглавием «Астрометрия и астрофизика» и ввела общую порядковую нумерацию выпусков. В тех случаях, когда выпуск полностью посвящен только одной какой-либо проблеме, будет добавляться соответствующий подзаголовок.

В 1968 г. в серии «Астрометрия и астрофизика» выйдут следующие выпуски: выпуск 1 — «Физика Луны и планет»; выпуск 2 — «Вопросы астрометрии»; выпуск 3 — «Вопросы астрофизики»; выпуск 4 — «Физика комет»; выпуск 5 — «Вопросы атмосферной оптики»; выпуск 6 — «Кольцеобразное солнечное затмение 20 мая 1966 г.».

ПРЕДИСЛОВИЕ

Кольцеобразные солнечные затмения — сравнительно редкие явления природы. Во время кольцеобразной фазы Луна проектируется на поверхность Солнца и наблюдатель видит полный диск Луны, который с Земли невозможно наблюдать ни при каких других обстоятельствах. Поэтому кольцеобразные солнечные затмения являются удобным случаем для наблюдений полного видимого профиля Луны, фигуру которого необходимо знать для определения координат Луны из наблюдений. Наблюдения эти могут быть использованы для решения ряда астрономических проблем, к числу которых относятся: изучение вращения Земли по движению Луны; определение элементов ориентации систем фундаментальных каталогов; определение координат удаленных друг от друга точек земной поверхности для изучения фигуры Земли; определение эфемеридного времени; изучение движения, вращения и пространственной геометрической фигуры Луны, а также ряд практических вопросов, связанных с освоением космического пространства, и т. д.

Успешное решение этих задач вызвало некоторые трудности. Как известно, на практике определяются координаты центра вероятнейшей окружности, которой можно приближенно представить профиль Луны. Однако найденная таким путем точка не совпадает с центром массы, что и объясняет часть систематического расхождения теории и наблюдений. Это противоречие легко устранить, если известна геометрия полного профиля для разных оптических либраций. Использование наблюдений Луны, когда видна только половина профиля, не приводит к требуемым результатам, так как центр фигуры не сохраняет своего положения на Луне при разных оптических либрациях. Таким образом, получение фотографий кольцеобразного солнечного затмения является важным и необходимым шагом для определения положения центра массы Луны из наблюдений. В связи с этим Главной астрономической обсерваторией АН УССР была организована экспедиция для наблюдения кольцеобразного солнечного затмения 20 мая 1966 г.

Кольцеобразная фаза солнечного затмения 20 мая 1966 г. началась вблизи экватора в Атлантическом океане. Затем полу-

са проходила через северо-западную Африку, Эгейское море, северо-западную часть Турции, Черное море, Северный Кавказ, Каспийское море, озеро Балхаш, Монголию и заканчивалась в Китае. Продолжительность затмения в Африке и Турции составляла меньше одной секунды, при вступлении на территорию Советского Союза — около одной секунды, а при подходе к китайской границе — около 30 сек.

Экспедиция ГАО АН УССР выбрала площадку для наблюдений в совхозе «Кызыл-Тан» Аксуского района Алма-Атинской области. Продолжительность кольцеобразной фазы здесь составляла около 26 сек, а ширина полосы по предварительным расчетам — около 22 км. Экспедиция должна была получить фотографии солнечного затмения с помощью двух коронографов для изучения фигуры видимого профиля и определения поправок координат Луны. Экспедиция состояла из восьми человек: заведующего отделом физики Солнца Э. А. Гуртовенко, главного механика ГАО АН УССР К. Е. Скорика, младшего научного сотрудника Д. П. Думы (нач. экспедиции), старших инженеров Н. А. Василенко и А. С. Рауховского, аспиранта В. С. Кислюка, инженеров А. С. Думы и Л. Н. Мизь. Экспедиция выполнила намеченную программу.

В настоящем сборнике публикуются основные результаты обработки материалов кольцеобразного солнечного затмения 20 мая 1966 г. и некоторые сведения об аппаратуре и условиях наблюдений.

ПРОФИЛЬ ЛУНЫ ПО НАБЛЮДЕНИЯМ КОЛЬЦЕОБРАЗНОГО ЗАТМЕНИЯ 20 МАЯ 1966 г.

И. М. Деменко, А. С. Дума, Д. П. Дума

Наблюдения и оборудование

Для наблюдения кольцеобразного солнечного затмения 20 мая 1966 г. экспедиция ГАО АН УССР выехала в совхоз «Кызыл-Тан» Аксуского района Алма-Атинской области. Наблюдательная площадка располагалась на левом берегу реки Аксу в 300 м на северо-восток от центральной усадьбы совхоза. Местность во всех направлениях была открытая, если не считать двух старых построек вблизи инструментов, которые были установлены так, что эти постройки не только не мешали наблюдениям, но и использовались как укрытие от пыли и солнца для хронометров и некоторой аппаратуры.

Экспедиция работала весной. Весь период удерживалась низкая для этих районов температура. Ночью она падала от +5 до 0° С, днем колебалась от +5 до +30° С. За все время работы экспедиции три дня стояла абсолютно ясная погода, а в остальные дни облака появлялись на протяжении всего времени. Однако солнца было достаточно, чтобы подготовить аппаратуру к работе и провести ее испытания. 20 мая, в день затмения, утром наблюдалась легкая облачность. Во второй половине дня небо очистилось и перед затмением было безоблачным, правда, у горизонта виднелись слегка заметные цирrusы. После третьего контакта появились редкие облака, плотность цирrusов возросла, они стали заметны в зоне затмения. В общем во время затмения погода была благоприятной для работы с коронографами на фотографическом материале.

Большие помехи при работе возникали из-за сильных юго-западных ветров с пылью, которые почти не прекращались весь период работы экспедиции. Они являлись основным препятствием при работе с оптикой и приборами. Чтобы избежать чрезмерного загрязнения зеркал и объективов, были изготовлены футляры, которыми закрывалась оптика и которые снимались только на время установки изображения в поле кассеты. Большая запыленность приземного слоя атмосферы заставляла держать приборы закрытыми и в чехлах, что создавало существенные неудобства, особенно при юстировке и отладке коронографов.

Принятые меры не смогли обеспечить сохранение оборудования от загрязнения, поэтому оптика и приборы неоднократно мылись и очищались. 19 мая стекла, объективы и зеркала были окончательно промыты и до наступления затмения открывались на непродолжительное время. В день затмения ветер не утихал. Во избежание дрожания целостатов со стороны ветра выставлялись заградительные щиты из брезента. Во второй половине дня и перед самым затмением ветер немного утих.

Перед экспедицией ставилась задача — получить фотоснимки частных и кольцеобразной фаз затмения для вычисления поправок координат и определения фигуры профиля Луны. Экспедиция была снабжена двумя коронографами с фокусными расстояниями $F=12\text{ м}$ и 10 м и диаметрами объективов соответственно $D=20\text{ см}$ и 10 см . Для определения координат места наблюдения и регистрации времени в распоряжении были двухсекундный универсальный инструмент, звездный и средний хронометры, радиоприемник, импульсная приставка, печатающий и маркопечатающий хронографы [1].

Для 12-метрового коронографа была изготовлена специальная кассета на 20—30 фотопластинок размером $18\times 24\text{ см}$ [2]. Устройство кассетной части позволяло фотографировать затмение с интервалом между экспозициями 2—3 сек. Объектив 12-метрового коронографа фотовизуальный, поэтому перед фотопластинкой на расстоянии 20 см ставился желтый светофильтр.

В 10-метровом коронографе использовалась кассета камеры НАФА-50. Объектив и затвор НАФА-50 были отсоединены от кассетной части, а электросхема и механические узлы собраны так, что при нажатии двухконтактной кнопки широкоформатная пленка протягивалась, затем прижималась предметным столиком к плоско-параллельному стеклу, задняя плоскость которого устанавливалась в фокальной плоскости объектива. Это позволяло проводить съемки с интервалом 2—4 сек между экспозициями. Кассетное устройство НАФА-50 крепилось жестко к металлической плате и устанавливалось на массивный кирпичный фундамент.

На обоих коронографах перед кассетами на расстоянии около 40 см от фокальной плоскости устанавливались дисковые затворы с радиальной щелью [2]. При вращающейся щели экспонирование изображения происходило неодновременно, поэтому скорость вращения дисков подбиралась так, чтобы смещение изображения за счет собственного движения Луны не превосходило $0''.01$ — $0''.02$.

12-метровый коронограф имел стандартную установку АЗС-2. Зеркало вращалось электромотором печатающего хронографа. 10-метровый коронограф был укомплектован специально изготовленной целостатной установкой, зеркало которой приводилось в движение электродвигателем СД-54. Необходимая скорость вращения достигалась выбором диаметров двух передаточных

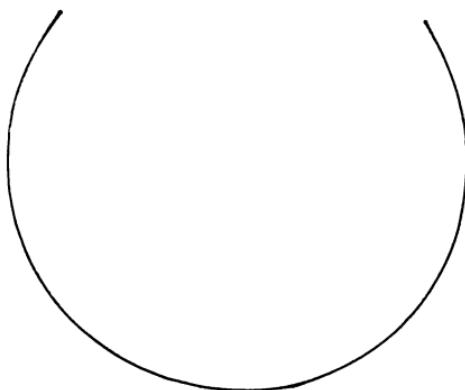


Рис. 1. Кольцеобразная фаза (12-метровый коронограф).

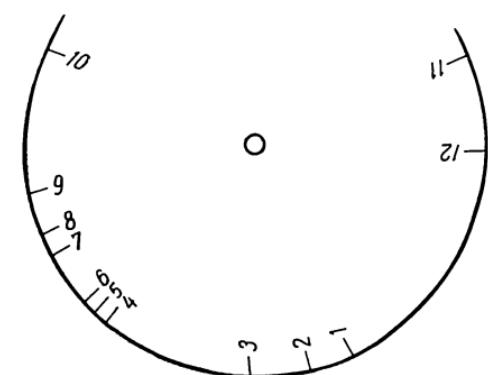


Рис. 2. Кольцеобразная фаза (10-метровый коронограф). На снимке отмечены использованные для ориентировки детали.

шкивов. Трубы коронографов были изготовлены из фанеры, внутри выкрашены сажей. Через 1,5 м устанавливались диафрагмы. Сверху трубы были обвернуты черной плотной бумагой и побелены. Кассеты и затворы для удобства работы с фотоматериалами устанавливались в светозащитных павильонах.

На протяжении нескольких дней перед солнечным затмением производилось пробное фотографирование Солнца. Анализ снимков показал, что наиболее подходящими являются фотопластинки «Gelb Rapid» и «Изоортокром». На малоочувствительных диапозитивных пластинах при скорости вращения дисков около 3 об/сек изображения получались слабыми. Уменьшать существенно скорость затворов нецелесообразно, так как при этом становилась заметной вытянутость изображения Луны за счет собственного движения. К тому же большая скорость фотографирования позволяла получать большее количество снимков во время кольцеобразной фазы, продолжительность которой составляла лишь 26 сек.

Фотографирование на 10-метровом коронографе осуществлялось на изопанхроматическую фотопленку светочувствительности

130 ед. по ГОСТу 0.85, с коэффициентом контрастности 3.0, оптической плотностью вуали 0.06 и разрешающей способностью 250 линий/мм. Разность продольной и поперечной усадок пленки после химико-фотографической обработки составляет 0.01 %.

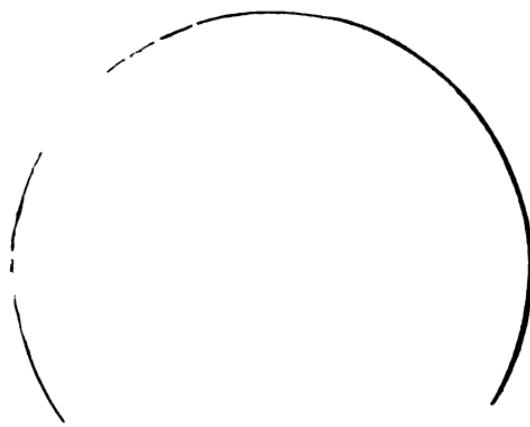


Рис. 3. Кольцеобразная фаза с «четками» Бейли (10-метровый коронограф).

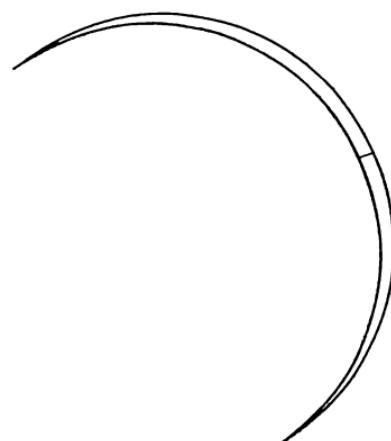


Рис. 4. Частная фаза-серп (12-метровый коронограф).

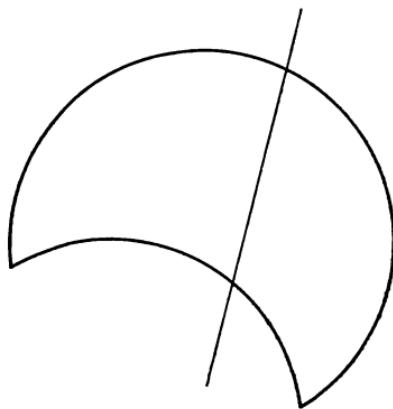


Рис. 5. Частная фаза-серп (10-метровый коронограф).

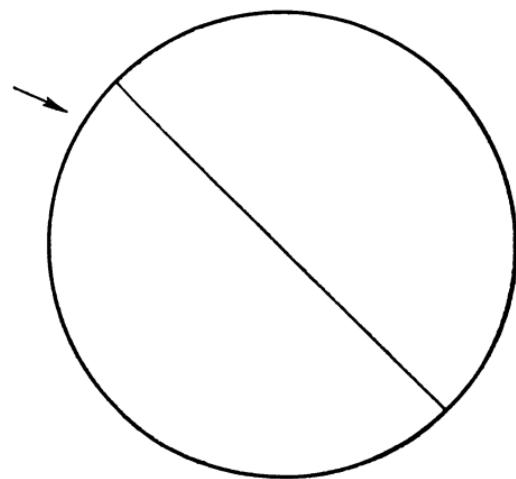


Рис. 6. Начало затмения. Стрелкой указан ущерб (10-метровый коронограф).

Программа наблюдений предусматривала равномерное фотографирование затмения от первого до четвертого контакта. На 12-метровом коронографе интервал между экспозициями состав-

лял 5 мин, на 10-метровом — 2 мин. Между вторым и третьим контактами съемка проводилась с максимальной скоростью. Фотоснимки солнечного затмения 20 мая 1966 г. проявлены в Киеве. Полученный материал оказался вполне пригодным для обработки. Всего на 12-метровом коронографе получено десять, а на 10-метровом — девять снимков кольцеобразной фазы и около 80 пригодных для измерений серпов (рис. 1—6). После проявления выяснилось, что кольца неполные. Кольца, полученные на 12-метровом коронографе охватывают около 265° , а на 10-метровом — около 255° . Недостающие части кольца оказались закрытыми оправой фильтров. Однако полученные фотографии затмения между вторым и третьим контактами вполне пригодны для решения задачи о фигуре профиля Луны, а снятые через несколько минут после третьего контакта серпы дополняют недостающую часть профиля.

Измерения, ориентировка пластинок и анализ ошибок

Определение геометрической фигуры профиля и поправок координат Луны выполнялось по 14 фотографиям кольцеобразной фазы (семь пластинок и семь пленок) и двум пластинкам с изображением серпов, полученных через несколько минут после третьего контакта. Для пяти колец (три пластинки и две пленки) и двух серпов измерялись радиусы-векторы, искусственная метка край Луны — край Солнца через 1° , для остальных — через 2° по позиционному углу. Все измерения проделаны на универсальном измерительном микроскопе УИМ-22. Перед этим было выполнено исследование делений шкал и формы направляющих линеек УИМ-22. Деления шкал по методу компарирования [3] сравнивались с делениями эталонной шкалы. Прямолинейность шкал изучалась с помощью контрольного приспособления — удлиненной рамки с металлической нитью. Результаты измерений, выполненные независимо А. С. Думой и И. М. Деменко, сравнивались и объединялись. Исследование показало, что поправки к делениям шкал и на кривизну направляющих линеек не превосходят двух микрон. Небольшие значения полученных поправок, сравниваемых с ошибками их определения, их случайный характер и допустимая точность измерения на УИМ-22 дают основание в дальнейшем их не учитывать.

Таблица 1

№ п/п	№ пласти- нок, пленок	Измеритель	Длина измеренной дуги	P	Количество точек для ориенти- ровки		σ_p
					Пластины	Пленки	
<i>Пластины</i>							
1	32	Кислюк В. С.	319°.8—0°.213°.8	113°.8—T	9	$\pm 0^{\circ}.51$	
2	34	Кислюк В. С.	311°.8—0°.213°.8	-72.2+T	13	0.35	
3	35	Дума Д. П.	311°.0—0°.213°.0	167.0—T	8	0.26	
4		Дума А. С.	311°.0—0°.213°.0	167.0—T	8	0.26	
5	36	Деменко И. М.	311°.0—0°.213°.0	167.0—T	8	0.26	
6		Деменко И. М.	316.0—0°.219.0	283.0—T	15	0.31	
7	38	Дума А. С.	310.6—0°.214.6	24.6—T	13	0.25	
8	39	Кислюк В. С.	313.4—0°.213.4	243.4—T	12	0.40	
9	40	Кислюк В. С.	311.5—0°.213.5	99.5—T	14	0.21	
10	52	Дума А. С.	187.2—346.2	277.2—T	9	0.40	
11	54	Дума Д. П.	189.4—344.4	284.4—T	9	0.31	
12		Дума А. С.	189.4—344.4	284.4—T	9	0.31	
13		Деменко И. М.	189.4—344.4	284.4—T	9	0.31	
<i>Пленки</i>							
14	66	Дума А. С.	358°.2—0°.238°.2	96°.2—T	12	$\pm 0^{\circ}.21$	
15	67	Деменко И. М.	357.9—0°.237.9	359.9—T	8	0.13	
16	68	Дума А. С.	357.7—0°.243.7	183.7—T	13	0.27	
17	69	Деменко И. М.	356.4—0°.245.4	277.4—T	13	0.26	
18	70	Дума Д. П.	353.7—0°.247.7	0.7—T	8	0.14	
19	71	Дума А. С.	356.1—0°.248.1	93.1—T	9	0.24	
20	72	Деменко И. М.	355.3—0°.247.3	296.3—T	10	0.25	

Приимечание: σ_p — среднеквадратическая ошибка отождествления одной детали.

Измерения снимков выполняли четыре измерителя. В каждом позиционном углу на искусственную метку делалось по два, а на край Луны и Солнца — по четыре наведения. Для проверки сходимости результатов, полученных отдельными лицами, кольцо на 35-й пластинке измерено тремя измерителями независимо. Расхождение усредненных отсчетов в худшем случае не превосходило 10μ , т. е. меньше $0''.2$. Вращение позиционного круга при измерении снимка осуществлялось в одном направлении, для разных снимков направление менялось. Оценка точности наведения выполнена по двум произвольно выбранным снимкам. Для 34-й пластинки и 70-й пленки среднеквадратические ошибки одного наведения на край Луны были соответственно равны 0.004 и 0.005 мм, т. е. в обоих случаях меньше $0''.1$. Результаты измерения всех пластинок и пленок приведены в приложении.

Ориентировку пластинок предполагалось осуществить по следам Солнца или звезд, которые по программе намечалось получить после затмения. Однако после затмения погода начала ухудшаться. Съемка в первый вечер не дала удовлетворительных результатов. Следующий день оказался также пасмурным, поэтому инструменты были демонтированы. Ориентировку пластинок решено было произвести с помощью «Атласа лунных профилей Парижской обсерватории» [4]. С этой целью перед измерениями на каждом снимке выбиралось 10—20 характерных деталей лунного рельефа и измерялись их позиционные углы. Намеченные детали отождествлялись с их изображениями на нескольких профилях краевой зоны при либрациях, близких по значению к либрациям затмения 20 мая 1966 г. Если деталь уверенно отождествлялась, то с профиля Веймера снималось значение позиционного угла P выбранной детали с точностью до $0''.1$. Сопоставляя углы T в системе координат, которая употреблялась при измерениях, со значением P этих деталей на профилях Веймера, были найдены соотношения для перехода от измеренных к нужным позиционным углам. За начало отсчета был выбран северный полюс Луны при нулевой либрации. Счет углов велся от северного полюса через восток. В табл. 1 содержатся сведения об ориентировке пластинок и соотношения для перехода от измеренных к позиционным углам в принятой системе координат.

Определение фигуры профиля Луны является тонким исследованием; при этом должен использоваться высококачественный материал, а измерения проводиться на высоком уровне. В оконча-

тельных данных, которые используются для получения геометрии профиля, не должны содержаться значительные систематические ошибки. Весьма реальным верхним пределом для них в данной задаче можно принять величину $0''.2$. Поэтому перед обработкой сделана попытка оценить полученный наблюдательный материал, т. е. проделана оценка некоторых возможных систематических

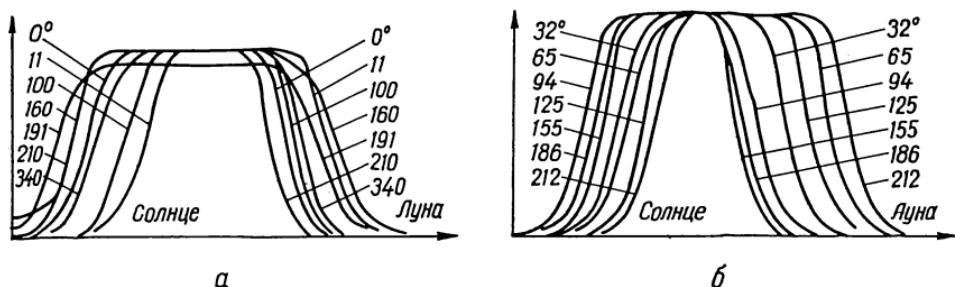


Рис. 7. Кривые нарастания почернения краев Солнца и Луны.

ошибок. К ним относятся сдвиг эмульсии, наклон пластиинки, турбуленция, aberrация, дифракция, иrrадиация, искривление пленки и другие эффекты.

Сдвиг эмульсии может быть однородным по всему полю и случайнм на некотором участке профиля. В первом случае геометрию объекта легко восстановить, во втором это сделать очень трудно. На снимках солнечного затмения 20 мая 1966 г. кольцо имеет небольшую ширину, поэтому с допустимой точностью можно считать, что края Солнца и Луны одинаково изменяются случайными сдвигами эмульсии, которые легко обнаружить путем сравнения измеренных радиусов-векторов Солнца в разных позиционных углах. Выполненная в ходе исследований такая операция указала на отсутствие рассматриваемого источника ошибок.

Наклон пластиинки к оптической оси опасен тем, что толщина кольца на отдельных участках увеличивается. Простой подсчет показывает, что заметный эффект получается, если угол наклона не меньше 10° . В нашем случае пластиинки и пленки устанавливались с точностью на порядок выше.

Атмосферная турбуленция при коротких экспозициях вызывает неодинаковые сдвиги на отдельных участках лимба. Если экспозиции длительные, действие турбуленции менее опасно и обнаруживается в размазывании края. Эффект турбуленции можно обнаружить путем последовательного сравнения снимков

между собой. Такое исследование проводилось, на его результатах остановимся позже. Кроме того, для двух колец (36-я пластинка и 69-я пленка) на микрофотометре получены кривые нарастания почернения для краев Солнца и Луны через $20-25^\circ$ (рис. 7 а, б). Как видно из рисунков, крутизна фронта потемнения во всех позиционных углах почти одинакова, что еще раз указывает на отсутствие размазывания края за счет атмосферной турбулентции и отсутствие систематических ошибок, вносимых наклоном пластиинки к оптической оси и прочих.

Иrrадиация в эмульсии фотопластинок и пленок существенно может изменить как отдельные детали, так и целые участки кольца. Учет ее весьма затруднителен. Обстоятельное исследование воздействия иrrадиации выполнено в работе [5]. Авторы получили критерий для приблизительной оценки систематических ошибок, вызванных этим эффектом. Как следует из [5], сильное влияние на конфигурацию рельефа иrrадиация оказывает в случае передержек. Снимки затмения 20 мая 1966 г. получены с нормальными экспозициями, поэтому они имеют нормальную плотность, а некоторые — даже несколько заниженную. Как известно, в этом случае опасность существенного искажения профилей гораздо меньше, чем при передержках. Однако надо учесть, что кольцо в 1966 г. было узким. Ширина его в момент максимального сближения центров Солнца и Луны лишь на порядок больше эффекта иrrадиации. В моменты, когда кольцо было несимметричным, влияние иrrадиации на отдельных участках могло быть значительным. Поэтому для определения фигуры профиля выбраны только центральные снимки, т. е. когда кольцо было почти симметричным.

На характере воздействия других источников ошибок не будем останавливаться.

Редукция измерений, сравнение профилей

Обозначим на рис. 8 через S центр диска Солнца, L — центр диска Луны. Расстояние между ними $SL \ll SA$. Толщиной кольца будем считать разность радиусов-векторов Солнца и Луны:

$$AB = SB - SA. \quad (1)$$

На практике пользуются искусственной меткой S' , которая не совпадает с S . Поэтому из измерений ширина кольца

$$A'B = S'B - S'A'. \quad (2)$$

Из треугольников SBS' и $SA'S'$ определим $S'B$ и $S'A'$:

$$\begin{aligned} S'B^2 &= SB^2 + SS'^2 - 2SB \cdot SS' \cos BSS', \\ S'A'^2 &= SA'^2 + SS'^2 - 2SA' \cdot SS' \cos A'SS' \end{aligned} \quad (3)$$

или с точностью до малых первого порядка

$$\begin{aligned} S'B &= SB \left(1 + \frac{SS'^2}{2SB^2} - \frac{SS'}{SB} \cos BSS' \right), \\ S'A' &= SA \left(1 + \frac{SS'^2}{2SA^2} - \frac{SS'}{SA} \cos A'SS' \right). \end{aligned} \quad (4)$$

Тогда ширина кольца Δh_i на основании (4) вычисляется по формуле

$$\begin{aligned} \Delta h_i &= S'B - S'A' = SB - SA - SS' (\cos BSS' - \\ &- \cos A'SS') + \frac{1}{2} \left(\frac{SS'^2}{SB} - \frac{SS'^2}{SA} \right). \end{aligned} \quad (5)$$

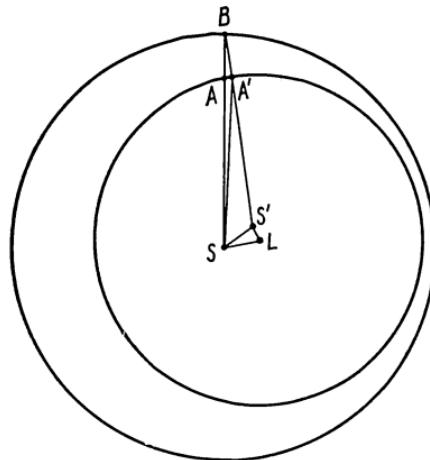


Рис. 8. Чертеж к определению ширины кольца.

метод ориентировки снимков не позволяет учитывать эти поправки, так как при определении нуль-пункта отсчета позиционных углов по равномерно распределенным на лимбе деталям в измеренные P_i они частично включаются.

Следующим этапом является исключение из ширины кольца во всех позиционных углах средней толщины Δh для данного снимка, которая находилась по формуле

Если отклонение искусственной метки от истинного центра Солнца $SS' \leq 1 \text{ мм}$, что выполнялось при измерениях, и $SB \approx SA = 50 \text{ мм}$, то легко видеть, что разность $AB - A'B < 0.001 \text{ мм} \approx 0''.02$. Такие малые редукции в измеренную ширину кольца $A'B$ не вводились. Несовпадение искусственной метки с истинным центром Солнца получилось также из-за поправок к измеренным позиционным углам. Для снимков затмения 1966 г. при соблюдении вышеупомянутой точности нанесения искусственной метки поправки не превосходят $0''.2$. Предложенный

$$\Delta h = \frac{1}{n} \sum_{i=1}^n \Delta h_i, \quad (6)$$

где n — количество измерений. Высота точки края ΔH_i в заданном позиционном углу вычисляется по формуле

$$\Delta H_i = \Delta h - \Delta h_i. \quad (7)$$

Найденные таким путем высоты рельефа Луны относятся к вероятнейшей окружности Солнца и содержат поправки за несовпадение центров Солнца и Луны, характер которых аналитически легко выразить с точностью до малых второго порядка

$$\Delta H_i' = \Delta H_i + \sigma \cos(P_i - \alpha) + \frac{\sigma^2}{2r} \sin^2(P_i - \alpha), \quad (8)$$

где σ — расстояние между центрами Луны и Солнца; α — угол, определяющий направление σ .

Чтобы привести ΔH_i к вероятнейшей окружности, центр которой совпадает с центром Луны, для каждого снимка решались системы условных уравнений вида

$$\Delta x \cos P + \Delta y \sin P + \Delta H_0 = \Delta H_i. \quad (9)$$

После этого высоты от края Солнца в системе координат с началом в центре Луны

$$\Delta H_i' = \Delta H_i - \sigma \cos(P_i - \alpha) - \Delta H_0, \quad (10)$$

где

$$\sigma = \sqrt{\Delta x^2 + \Delta y^2},$$

$$\alpha = \arctan \frac{\Delta y}{\Delta x}.$$

Полученные таким способом высоты рельефа краевой зоны наносились на графики (рис. 9, 10). По оси абсцисс откладывался позиционный угол P , по оси ординат — значение ΔH_i . Сопоставление отдельных профилей по пластинкам и пленкам дало удовлетворительное совпадение, но между профилями двух коронографов обнаружилось заметное расхождение. Систематическое отклонение на отдельных участках достигло величины в $1''$.

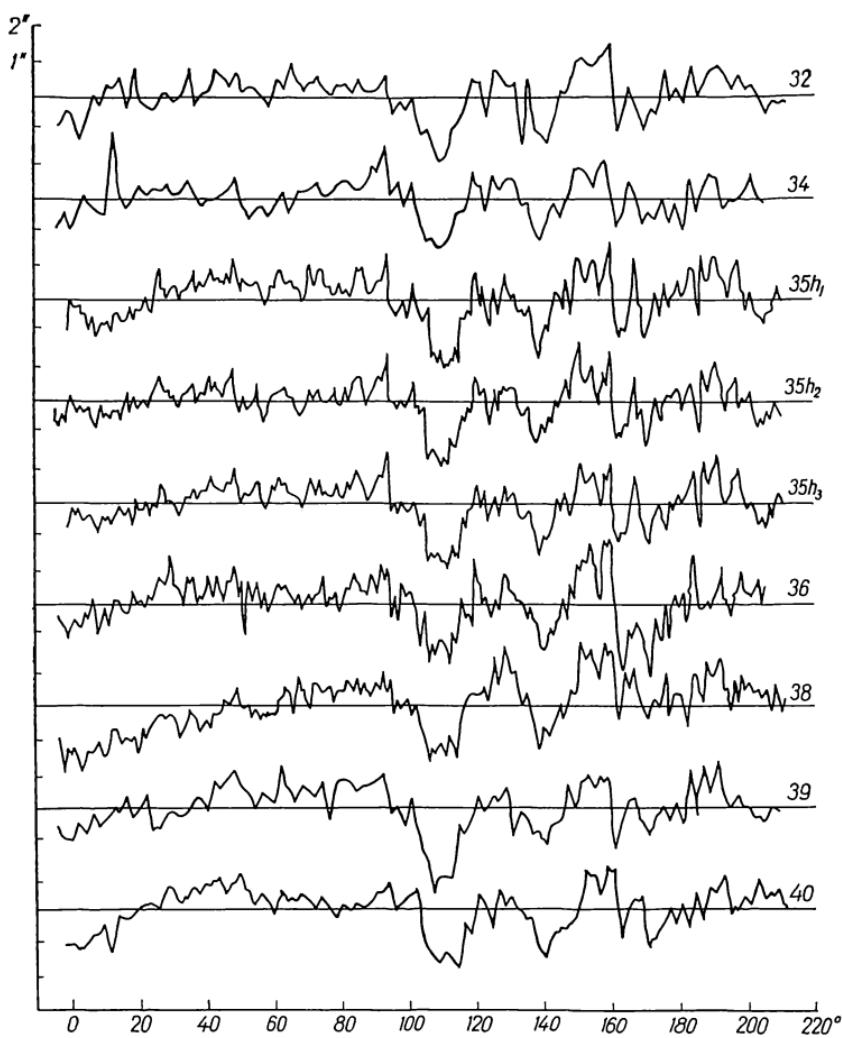


Рис. 9. Высоты рельефа краевой зоны (пластинки).

Учитывая, что профили, полученные на 12- и 10-метровом коронографах, охватывают разные участки края Луны, несовпадение будет казаться естественным. Чтобы окончательно убедиться в тождественности всех профилей, на пластинках и пленках выбраны общие участки края продолжительностью 210° . Для каждого снимка решалась система уравнений (9), затем вычислялись ΔH_i в системе 210° и наносились снова на графики.

Как и прежде, профили отдельно для пластинок и пленок согласуются между собой, но между пластинками и пленками совпадения нет. Характерным кажется и то, что максимальное различие высот всегда наблюдается в позиционных углах 0—90°. Таким образом, либо на пластинках, либо на пленках ширина

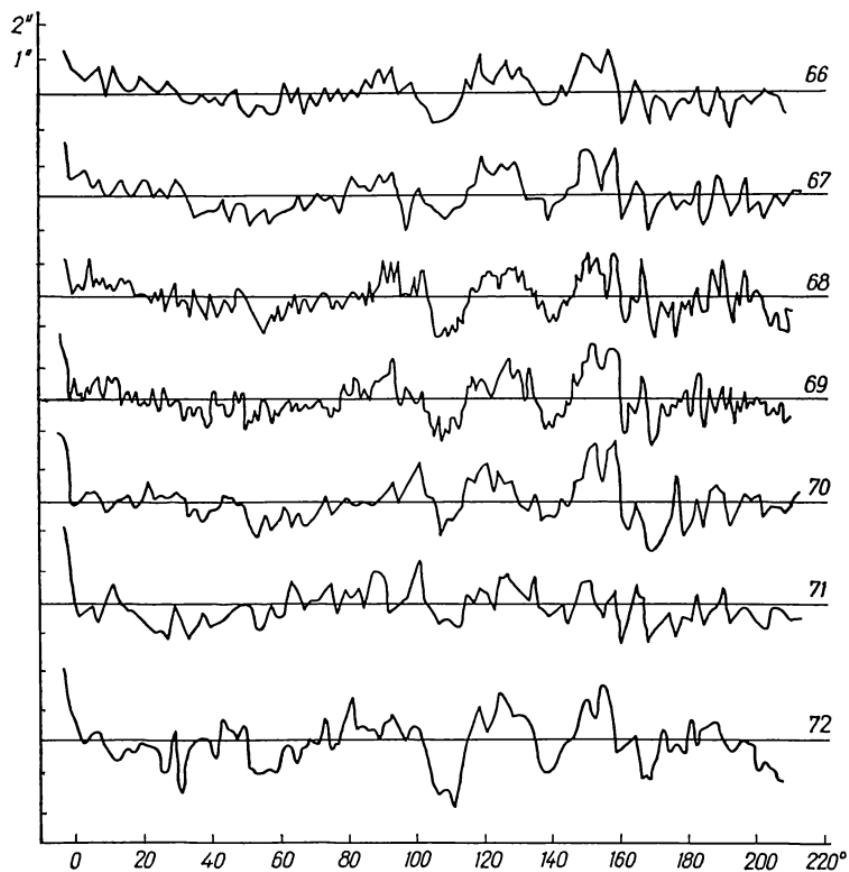


Рис. 10. Высоты рельефа краевой зоны (пленки).

кольца на отдельных участках формировалась неправильно, причем искажение профиля можно приписать как краю Солнца или Луны, так и обоими вместе. Попытаемся проверить, является ли край Солнца окружностью. Решим систему условных уравнений

$$\Delta x \cos P_i + \Delta y \sin P_i + R_0 = R_i, \quad (11)$$

где R_i — измеренные радиусы-векторы Солнца, исправленные за дифференциальную рефракцию.

После исправления радиусов-векторов Солнца примем за эксцентриситет искусственной метки для каждого снимка в отдельности уклонения $R_i - R_0 = \Delta R_i$. Их анализ показывает, что для всех пластиночек в ΔR_i не обнаруживаются заметные систематические ошибки, следовательно, и профили краевой зоны

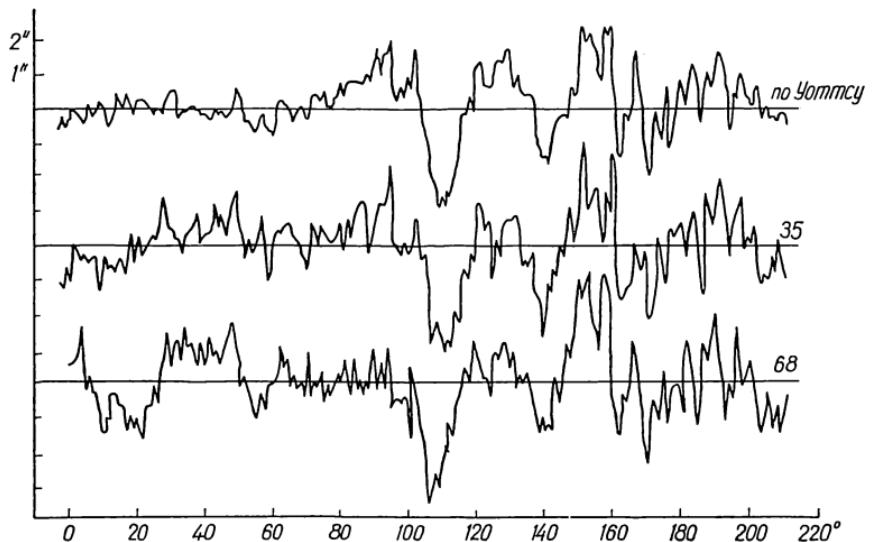


Рис. 11. Сравнение профилей, полученных при солнечном затмении 20 мая 1966 г., с профилем Уоттса.

из-за небольшой ширины кольца не подвержены заметным изменениям. Анализ уклонений для радиусов-векторов Солнца, выполненный для пленок, свидетельствует о том, что ΔR_i содержат систематические ошибки. Характер этих искажений весьма трудно объяснить известными дефектами, вносимыми оптикой и методикой наблюдений. Возможно, обнаруженный эффект является следствием применения красного фильтра для фотографирования кольцеобразного солнечного затмения. Красный фильтр ставился перед кассетой для получения нормальных экспозиций, так как по непредвиденным техническим причинам скорость вращения диска затвора увеличить не представлялось возможным. Темного фильтра экспедиция не имела, поэтому был поставлен красный по той причине, что выбранный тип пленки имеет 30% чувствительности в этой области.

В измеренные радиусы-векторы Солнца вводились редукции, заново вычислялись ширина кольца Δh_i и по формулам (6) — (10) высоты рельефа Луны в системе 210° . После нанесения на графики полученных $\Delta H_i'$ и сопоставления с профилями 12-метрового коронографа систематического отличия не обнаружено. Наконец, наши профили сравнивались с профилем, снятым с карт Уоттса для соответствующей либрации. Здесь также не было обнаружено заметных расхождений. Мелкий рельеф одинаково хорошо описывается профилями Уоттса и профилями, полученными при затмении 1966 г. (рис. 11). Если какое-то систематическое отличие и существует, то, во-первых, оно небольшое, во-вторых, его можно отнести за счет несовпадения центров вероятнейших окружностей, от которых отсчитываются высоты на картах Уоттса и в нашей обработке. Таким образом, можно считать, что систематические ошибки содержатся только в измеренных по пленкам радиусах-векторах Солнца. Источником их, по нашему мнению, есть неодинаковая яркость краевых участков Солнца в красных лучах, вследствие чего край не является гладким.

На основании этого можно сказать, что измерения снимков кольцеобразного затмения 20 мая 1966 г. и их первоначальная обработка выполнены на уровне, достаточном для успешного использования полученных результатов с целью исследования геометрической фигуры профиля Луны. В нашем распоряжении было девять профилей Луны по 265° и семь — по 255° , полученных на 12- и 10-метровом коронографах. Девять профилей описывают край Луны в зоне 310° — 0° — 210° , остальные семь — в зоне 356° — 0° — 247° . Неохваченный измерениями участок приходится на западный край. В дальнейшем для определения фигуры профиля Луны использовались отдельно измерения ширины 300° кольца и радиусы-векторы точек края этой же части, дополненные измерениями радиусов-векторов двух серпов, полученных через некоторое время после третьего контакта и охватывающих около 165° западного края Луны.

Приведение в единую систему радиусов-векторов на основании общих участков связано с рядом трудностей. Во-первых, условия съемки не тождественны, поэтому снимки отличаются плотностью негативов. Последнее обстоятельство приводит к неодинаковому изменению радиусов-векторов за счет фотографической иррадиации. Во-вторых, снимки кольца и серпа получены при разных оптических либрациях, поэтому условия видимости одних и тех же деталей не тождественны. Практически

это различие небольшое и им можно пренебречь. В-третьих, влияние инструментальных ошибок на изображение в принципе неодинаково. Наиболее трудноучитываемой из перечисленных выше редукций является эффект фотографической иrrадиации, воздействие которой на изображение может привести к более сильному искажению одних и менее ощутимому — других участков рельефа. Изменения края этого типа учесть невозможно. Если фотографическая иrrадиация одинаково уменьшает радиу-



Рис. 12. Общие участки края кольца и серпов в позиционных углах 188—214°.

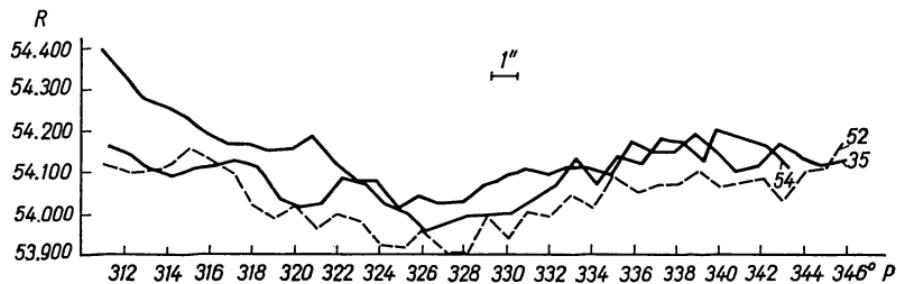


Рис. 13. Общие участки края кольца и серпов в позиционных углах 312—346°.

сы-векторы или ее последствия представляются определенной зависимостью (например, косинусоидальной), то при соответствующей методике приведения в одну координатную систему ее разность для двух снимков можно исключить. Из анализа профилей кольца следует, что на снимках затмения 1966 г. неодинаковое воздействие иrrадиации на отдельные участки края отсутствует. Серпы имеют сравнительно большую ширину и вероятность по-

явления этого эффекта еще меньше. Таким образом, совместное использование радиусов-векторов кольца и серпа для определения профиля Луны является оправданным.

Приведение радиусов-векторов серпа в систему кольца выполнялось следующим образом. Сначала для серпов находились R'_i , исправленные за эксцентриситет метки и дифференциальную рефракцию. Затем радиусы-векторы серпа и кольца для общих участков наносились на графики (рис. 12, 13), из которых видно, что мелкий рельеф в пределах ошибок измерений и вычислений одинаково представляется серпом и кольцом. Однако высоты точки края отсчитаны от вероятнейших окружностей, центры которых не совпадают. В противном случае либо совмещались бы кривые, либо разница между радиусами-векторами во всех позиционных углах сохранялась постоянной. Пусть на рис. 14 точка A — деталь края Луны. Высота точки A над вероятнейшей окружностью 1 равна AB , а над вероятнейшей окружностью 2 — AC . Разность высот $BC = CA - BA$ вызвана несовпадением центров этих окружностей. Решая по способу наименьших квадратов систему условных уравнений типа (9), где свободными членами являются снятые с графиков $\Delta H_i = AB - AC$, найдем прямоугольные координаты начала координат O' по отношению к O , с помощью которых и выполняется приведение радиусов серпа в систему кольца 35-й пластинки. Чтобы убедиться в правильности и эффективности изложенной методики приведения радиусов-векторов в единую систему, такая же операция проделана на модели, которая строилась на основании обнаруженного факта, что центры вероятнейших окружностей для серпов и колец не совпадают. Последнее имеет место лишь в том случае, если профиль Луны описывается любой кривой, но не окружностью. Такой кривой может быть, например, эллипс. Поэтому на вычерченном эллипсе выбраны участки продолжительностью дуги, равной кольцу и серпу (рис. 15—17). Измеренные через 10° радиусы условного кольца и серпа приведены в единую си-

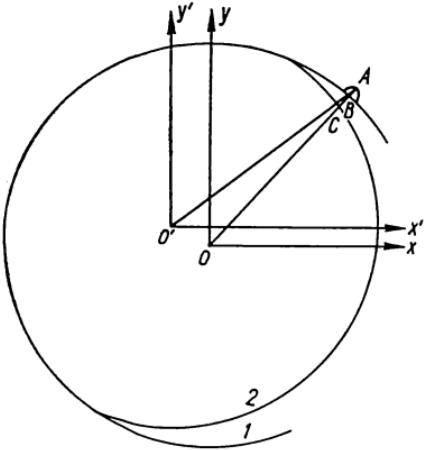


Рис. 14. Чертеж для приведения измерений двух снимков в единую систему.

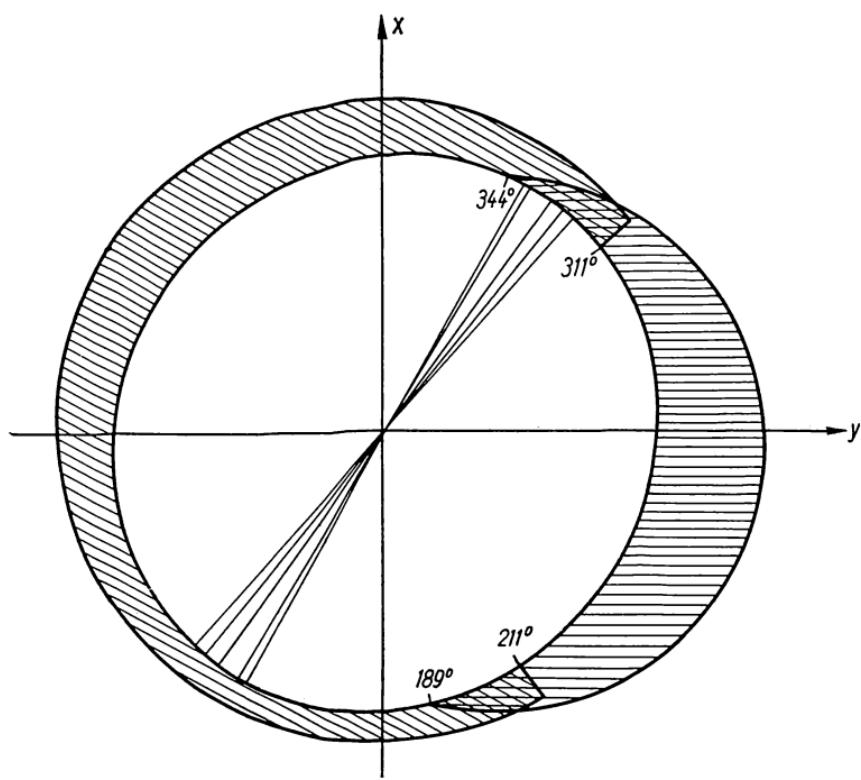


Рис. 15. Модель «кольцо-серп».

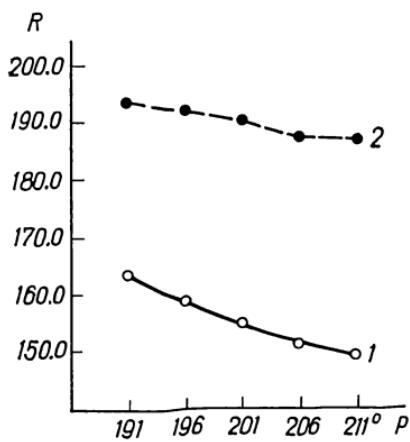


Рис. 16. Общие участки модели «кольцо-серп» на участках 191—211°:
1 — «кольцо»; 2 — «серп».

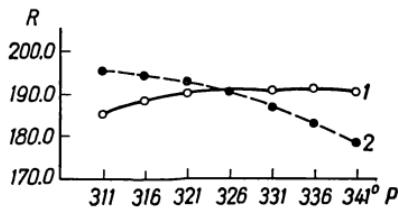


Рис. 17. Общие участки модели «кольцо-серп» на участках 311—341°:
1 — «кольцо»; 2 — «серп».

Таблица 2

Край	e , мм	E
Полный диск (исходный)	41.5	-35°.0
Полный диск (после приве- дения)	41.3	-34.7
Восточный (0—180°)	42.6	-29.4
Западный (180—360°)	43.2	-29.0
Северный (270—90°)	41.4	-37.8
Южный (90—270°)	40.4	-40.4

систему и использованы для получения параметров эллипса. Вычисленные разности полуосей и направление большой оси согласуются в пределах ошибок с исходными (табл. 2). Заметим, что радиус вероятнейшей окружности серпа по модели получается больше радиуса кольца, при обработке пластинок — наоборот. Это обстоятельство будет использовано в дальнейшем для интерпретации фигуры профиля Луны.

Таким образом, для определения фигуры профиля в нашем распоряжении кроме измеренной ширины кольца на протяжении 300° имелось в единой системе 976 радиусов-векторов Луны (35, 36, 38, 52 и 54-я пластинки), охватывающих весь край при оптических либрациях $\lambda = -5^{\circ}.9$, $\beta = -0^{\circ}.1$.

Анализ профилей и выводы

Геометрическую фигуру профиля Луны можно определить по-разному. Одни из методов сводятся к тому, что на основании известных из наблюдений фактов делается предположение о форме кривой, которая лучшим образом должна представлять видимый диск. Затем из прямых или косвенных измерений определяют ее параметры. Таким способом для профиля в прошлом получены окружность, Х. И. Поттером — эллипс [6], А. А. Яковкиным и А. А. Горыней — несколько составных моделей [7]. Другой подход заключается в непосредственном анализе измерений, по результатам которого подбирается лучшим образом удовлетворяющая кривая. Последний путь рациональней и быстрее приводит к цели. Примером такого подхода является работа И. В. Гаврилова и А. Н. Курьяновой [12]. На основании выравненных значений неровностей для двух профилей И. В. Гаврилова и А. Н. Курьянова пришли к выводу, что фигуре диска Луны не свойственна эллиптичность. В работе [5] также произведен гармонический анализ измерений толщин кольца, но форма профиля не определена какой-либо кривой.

В настоящей работе радиусы-векторы и высоты, полученные из наблюдений кольцеобразного затмения 20 мая 1966 г., аналитически представлялись рядом Фурье:

$$F(P_i) = F_0 + k_1 \sin P_i + k_2 \cos P_i + k_3 \sin 2P_i + k_4 \cos 2P_i + \\ + k_5 \sin 3P_i + k_6 \cos 3P_i + k_7 \sin 4P_i + k_8 \cos 4P_i, \quad (12)$$

где $F(P_i)$ — радиусы-векторы R_i или высоты $\Delta H'_i$ точек края для позиционного угла P_i .

Решение условных уравнений вида (12) дает следующие выражения для лунного профиля: по радиусам-векторам полного диска (35, 36, 38, 52 и 54-я пластиинки)

$$R = R_0 - 0.^{\circ}36 \sin P - 0.^{\circ}17 \cos P + \\ + 0.^{\circ}59 \sin 2P - 0.^{\circ}33 \cos 2P + \\ + 0.^{\circ}29 \sin 3P - 0.^{\circ}06 \cos 3P - \\ - 0.^{\circ}22 \sin 4P - 0.^{\circ}06 \cos 4P; \quad (13)$$

по ширине кольца продолжительностью $311^{\circ} - 0^{\circ} - 247^{\circ}$ (35-я, измеренная трижды, 36-я, 38-я пластиинки, 68-я и 69-я пленки)

$$\Delta H' = \Delta H_0 - 0.^{\circ}58 \sin P - 0.^{\circ}61 \cos P + \\ + 0.^{\circ}62 \sin 2P - 1.^{\circ}11 \cos 2P + \\ + 1.^{\circ}08 \sin 3P - 0.^{\circ}34 \cos 3P - \\ - 0.^{\circ}07 \sin 4P + 0.^{\circ}53 \cos 4P. \quad (14)$$

36, 38 и 52-й пластиинкам приписан вес 1; 35-й и 54-й — вес 3. Веса назначались пропорционально количеству наведений на одну точку при измерениях.

Для сравнения полученных результатов с подобными приведем заимствованные из работы [5] разложения для нулевой либрации, полученные по снимкам кольцеобразного затмения 1963 г. и картам краевой зоны Луны, составленных Уоттсом:

$$R = R_0 - 0.^{\circ}21 \sin P - 0.^{\circ}11 \cos P + \\ + 0.^{\circ}54 \sin 2P - 0.^{\circ}16 \cos 2P + \\ + 0.^{\circ}27 \sin 3P - 0.^{\circ}05 \cos 3P - \\ - 0.^{\circ}16 \sin 4P + 0.^{\circ}11 \cos 4P, \quad (15)$$

$$R = R_0 - 0.^{\circ}32 \sin P - 0.^{\circ}16 \cos P + \\ + 0.^{\circ}59 \sin 2P - 0.^{\circ}21 \cos 2P + \\ + 0.^{\circ}27 \sin 3P - 0.^{\circ}05 \cos 3P - \\ - 0.^{\circ}32 \sin 4P + 0.^{\circ}21 \cos 4P. \quad (16)$$

Из (13), (15) и (16) следует, что соответствующие коэффициенты при синусах и косинусах согласуются между собой удовлетворительно, т. е. профиль представляется разложениями высот в ряд Фурье. Коэффициенты в разложении (14) заметно отличаются от подобных им в (13), (15) и (16), так как они получены по неполному профилю. На основании разложений (13)–(16), профиля Гайна при нулевой либрации, фигуры А. А. Яковкина [11] и эллипса Х. И. Поттера вычислим эллиптические компоненты, т. е. разность полуосей e и направление большой оси эллипса E (табл. 3). Из таблицы следует, что только два первых значения e существенно отличаются от остальных. Учитывая, что профиль по А. А. Яковкину не является результатом непосредственных измерений, а результаты Х. И. Поттера получены по снимкам с ущербом, несовпадение следует считать естественным. Остальные результаты удовлетворительно согласуются между собой и однозначно определяют вытянутость Луны в северо-северо-западном направлении, что подтверждается многими известными наблюдательными данными. Однако представление эллипсом профиля Луны объясняют в (13)–(16) только члены с $\sin 2P$, $\cos 2P$, $\sin 4P$, $\cos 4P$ и т. д. Другие коэффициенты по абсолютной величине также существенны и в пределах ошибки вычислений совпадают по независимым наблюдениям. Это обстоятельство побуждает нас предложить для описания лунного профиля кривую, которая сможет объяснить наличие в (12) коэффициентов всех порядков. Такой является улитка Паскаля — конхоида окружности. Ее уравнение в канонической форме:

$$(x^2 + y^2 - ax)^2 = l^2(x^2 + y^2), \quad (17)$$

в параметрической:

$$\begin{aligned} x &= a \cos^2 \varphi + l \cos \varphi, \\ y &= a \cos \varphi \sin \varphi + l \sin \varphi, \end{aligned} \quad (18)$$

Таблица 3

Использо- ванный материал	e	E	Либрация λ
Профиль по Яковкину	0.68	-20°	0 ; 0
Снимки полнолуния (Х. И. Поттер)	0.76	-36	2.5; -1.4
Карты Гайна	1.0.	-23	0 ; 0
Карты Уоттса	1.25	-35	0 ; 0
Кольцеобраз- ное затмение 1963 г.	1.13	-37	0 ; 0
Кольцеобраз- ное затмение 1966 г.	1.35	-31	-5.9; -0.1

в полярных координатах:

$$r = a \cos \varphi + l. \quad (19)$$

Покажем, что в измеренной системе координат радиус-вектор R можно представить выражением типа (12). Из рис. 18

$$R^2 = r^2 + \sigma^2 - 2r\sigma \cos \gamma, \quad (20)$$

где

$$\gamma = P - \alpha - x.$$

Нетрудно убедиться, что угол x для Луны мал. С достаточной точностью

$$\begin{aligned} \gamma &= P - \alpha, \\ \varphi &= P - \alpha + \beta = P - \varphi_0. \end{aligned} \quad (21)$$

Тогда

$$R^2 = [a \cos(P - \varphi_0) + l]^2 + \sigma^2 - 2\sigma [a \cos(P - \varphi_0) + l] \cos(P - \alpha)$$

или

$$\begin{aligned} R &= l \left[1 + \frac{\sigma^2}{l^2} + \frac{\frac{1}{2} a^2 - a\sigma \cos(\varphi_0 - \alpha)}{l^2} - \frac{2a \sin \varphi_0}{l} \sin P + \right. \\ &+ \frac{2a \cos \varphi_0}{l} \cos P + \frac{\frac{1}{2} a^2 \cos 2\varphi_0 - a\sigma \cos \varphi_0 \cos \alpha}{l^2} \cos 2P + \\ &\left. + \frac{\frac{1}{2} a^2 \sin 2\varphi_0 + a\sigma \sin(\alpha - \varphi_0)}{l^2} \sin 2P + \dots \right] \frac{1}{2}. \end{aligned} \quad (22)$$

Разлагая уравнение (22) в ряд, найдем

$$\begin{aligned} R &= F_0 + A_1 \sin P + B_1 \cos P + \\ &+ A_2 \sin 2P + B_2 \cos 2P + \\ &+ A_3 \sin 3P + B_3 \cos 3P + \\ &+ A_4 \sin 4P + B_4 \cos 4P + \dots, \end{aligned} \quad (23)$$

где

$$F_0, A_i, B_i = f(a, \sigma, l, \alpha, \beta).$$

По значению коэффициентов в (13)–(16) нетрудно установить, что в нашем случае $a < l$. Определим параметры наивероятнейшей улитки по измерениям. Для этого воспользуемся пря-

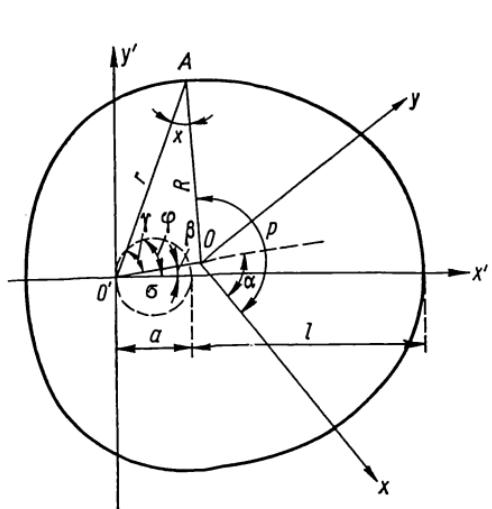


Рис. 18. Улитка Паскаля.

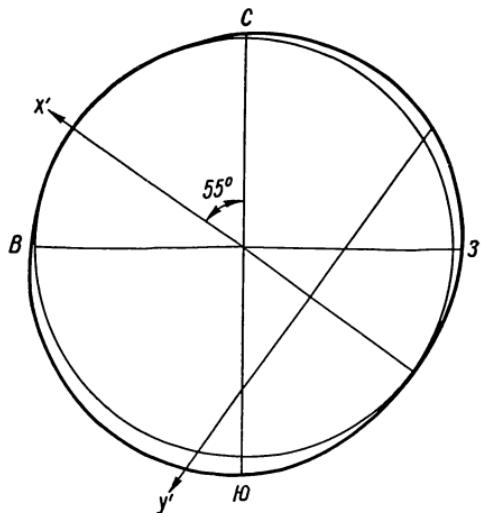


Рис. 19. Представление профиля Луны улиткой Паскаля. Уклонения улитки от окружности увеличены примерно в 100 раз.

моугольными координатами точек края ξ и η , полученных для профиля при нулевых либрациях по картам Уоттса [5]. После несложных преобразований и решения условных уравнений типа (18) получим

$$a = 0''.42, \alpha = 55^\circ.$$

Угол α между осью абсцисс улитки и осью вращения Луны отсчитывается от севера через восток (рис. 19). Направление вытянутости и величину a подтверждают данные табл. 3.

Воспользуемся улиткой Паскаля для объяснения известных наблюденных эффектов. Перечислим некоторые из них.

а. Поправки широты, полученные из наблюдений собственно покрытий (восточный край) и открытий (западный край), систематически различаются между собой. Включение в обработку небольшого числа открытий одновременно с покрытиями всегда уменьшает по абсолютной величине отрицательную поправку широты b_0 . По Спенсеру Джонсу [9], для покрытий $b_0 = -0''.61$, для открытий $b_0 = -0''.28$.

б. Наблюдения показывают, что, проходя через момент полнолуния, поправка табличной долготы Луны испытывает скачок. Разность долгот, вычисленных отдельно по восточному и западному краям, достигает $1''.2$.

в. Наклонности лунной орбиты, вычисленные отдельно из наблюдений северного и восточного краев, не совпадают. Разность $\Delta i_s - \Delta i_N$ всегда положительная.

г. Равнение кривизны восточного и западного краев. Все ряды гелиометрических и фотографических наблюдений дают для радиуса восточного края Луны большее значение, чем для западного при средней оптической либрации по широте. Например, в работе И. В. Бельковича [10] приводятся следующие разности радиусов (восточный минус западный):

Гартвиг I	+0''.18
Гартвиг II	+0 .04
Банахевич	+0 .22
Яковкин	+0 .11
Белькович	+0 .14

Среднее +0 .14 $\pm 0''.03$ ср. ош.

д. Из наблюдений покрытий звезд обнаружено, что в целом северо-восточная часть Луны ниже некоторого среднего уровня, в результате чего покрытия запаздывают. Это же подтверждают измерения радиусов-векторов этой части профиля.

е. Центры вероятнейших окружностей, определяемые по половине диска, середина которого смещается вдоль окружности, укладываются на гипоциклоиду [6].

Таблица 4

Край (180°)	Δx , мм	Δy , мм	R , мм
Восточный	-1.3	+9.0	166.0
Западный	+0.6	-10.9	165.2
Северный	+9.5	+0.8	169.6
Южный	-9.1	-1.4	166.4

Таблица 5

Край (180°)	Δx , мм	Δy , мм	R , мм
Восточный	-0.7	-0.5	14.7
Западный	+0.3	+0.2	14.2
Северный	-1.2	-0.6	15.1
Южный	-1.0	+0.5	13.9

Эти и другие наблюдаемые факты объясняются предложенной моделью профиля. Для облегчения интерпретации названных противоречий приведены табл. 4 и 5, в которых заключены результаты решения систем условных уравнений типа (11) для

северной, восточной, южной и западной частей профиля Луны. Исходным материалом послужили R_i , снятые с вычерченных кривых в произвольном масштабе. Некоторые из указанных выше противоречий удовлетворительно объясняются эллипсом (табл. 4) и улиткой Паскаля (табл. 5). Однако наличие значительных коэффициентов при $\sin P$, $\cos P$, $\sin 3P$ и $\cos 3P$ в разложениях (13)–(16) эллиптическая модель не объясняет. Согласно такой модели эти члены разложений должны быть исчезающими малыми.

Из изложенного следует, что общая фигура профиля Луны наилучшим образом представляется улиткой Паскаля. Приведенные выше ее параметры вычислены для частного случая. При других либрациях параметры, вероятно, будут отличаться от настоящих. Значения a и α несомненно должны обнаруживать зависимость от оптической либрации, но имеющийся в нашем распоряжении материал не позволяет определить либрационный эффект.

Наконец, геометрическую фигуру профиля Луны интересно сравнить с гравитационной. Для этой цели из работы [8] заимствована кривая уровня гравитационного потенциала Луны в картинной плоскости $\lambda=90^\circ$. Измеренные радиусы-векторы сечения поверхности уровня через 10° по позиционному углу использованы для разложения в ряд Фурье по формуле (12):

$$\begin{aligned}
 r = & r_0 + 0''.07 \sin \beta - 0''.06 \cos \beta + \\
 & + 0''.03 \sin 2\beta - 0''.02 \cos 2\beta - \\
 & - 0''.09 \sin 3\beta - 0''.04 \cos 3\beta - \\
 & - 0''.12 \sin 4\beta - 0''.06 \cos 4\beta + \\
 & + 0''.11 \sin 5\beta - 0''.02 \cos 5\beta - \\
 & - 0''.04 \sin 6\beta + 0''.02 \cos 6\beta - \\
 & - 0''.07 \sin 7\beta + 0''.01 \cos 7\beta - \\
 & - 0''.14 \sin 8\beta - 0''.13 \cos 8\beta - \\
 & - 0''.02 \sin 9\beta + 0''.01 \cos 9\beta - \\
 & - 0''.08 \sin 10\beta + 0''.02 \cos 10\beta - \\
 & - 0''.07 \sin 11\beta + 0''.08 \cos 11\beta - \\
 & - 0''.07 \sin 12\beta - 0''.17 \cos 12\beta + ...
 \end{aligned} \tag{24}$$

В уравнении (24) сохранены члены высоких порядков, так как они не всегда являются малыми. В отличие от принятой системы координат здесь использована правая сelenоцентрическая. Все

коэффициенты в уравнении (24) по абсолютной величине лишь немного превосходят ошибки вычислений, поэтому делать какие-либо выводы и расчеты на основании уравнения (24) нецелесообразно. Тем не менее следует отметить, что кривая одинакового потенциала [8] и описывающая лунный профиль улитка Паскаля имеют некоторое сходство. Кривизна западного края на обеих кривых несколько больше восточного. Однако направления вытянутости улитки и уровня потенциала не совпадают. Возможно, это результат наличия изостазии на Луне.

Предложенная кривая имеет три параметра и довольно сильно сглаживает мелкий рельеф профиля Луны, поэтому интересно получить характеристику уклонений отдельных деталей. С этой целью вычислялась среднеквадратическая ошибка «одной детали» для всех снимков кольцеобразного затмения 1966 г. Она оказалась равной $0''.80$. На основании последней получены среднеквадратические ошибки вычисления коэффициентов в (13). Все они не превосходят $\pm 0''.03$.

Таким образом, по наблюдениям двух кольцеобразных солнечных затмений 1963 и 1966 гг., по снимкам полнолуния с малым ущербом, по картам Уоттса, составленным на основании большого числа наблюдений разных краев, а также на основании других современных наблюдательных данных однозначно определены размеры и направление вытянутости лунного профиля. В связи с этим взамен окружности предложены две плоские фигуры — эллипс и улитка Паскаля, лучшим образом сглаживающие мелкий рельеф. Представление профиля окружностью не может устранить ряд существующих противоречий наблюдательного характера. Эллиптическая модель имеет меньше противоречий с наблюдениями, но все-таки не объясняет в разложениях радиусов-векторов в ряд Фурье члены нечетных порядков. Улитка Паскаля наилучшим образом удовлетворяет наблюдениям и объясняет известные в настоящее время противоречия. Все три кривые в применении к Луне имеют небольшое число параметров. Естественно, существует ряд других плоских фигур с большим числом параметров, которые более удачно сглаживают мелкий рельеф. Однако чем сложнее кривая, тем труднее ее использование на практике для определения координат Луны. Трудно также увязать сложную геометрическую фигуру с гравитационной, поступательным и вращательным движением Луны.

Задача определения координат Луны еще не решена окончательно, так как в настоящее время уверенно определены параметры предложенных кривых профиля только для отдельных

либраций, кроме того, не существует способа получения координат центра массы из наблюдений. Задачу целесообразно решать следующим путем. Сначала из наблюдений надо определить положение точки, которая фиксируется на диске некоторой геометрической фигуры для конкретных значений либраций. Затем необходимо найти способ перехода от этой точки к центру масс Луны. В этом случае могут быть использованы любые уже составленные подробные карты рельефа краевой зоны и любая плоская кривая, сглаживающая рельеф профиля.

ЛИТЕРАТУРА

1. Василенко Н. А. Определение координат места и моментов кольцеобразного солнечного затмения 20 мая 1966 г. (см. настоящий сборник).
2. Скорик К. Е. Описание быстродействующей кассеты и затвора для наблюдения кольцеобразного затмения 20 мая 1966 г. (см. настоящий сборник).
3. Плюгин Г. А. — Изв. ГАО АН СССР, 1960, 22, 1, 166.
4. Weimer Th. *Atlas de profils lunaris*, Paris, 1952.
5. Carson D., Davidson M. *Icarus*, 1966, 5, 4, New York—London.
6. Поттер Х. И., Быстров Н. Ф. — АЖ, 1961, 38, 5, 1961.
7. Яковкин А. А., Горыня А. А. — В кн.: Труды 14-й астрономической конференции СССР. Изд-во АН СССР, М.—Л., 1960.
8. Аким Э. Л. — В кн.: Космические исследования. «Наука», М., 1966, 4, 6.
9. Spenser-Jones H. — MN, 90, 71, 1952.
10. Белькович И. В. — Изв. АОЭ, Казань, 1949, 109, 2, 24.
11. Яковкин А. А. — АЖ, 1962, 39, 4.
12. Гаврилов И. В., Курьянова А. Н. — В кн.: Вопросы астрометрии. «Наукова думка», К., 1964.

LUNAR PROFILE DETERMINED FROM THE ANNULAR SOLAR ECLIPSE ON MAY 20, 1966

DEMENKO I. M., DUMA A. S., DUMA D. P.

Summary

The present paper describes the equipment and results of observations of the annular solar eclipse that was visible on the territory of the Soviet Union on May 20, 1966. The observations were carried out in Kazakhstan by the expedition of the Main Astronomical Observatory of the Academy of Sciences of the Ukr. SSR with the help of 12, and 10m coronographs. Plates obtained of the annular phase were used to determine the figure of the Lunar profile. The rings on both coronographs were found to be incomplete and include about

300° of the Lunar edge. The missing region of the western edge was complete with two crescents obtained some minutes after the third contact.

The radius-vectors of rings and crescents are reduced to a system using common regions in the plates. Then, reduced widths of rings and radius-vectors were expanded in the Fourier series. Obtained expansions are as follows:

by radius-vectors of full profile:

$$\begin{aligned} R = & R_0 - 0''.36 \sin P - 0''.17 \cos P + \\ & + 0''.59 \sin 2P - 0''.33 \cos 2P + \\ & + 0''.28 \sin 3P - 0''.06 \cos 3P - \\ & - 0''.22 \sin 4P - 0''.06 \cos 4P, \end{aligned}$$

by the ring width extended to 300°

$$\begin{aligned} R = & R_0 - 0''.58 \sin P - 0''.61 \cos P + \\ & + 0''.62 \sin 2P - 1''.11 \cos 2P + \\ & + 1''.08 \sin 3P - 0''.34 \cos 3P - \\ & - 0''.07 \sin 4P + 0''.53 \cos 4P. \end{aligned}$$

The elliptical components for the full profile are in a good agreement with the preceding ones obtained from the annular eclipse in 1965 and also with the profiles on Watt's maps. The coefficient in the Fourier expansions are not consistent with the ellipse model, therefore another curve — Pascal's snail, may be used for the lunnar profile. The lunar profile data are compared with an equipotential surface section.

ПРИЛОЖЕНИЕ

Таблица 1

<i>P</i>	<i>R_C</i>	<i>R_Θ</i>	<i>P</i>	<i>R_C</i>	<i>R_Θ</i>
<i>Пластинка № 32</i>					
213.8	54.190	—	125.8	.944	.676
211.8	.192	54.486	123.8	.844	.705
209.8	.174	.483	121.8	.947	.719
207.8	.114	.433	119.8	.946	.718
205.8	.077	.442	117.8	.912	.744
203.8	.108	.453	115.8	.868	.754
201.8	.165	.484	113.8	.793	.727
199.8	.118	.454	111.8	.748	.758
197.8	.142	.453	109.8	.735	.771
195.8	.110	.480	107.8	.752	.749
193.8	.038	.495	105.8	.787	.731
191.8	.167	.496	103.8	.812	.767
189.8	.154	.505	101.8	.919	.769
187.8	.111	.514	99.8	.854	.743
185.7	.018	.483	97.8	.911	.778
183.8	54.132	.520	95.8	.858	.760
181.8	53.982	.486	93.8	.974	.760
179.8	54.037	.521	91.8	.944	.768
177.8	.012	.532	89.8	.954	.782
175.8	54.055	.515	87.8	.959	.788
173.8	53.924	.523	85.8	.975	.765
171.8	.960	.558	83.8	.966	.788
169.8	.881	.541	81.8	.973	.769
167.8	.968	.575	79.8	.978	.772
165.8	.972	.545	77.8	.979	.800
163.8	.968	.611	75.8	53.970	.770
161.8	53.849	.579	73.8	54.017	.773
159.8	54.082	.561	71.8	54.033	.798
157.8	54.019	.556	69.8	53.996	.781
155.8	53.945	.522	67.8	54.032	.780
153.8	.987	.572	65.8	.062	.750
151.8	.998	.573	63.8	.036	.786
149.8	.983	.580	61.8	.054	.777
147.8	.914	.604	59.8	.000	.791
145.8	.862	.567	57.8	.025	.783
143.8	.859	.627	55.8	.034	.763
141.8	.794	.670	53.8	.044	.751
139.8	.764	.620	51.8	.022	.727
137.8	.789	.641	49.8	.105	.750
135.8	.912	.629	47.8	.100	.774
133.8	.873	.688	45.8	.123	.755
131.8	.908	.651	43.8	.163	.763
129.8	.917	.677	41.8	.160	.818
127.8	.921	.655	39.8	.136	.787

P	$R_{\mathbb{C}}$	R_{\odot}	P	$R_{\mathbb{C}}$	R_{\odot}
37.8	.157	.821	357.8	.328	.771
35.8	.219	.769	355.8	.335	.781
33.8	.171	.789	353.8	.366	.775
31.8	.180	.794	351.8	.344	.806
29.8	.239	.815	349.8	.368	.758
27.8	.281	.847	347.8	.319	.757
25.8	.246	.843	345.8	.314	.794
23.8	.225	.798	343.8	.354	.800
21.8	.281	.828	341.8	.375	.793
19.8	.350	.788	339.8	.407	.769
17.8	.288	.825	337.8	.373	.769
15.8	.354	.787	335.8	.359	.767
13.8	.367	.817	333.8	.381	.772
11.8	.352	.784	331.8	.339	.741
9.8	.323	.791	329.8	.311	.727
7.8	.342	.774	327.8	.275	.706
5.8	.326	.818	325.8	.293	.719
3.8	.297	.824	323.8	.319	.735
1.8	.353	.794	321.8	.397	.745
359.8	.368	.786	319.8	54.337	54.752

Пластинка № 34

311.8	54.382	—	359.8	.103	.598
313.8	.238	—	1.8	.066	.630
315.8	.191	54.553	3.8	.077	.592
317.8	.114	.553	5.8	.111	.592
319.8	.058	.548	7.8	.089	.611
321.8	.092	.553	9.8	.044	.594
323.8	54.020	.547	11.8	.039	.603
325.8	53.982	.566	13.8	.295	.629
327.8	54.018	.565	15.8	.073	.587
329.8	.014	.533	17.8	.024	.602
331.8	.015	.528	19.8	.056	.614
333.8	.092	.568	21.8	.076	.606
335.8	.128	.551	23.8	.063	.632
337.8	.184	.583	25.8	.052	.614
339.8	.171	.564	27.8	.052	.626
341.8	.143	.559	29.8	.047	.620
343.8	.135	.574	31.8	.020	.635
345.8	.070	.590	33.8	.020	.642
347.8	.076	.608	35.8	.047	.638
349.8	.126	.617	37.8	54.011	.641
351.8	.090	.587	39.8	53.987	.672
353.8	.088	.615	41.8	54.009	.687
355.8	.091	.619	43.8	.029	.710
357.8	.086	.621	45.8	.016	.700

Продолжение табл. 1

<i>P</i>	<i>R_C</i>	<i>R_Θ</i>	<i>P</i>	<i>R_C</i>	<i>R_Θ</i>
47.8	.044	.717	131.8	.153	.929
49.8	54.064	.713	133.8	.091	.930
51.8	53.994	.730	135.8	.098	.923
53.8	53.950	.737	137.8	.032	.947
55.8	54.000	.769	139.8	.010	.938
57.8	53.962	.734	141.8	.087	.931
59.8	.954	.761	143.8	.068	.874
61.8	53.976	.745	145.8	.068	.910
63.8	54.006	.754	147.8	.140	.906
65.8	53.959	.776	149.8	.210	.894
67.8	54.014	.776	151.8	.218	.894
69.8	53.998	.764	153.8	.213	.893
71.8	54.025	.794	155.8	.134	.851
73.8	.038	.792	157.8	.234	.871
75.8	.020	.816	159.8	.249	.870
77.8	.025	.822	161.8	.036	.847
79.8	.051	.823	163.8	.086	.852
81.8	.087	.853	165.8	.165	.829
83.8	.072	.858	167.8	.146	.826
85.8	.060	.857	169.8	.053	.812
87.8	.061	.857	171.8	.098	.818
89.8	.115	.855	173.8	.071	.797
91.8	.094	.846	175.8	.139	.800
93.8	.162	.842	177.8	.062	.779
95.8	.022	.856	179.8	.108	.766
97.8	.057	.855	181.8	.049	.765
99.8	.002	.873	183.8	.186	.753
101.8	54.080	.878	185.8	.086	.727
103.8	53.992	.881	187.8	.171	.736
105.8	.913	.889	189.8	.195	.707
107.8	.926	.896	191.8	.204	.716
109.8	.904	.897	193.8	.094	.689
111.8	.902	.884	195.8	.131	.691
113.8	53.942	.883	197.8	.160	.708
115.8	54.020	.899	199.8	.137	.654
117.8	.025	.901	201.8	.192	.651
119.8	.156	.919	203.8	.137	.640
121.8	.104	.905	205.8	.134	.647
123.8	.039	.916	207.8	.122	.611
125.8	.146	.914	209.8	.119	.582
127.8	.112	.916	211.8	.159	54.585
129.8	.149	.928	213.8	54.170	—

Пластинка № 35

311	54.391	54.641	313	.250	.609
312	.327	.617	314	.221	.620

Продолжение табл. 1

<i>P</i>	<i>R_C</i>	<i>R_Θ</i>		<i>P</i>	<i>R_C</i>	<i>R_Θ</i>
315	.185	.583	2	.641	.068	
316	.136	.592	3	.634	.065	
317	.094	.536	4	.646	.082	
318	.084	.528	5	.603	.055	
319	.057	.525	6	.583	.046	
320	.048	.512	7	.586	.038	
321	54.068	.501	8	.537	.036	
322	53.999	.497	9	.551	.058	
323	.946	.494	10	.562	.028	
324	.934	.445	11	.556	.039	
325	.856	.436	12	.580	.051	
326	.872	.401	13	.576	.075	
327	.844	.383	14	.596	.066	
328	.831	.412	15	.577	.040	
329	.865	.376	16	.557	.044	
330	.876	.370	17	.547	.031	
331	.881	.358	18	.547	.000	
332	.860	.392	19	.532	.032	
333	.867	.348	20	.567	.025	
334	.853	.295	21	.544	.024	
335	.824	.259	22	.565	.039	
336	.893	.303	23	.548	.007	
337	.860	.301	24	.547	.042	
338	.849	.292	25	.543	.024	
339	.881	.291	26	.568	54.016	
340	.830	.280	27	.584	53.985	
341	.774	.272	28	.565	54.001	
342	.780	.265	29	.552	.017	
343	.821	.279	30	.555	.020	
344	.776	.262	31	.545	.015	
345	.750	.269	32	.542	.019	
346	.754	.246	33	.509	.021	
347	.721	.235	34	.532	.012	
348	.731	.201	35	.531	.008	
349	.735	.222	36	.527	.001	
350	.735	.222	37	.567	.013	
351	.710	.206	38	.523	.017	
352	.684	.186	39	.522	54.003	
353	.714	.202	40	.513	53.994	
354	.672	.166	41	.525	54.007	
355	.657	.143	42	.550	53.986	
356	.637	.141	43	.528	54.003	
357	.646	.106	44	.509	53.984	
358	.632	.090	45	.507	53.995	
359	.656	.092	46	.517	54.016	
0	.622	.095	47	.515	53.988	
1	.682	.087	48	.526	54.011	

Продолжение табл. 1

P	$R_{\mathbb{C}}$	R_{\odot}	P	$R_{\mathbb{C}}$	R_{\odot}
49	.568	.002	96	.691	.357
50	.513	.010	97	.705	.389
51	.471	54.018	98	.729	.392
52	.483	53.999	99	.747	.412
53	.488	54.023	100	.701	.395
54	.508	.048	101	.757	.431
55	.487	.021	102	.804	.432
56	.526	.036	103	.749	.428
57	.509	.075	104	.720	.435
58	.467	.066	105	.752	.445
59	.459	.053	106	.651	.480
60	.524	.065	107	.653	.466
61	.541	.084	108	.673	.504
62	.558	.076	109	.703	.524
63	.568	.092	110	.689	.544
64	.576	.110	111	.701	.547
65	.539	.097	112	.690	.542
66	.556	.114	113	.762	.562
67	.541	.116	114	.783	.611
68	.548	.137	115	.839	.656
69	.535	.152	116	.926	.649
70	.559	.158	117	.903	.636
71	.632	.165	118	.953	.655
72	.603	.168	119	53.942	.648
73	.600	.188	120	54.057	.674
74	.605	.153	121	.064	.672
75	.601	.193	122	.041	.719
76	.586	.178	123	.093	.717
77	.598	.203	124	.026	.765
78	.602	.206	125	.037	.759
79	.661	.239	126	.145	.788
80	.649	.263	127	.103	.812
81	.638	.258	128	.182	.831
82	.659	.244	129	.194	.816
83	.663	.276	130	.198	.849
84	.696	.274	131	.222	.873
85	.698	.247	132	.196	.844
86	.725	.283	133	.166	.873
87	.717	.279	134	.185	.896
88	.670	.319	135	.179	.895
89	.723	.342	136	.197	.894
90	.728	.336	137	.146	.896
91	.764	.345	138	.134	.911
92	.768	.349	139	.096	.931
93	.749	.330	140	.142	.906
94	.837	.342	141	.172	.930
95	.701	.365	142	.214	.961

P	$R_{\mathbb{C}}$	R_{\odot}	P	$R_{\mathbb{C}}$	R_{\odot}
143	.239	.955	179	.619	.205
144	.278	.924	180	.636	.199
145	.297	.965	181	.601	.211
146	.293	.964	182	.656	.226
147	.319	.933	183	.733	.269
148	.295	.982	184	.725	.235
149	.352	.996	185	.676	.250
150	.451	54.996	186	.616	.279
151	.483	55.005	187	.790	.258
152	.446	.035	188	.724	.252
153	.440	.039	189	.730	.262
154	.455	.038	190	.783	.253
155	.425	.035	191	.792	.240
156	.465	.041	192	.748	.247
157	.418	.069	193	.727	.267
158	.497	.069	194	.700	.271
159	.539	.117	195	.754	.268
160	.582	.083	196	.783	.275
161	.373	.080	197	.821	.280
162	.345	.090	198	.781	.308
163	.396	.123	199	.730	.279
164	.381	.103	200	.727	.284
165	.441	.142	201	.745	.277
166	.519	.143	202	.722	.292
167	.596	.135	203	.704	.302
168	.516	.162	204	.700	.289
169	.472	.132	205	.693	.291
170	.416	.157	206	.740	.288
171	.428	.168	207	.744	.313
172	.517	.183	208	.773	.293
173	.561	.177	209	.786	.295
174	.568	.193	210	.759	55.298
175	.519	.190	211	.799	—
176	.605	.183	212	.826	—
177	.568	.177	213	54.819	—
178	.583	.192			

Пластинка № 36

219	54.309	54.742	210	.195	.709
218	.300	.749	209	.253	.702
217	.263	.751	208	.247	.721
216	.259	.720	207	.196	.698
215	.258	.730	206	.209	.697
214	.253	.744	205	.216	.703
213	.249	.736	204	.264	.702
212	.249	.705	203	.229	.698
211	.243	.709	202	.192	.698

Продолжение табл. 1

<i>P</i>	<i>R_C</i>	<i>R_Θ</i>	<i>P</i>	<i>R_C</i>	<i>R_Θ</i>
201	.130	.703	154	.896	.411
200	.147	.665	153	.794	.416
199	.156	.676	152	.880	.433
198	.239	.675	151	.820	.414
197	.179	.688	150	.806	.422
196	.158	.668	149	.772	.426
195	.091	.636	148	.778	.413
194	.197	.622	147	.703	.407
193	.062	.605	146	.701	.407
192	.069	.622	145	.719	.411
191	.144	.634	144	.724	.362
190	.193	.593	143	.790	.393
189	54.107	.578	142	.818	.392
188	53.995	.594	141	.779	.380
187	54.045	.559	140	.826	.389
186	.044	.599	139	.808	.364
185	54.032	.551	138	.813	.368
184	53.992	.546	137	.855	.383
183	53.903	.566	136	.832	.358
182	54.023	.577	135	.882	.359
181	53.924	.567	134	.854	.337
180	.925	.588	133	.795	.362
179	.938	.537	132	.813	.360
178	.888	.584	131	.728	.330
177	.825	.595	130	.746	.334
176	.846	.541	129	.791	.330
175	.918	.564	128	.775	.335
174	.954	.581	127	.802	.300
173	.940	.554	126	.872	.293
172	.900	.559	125	.724	.344
171	.915	.550	124	.754	.338
170	.893	.590	123	.715	.306
169	.822	.583	122	.760	.302
168	.834	.552	121	.671	.300
167	53.978	.544	120	.642	.311
166	54.158	.528	119	.649	.292
165	.107	.499	118	.582	.313
164	54.113	.490	117	.584	.262
163	53.968	.510	116	.594	.255
162	53.972	.517	115	.589	.250
161	54.022	.474	114	.601	.299
160	.061	.444	113	.621	.289
159	.001	.440	112	.551	.268
158	.036	.472	111	.711	.281
157	54.009	.472	110	.664	.270
156	53.974	.425	109	.626	.296
155	.878	.432	108	.732	.275

Продолжение табл. 1

<i>P</i>	<i>R_C</i>	<i>R_⊕</i>	<i>P</i>	<i>R_C</i>	<i>R_⊕</i>
107	.722	.234	60	.869	.332
106	.703	.218	59	.921	.322
105	.723	.233	58	.779	.342
104	.747	.220	57	.939	.333
103	.688	.269	56	.923	.356
102	.710	.230	55	.958	.306
101	.698	.266	54	.927	.317
100	.835	.261	53	.961	.351
99	.783	.252	52	.942	.393
98	.816	.231	51	.951	.380
97	.767	.258	50	.980	.351
96	.814	.268	49	.941	.370
95	.822	.263	48	.949	.349
94	.800	.293	47	.972	.338
93	.797	.271	46	.942	.366
92	.808	.287	45	.940	.362
91	.814	.269	44	.944	.380
90	.816	.249	43	.990	.349
89	.801	.276	42	53.990	.363
88	.834	.304	41	54.022	.378
87	.809	.294	40	53.966	.403
86	.783	.319	39	54.013	.402
85	.819	.293	38	54.012	.386
84	.798	.283	37	53.990	.360
83	.817	.304	36	54.099	.384
82	.787	.302	35	.036	.410
81	.828	.249	34	.051	.412
80	.808	.280	33	.035	.383
79	.835	.310	32	.052	.424
78	.815	.314	31	.046	.448
77	.834	.306	30	.054	.447
76	.825	.314	29	.029	.456
75	.806	.321	28	.066	.468
74	.833	.300	27	.049	.462
73	.818	.302	26	.055	.467
72	.814	.285	25	.107	.479
71	.852	.292	24	.074	.504
70	.850	.282	23	.064	.493
69	.856	.300	22	.106	.524
68	.836	.267	21	.117	.514
67	.878	.322	20	.162	.550
66	.853	.333	19	.140	.552
65	.809	.306	18	.111	.581
64	.885	.327	17	.144	.555
63	.833	.318	16	.102	.556
62	.885	.293	15	.109	.592
61	.861	.297	14	.206	.598

Продолжение табл. 1

P	$R_{\mathbb{C}}$	R_{\odot}	P	$R_{\mathbb{C}}$	R_{\odot}
13	.227	.607	344	.421	.830
12	.174	.611	343	.487	.828
11	.206	.622	342	.378	.853
10	.188	.644	341	.417	.840
9	.202	.662	340	.398	.813
8	.232	.668	339	.381	.859
7	.256	.703	338	.444	.827
6	.191	.673	337	.381	.844
5	.225	.682	336	.390	.864
4	.228	.668	335	.367	.865
3	.274	.690	334	.415	.872
2	.244	.692	333	.370	.907
1	.282	.710	332	.397	.897
0	.293	.714	331	.369	.902
359	.286	.733	330	.389	.896
358	.310	.724	329	.418	.907
357	.315	.730	328	.465	.915
356	.329	.719	327	.450	.951
355	.320	.729	326	.463	.938
354	.310	.745	325	.463	.942
353	.297	.744	324	.472	.936
352	.348	.753	323	.511	.929
351	.355	.748	322	.576	.955
350	.377	.766	321	.588	.952
349	.343	.768	320	.628	.931
348	.308	.804	319	.653	.943
347	.360	.784	318	.711	.951
346	.402	.797	317	.766	.945
345	.397	.811	316	54.776	54.938

Пластинка № 38

310.6	54.478	54.882	324.6	.125	.842
311.6	.418	.922	325.6	.108	.841
312.6	.371	.923	326.6	.101	.809
313.6	.343	.927	327.6	.107	.802
314.6	.365	.898	328.6	.156	.808
315.6	.328	.895	329.6	.180	.784
316.6	.324	.846	330.6	.195	.808
317.6	.256	.863	331.6	.170	.783
318.6	.219	.883	332.6	.279	.799
319.6	.230	.842	333.6	.204	.776
320.6	.178	.845	334.6	.235	.780
321.6	.179	.828	335.6	.217	.793
322.6	.217	.840	336.6	.246	.769
323.6	.160	.832	337.6	.314	.776

Продолжение табл. 1

P	$R_{\mathbb{C}}$	R_{\odot}	P	$R_{\mathbb{C}}$	R_{\odot}
338.6	.241	.772	25.6	.040	.405
339.6	.294	.752	26.6	.042	.396
340.6	.284	.724	27.6	.057	.412
341.6	.237	.723	28.6	.050	.417
342.6	.131	.705	29.6	.046	.404
343.6	.187	.714	30.6	.041	.394
344.6	.216	.716	31.6	54.002	.379
345.6	.223	.702	32.6	53.972	.401
346.6	.201	.668	33.6	.992	.402
347.6	.126	.668	34.6	53.998	.390
348.6	.177	.661	35.6	54.012	.352
349.6	.172	.645	36.6	.009	.371
350.6	.155	.632	37.6	54.004	.376
351.6	.163	.605	38.6	53.962	.373
352.6	.133	.603	39.6	53.991	.387
353.6	.130	.598	40.6	54.001	.385
354.6	.118	.611	41.6	53.981	.391
355.6	.125	.576	42.6	54.013	.377
356.6	.113	.591	43.6	54.003	.374
357.6	.129	.555	44.6	53.999	.366
358.6	.112	.566	45.6	54.009	.338
359.6	.108	.567	46.6	.007	.340
360.6	.079	.556	47.6	.040	.384
1.6	.119	.573	48.6	.027	.354
2.6	.087	.572	49.6	54.051	.352
3.6	.085	.600	50.6	53.991	.342
4.6	.073	.580	51.6	.981	.343
5.6	.107	.564	52.6	.968	.325
6.6	.109	.568	53.6	.937	.328
7.6	.102	.558	54.6	.963	.330
8.6	.113	.547	55.6	.984	.360
9.6	.091	.528	56.6	.962	.361
10.6	.062	.536	57.6	.950	.344
11.6	.059	.516	58.6	.954	.332
12.6	.105	.499	59.6	.940	.323
13.6	.108	.500	60.6	.951	.348
14.6	.122	.516	61.6	.977	.334
15.6	.086	.517	62.6	53.981	.329
16.6	.085	.506	63.6	54.002	.326
17.6	.082	.501	64.6	53.981	.316
18.6	.040	.489	65.6	.941	.349
19.6	.059	.474	66.6	.991	.337
20.6	.026	.485	67.6	.990	.324
21.6	.051	.445	68.6	.973	.314
22.6	.037	.453	69.6	.960	.336
23.6	.018	.413	70.6	.948	.347
24.6	.025	.407	71.6	53.983	.311

Продолжение табл. 1

P	$R_{\mathbb{C}}$	R_{\odot}	P	$R_{\mathbb{C}}$	R_{\odot}
72.6	54.001	.336	119.6	54.037	.524
73.6	53.999	.347	120.6	.010	.504
74.6	.988	.350	121.6	.024	.514
75.6	.986	.347	122.6	.014	.538
76.6	.993	.346	123.6	.033	.549
77.6	.991	.391	124.6	.056	.522
78.6	53.988	.358	125.6	.113	.512
79.6	54.021	.388	126.6	.051	.539
80.6	.012	.382	127.6	.098	.526
81.6	.035	.384	128.6	.161	.531
82.6	.042	.402	129.6	.119	.533
83.6	.005	.390	130.6	.054	.509
84.6	.028	.380	131.6	.082	.543
85.6	.017	.411	132.6	.048	.541
86.6	.021	.386	133.6	.000	.556
87.6	54.003	.388	134.6	.037	.567
88.6	53.994	.403	135.6	54.013	.551
89.6	54.029	.414	136.6	53.990	.559
90.6	.057	.431	137.6	.912	.568
91.6	.014	.418	138.6	.884	.579
92.6	.071	.420	139.6	.929	.568
93.6	.008	.418	140.6	.914	.561
94.6	54.050	.427	141.6	.902	.568
95.6	53.956	.427	142.6	.950	.574
96.6	.986	.428	143.6	.966	.570
97.6	53.973	.441	144.6	.988	.565
98.6	—	—	145.6	.975	.599
99.6	54.015	.472	146.6	53.988	.594
100.6	53.966	.462	147.6	54.052	.600
101.6	54.008	.481	148.6	.023	.579
102.6	53.977	.487	149.6	.040	.593
103.6	.933	.482	150.6	.174	.588
104.6	.898	.487	151.6	.159	.614
105.6	.849	.496	152.6	.134	.595
106.6	.863	.474	153.6	.156	.591
107.6	.850	.476	154.6	.143	.623
108.6	.861	.476	155.6	.140	.638
109.6	.860	.470	156.6	.100	.631
110.6	.836	.480	157.6	.201	.628
111.6	.873	.465	158.6	.155	.620
112.6	.874	.494	159.6	.202	.650
113.6	.859	.492	160.6	54.145	.607
114.6	.839	.503	161.6	53.954	.607
115.6	53.971	.502	162.6	53.939	.579
116.6	54.001	.524	163.6	54.081	.596
117.6	53.988	.484	164.6	.018	.574
118.6	53.994	.481	165.6	.056	.626

P	$R_{\mathbb{C}}$	R_{\odot}	P	$R_{\mathbb{C}}$	R_{\odot}
166.6	.118	.626	191.6	.252	.752
167.6	.079	.661	192.6	.143	.737
168.6	54.047	.652	193.6	.148	.738
169.6	53.998	.634	194.6	.084	.738
170.6	53.982	.652	195.6	.181	.751
171.6	54.020	.638	196.6	.150	.779
172.6	.051	.658	197.6	.231	.777
173.6	.041	.670	198.6	.194	.789
174.6	.091	.698	199.6	.197	.771
175.6	.161	.700	200.6	.209	.792
176.6	.044	.701	201.6	.211	.815
177.6	.095	.696	202.6	.202	.806
178.6	.120	.722	203.6	.200	.814
179.6	.112	.712	204.6	.227	.816
180.6	.089	.690	205.6	.207	.831
181.6	.038	.737	206.6	.194	.842
182.6	.137	.746	207.6	.231	.815
183.6	.182	.730	208.6	.235	.849
184.6	.170	.718	209.6	.214	.864
185.6	.100	.702	210.6	.189	.837
186.6	.098	.728	211.6	.224	.855
187.6	.210	.724	212.6	.232	.845
188.6	.199	.744	213.6	.220	54.795
189.6	.180	.737	214.6	54.208	—
190.6	.219	.739			

Пластинка № 39

213.4	53.650	—	175.4	.971	.515
211.4	.604	—	173.4	.947	.516
209.4	.637	54.239	171.4	.908	.525
207.4	.648	.240	169.4	53.961	.543
205.4	.623	.255	167.4	54.072	.572
203.4	.599	.221	165.4	.058	.562
201.4	.708	.306	163.4	.086	.637
199.4	.732	.302	161.4	.015	.643
197.4	.775	.329	159.4	.300	.669
195.4	.740	.321	157.4	.315	.677
193.4	.779	.317	155.4	.252	.691
191.4	.881	.327	153.4	.326	.722
189.4	.844	.374	151.4	.334	.751
187.4	.899	.349	149.4	.274	.750
185.4	.814	.400	147.4	.345	.761
183.4	.915	.370	145.4	.292	.799
181.4	.846	.450	143.4	.277	.786
179.4	.913	.456	141.4	.232	.804
177.4	.872	.463	139.4	.282	.808

Продолжение табл. 1

P	$R_{\mathbb{C}}$	R_{\odot}	P	$R_{\mathbb{C}}$	R_{\odot}
137.4	.319	.850	43.4	.809	.031
135.4	.378	.850	41.4	.735	.034
133.4	.418	.876	39.4	.741	.009
131.4	.368	.888	37.4	.766	.038
129.4	.494	.866	35.4	.713	.022
127.4	.502	.898	33.4	.708	.028
125.4	.529	.916	31.4	.721	.028
123.4	.509	.922	29.4	.711	.028
121.4	.572	.955	27.4	.684	55.047
119.4	.542	54.974	25.4	.630	54.996
117.4	.544	55.012	23.4	.671	.943
115.4	.582	.036	21.4	.624	.940
113.4	.477	.074	19.4	.578	.916
111.4	.499	.083	17.4	.618	.900
109.4	.511	.096	15.4	.573	.899
107.4	.480	.096	13.4	.570	.895
105.4	.599	.097	11.4	.530	.883
103.4	.638	.071	9.4	.514	.897
101.4	.769	.104	7.4	.503	.851
99.4	.700	.109	5.4	.453	.859
97.4	.743	.093	3.4	.468	.850
95.4	.735	.098	1.4	.418	.851
93.4	.818	.069	359.4	.388	.822
91.4	.848	.112	357.4	.372	.773
89.4	.846	.118	355.4	.379	.805
87.4	.840	.118	353.4	.324	.809
85.4	.808	.086	351.4	.325	.777
83.4	.865	.116	349.4	.257	.799
81.4	.876	.115	347.4	.219	.751
79.4	.864	.111	345.4	.241	.727
77.4	.763	.113	343.4	.225	.701
75.4	.888	.124	341.4	.214	.702
73.4	.871	.141	339.4	.147	.719
71.4	.883	.139	337.4	.120	.685
69.4	.860	.097	335.4	.077	.657
67.4	.807	.091	333.4	54.087	.654
65.4	.831	.080	331.4	53.987	.652
63.4	.905	.079	329.4	.867	.632
61.4	.790	.068	327.4	.867	.610
59.4	.777	.047	325.4	.880	.582
57.4	.797	.048	323.4	.956	.571
55.4	.763	.058	321.4	.870	.563
53.4	.781	.037	319.4	.855	.556
51.4	.783	.010	317.4	.902	.546
49.4	.859	.036	315.4	53.994	54.482
47.4	.834	.039	313.4	54.020	—
45.4	.785	.015			

P	$R_{\mathbb{C}}$	R_{\odot}	P	$R_{\mathbb{C}}$	R_{\odot}
<i>Пластинка № 40</i>					
209.5	53.947	54.582	117.5	53.982	.434
207.5	.974	.554	115.5	.999	.415
205.5	.949	.539	113.5	.869	.415
203.5	.927	.519	111.5	.903	.411
201.5	.962	.507	109.5	.943	.429
199.5	.899	.508	107.5	.918	.421
197.5	.915	.502	105.5	.951	.436
195.5	.918	.530	103.5	53.996	.418
193.5	.909	.533	101.5	54.129	.404
191.5	.986	.501	99.5	.128	.409
189.5	.927	.484	97.5	.150	.451
187.5	.944	.484	95.5	.123	.443
185.5	.842	.469	93.5	.220	.461
183.5	.919	.468	91.5	.216	.468
181.5	.812	.449	89.5	.228	.485
179.5	.840	.409	87.5	.169	.457
177.5	.824	.438	85.5	.174	.462
175.5	.865	.425	83.5	.224	.507
173.5	.785	.391	81.5	.216	.503
171.5	.749	.391	79.5	.229	.502
169.5	.769	.424	77.5	.200	.505
167.5	.898	.407	75.5	.250	.536
165.5	.883	.392	73.5	.310	.547
163.5	.849	.389	71.5	.288	.558
161.5	.783	.393	69.5	.318	.561
159.5	53.985	.388	67.5	.368	.593
157.5	54.009	.395	65.5	.345	.582
155.5	53.924	.388	63.5	.367	.605
153.5	53.966	.368	61.5	.389	.601
151.5	54.000	.381	59.5	.348	.620
149.5	53.956	.424	57.5	.382	.621
147.5	.888	.398	55.5	.446	.658
145.5	.862	.391	53.5	.400	.643
143.5	.877	.397	51.5	.452	.651
141.5	.875	.412	49.5	.502	.656
139.5	.811	.408	47.5	.492	.671
137.5	.855	.420	45.5	.456	.665
135.5	53.972	.445	43.5	.498	.668
133.5	54.006	.462	41.5	.500	.676
131.5	.037	.464	39.5	.500	.688
129.5	.074	.463	37.5	.493	.707
127.5	.069	.465	35.5	.515	.712
125.5	54.123	.475	33.5	.479	.710
123.5	53.981	.442	31.5	.476	.716
121.5	54.058	.437	29.5	.501	.702
119.5	54.100	.442	27.5	.518	.724

P	R_{C}	R_{\odot}	P	R_{C}	R_{\odot}
25.5	.499	.773	347.5	.422	.916
23.5	.509	.772	345.5	.415	.939
21.5	.538	.801	343.5	.393	.918
19.5	.553	.815	341.5	.447	.917
17.5	.504	.807	339.5	.400	.932
15.5	.493	.809	337.5	.407	.910
13.5	.523	.837	335.5	.368	.932
11.5	.426	.848	333.5	.414	.940
9.5	.483	.832	331.5	.286	.942
7.5	.514	.891	329.5	.250	.930
5.5	.471	.861	327.5	.240	.938
3.5	.454	.884	325.5	.245	.961
1.5	.446	.878	323.5	.311	.950
359.5	.451	.883	321.5	.282	.964
357.5	.457	.897	319.5	.265	.980
355.5	.452	.887	317.5	.369	.998
353.5	.421	.940	315.5	.385	54.989
351.5	.446	.902	313.5	.489	—
349.5	.440	.905	311.5	54.608	—

Пленка № 66

238.2	45.591	45.858	188.2	.431	.996
236.2	.632	.823	186.2	.414	.983
234.2	.615	.799	184.2	.479	45.985
232.2	.576	.840	182.2	.442	46.008
230.2	.582	.837	180.2	.425	45.991
228.2	.562	.857	178.2	.408	.992
226.2	.541	.866	176.2	.331	.977
224.2	.568	.878	174.2	.363	.958
222.2	.568	.878	172.2	.316	.908
220.2	.545	.884	170.2	.233	.918
218.2	.483	.902	168.2	.298	.908
216.2	.552	.844	166.2	.300	.884
214.2	.508	.884	164.2	.186	.859
212.2	.492	.871	162.2	.114	.845
210.2	.449	.890	160.2	.253	.834
208.2	.473	.879	158.2	.307	.836
206.2	.488	.888	156.2	.225	.837
204.2	.511	.915	154.2	.219	.822
202.2	.498	.938	152.2	.263	.842
200.2	.465	.929	150.2	.252	.839
198.2	.520	.972	148.2	.180	.841
196.2	.512	45.987	146.2	.139	.860
194.2	.442	46.010	144.2	.146	.858
192.2	.492	46.010	142.2	.119	.886
190.2	.521	45.997	140.2	.079	.865

P	$R_{\mathbb{C}}$	R_{\odot}	P	$R_{\mathbb{C}}$	R_{\odot}
138.2	.088	.877	66.2	.198	.007
136.2	.162	.910	64.2	.174	.019
134.2	.186	.920	62.2	.240	.019
132.2	.206	.914	60.2	.159	46.021
130.2	.199	.943	58.2	.134	45.994
128.2	.281	.973	56.2	.186	46.022
126.2	.254	.993	54.2	.217	.036
124.2	.214	45.987	52.2	.221	.067
122.2	.237	46.002	50.2	.268	.091
120.2	.277	45.984	48.2	.320	.072
118.2	.196	46.001	46.2	.314	.066
116.2	.228	.010	44.2	.292	.070
114.2	.184	.039	42.2	.307	.060
112.2	.122	46.019	40.2	.302	.057
110.2	.082	45.994	38.2	.329	.052
108.2	.079	46.004	36.2	.334	.077
106.2	.050	45.979	34.2	.381	.105
104.2	.091	.980	32.2	.386	.098
102.2	.106	.970	30.2	.413	.082
100.2	.106	.930	28.2	.455	.093
98.2	.104	.940	26.2	.424	.085
96.2	.110	.960	24.2	.416	.065
94.2	.179	.959	22.2	.453	.064
92.2	.148	.970	20.2	.498	.083
90.2	.181	.961	18.2	.468	.080
88.2	.123	.958	16.2	.448	.051
86.2	.112	.926	14.2	.467	.037
84.2	.128	.979	12.2	.515	.031
82.2	.133	45.975	10.2	.485	.063
80.2	.129	46.000	8.2	.561	.047
78.2	.149	45.983	6.2	.584	.087
76.2	.130	.994	4.2	.609	.118
74.2	.139	.966	2.2	.661	.133
72.2	.129	45.999	0.2	.699	.148
70.2	.168	46.002	358.2	45.791	46.176
68.2	.139	.027			

Пленка № 67

237.9	45.786	45.975	219.9	.646	.079
235.9	.729	46.030	217.9	.689	.086
233.9	.738	.007	215.9	.710	.064
231.9	.720	.017	213.9	.678	.066
229.9	.737	.048	211.9	.635	.030
227.9	.708	.006	209.9	.623	.072
225.9	.676	.018	207.9	.658	.085
223.9	.689	.045	205.9	.637	.071
221.9	.673	.059	203.9	.589	.102

Продолжение табл. 1

<i>P</i>	<i>R_C</i>	<i>R_⊕</i>	<i>P</i>	<i>R_C</i>	<i>R_⊕</i>
201.9	.641	.116	105.9	.546	.338
199.9	.613	.119	103.9	.550	.329
197.9	.683	.097	101.9	.606	.340
195.9	.641	.141	99.9	.568	.333
193.9	.637	.178	97.9	.548	.409
191.9	.708	.183	95.9	.514	.272
189.9	.750	.191	93.9	.564	.248
187.9	.678	.218	91.9	.532	.251
185.9	.617	.255	89.9	.519	.211
183.9	.760	.245	87.9	.456	.194
181.9	.648	.212	85.9	.438	.162
179.9	.683	.239	83.9	.452	.170
177.9	45.615	46.210	81.9	.450	.140
175.9	.683	.234	79.9	.420	.156
173.9	.636	.258	77.9	.371	.163
171.9	.645	.250	75.9	.400	.142
169.9	.590	.274	73.9	.417	.169
167.9	.667	.253	71.9	.429	.156
165.9	.706	.265	69.9	.405	.157
163.9	.633	.266	67.9	45.356	46.124
161.9	.591	.282	65.9	.389	.112
159.9	.779	.262	63.9	.386	.144
157.9	.756	.293	61.9	.381	.140
155.9	.678	.302	59.9	.365	.124
153.9	.751	.290	57.9	.350	.130
151.9	.760	.275	55.9	.371	.109
149.9	.747	.281	53.9	.365	.112
147.9	.649	.284	51.9	.350	.121
145.9	.631	.284	49.9	.414	.116
143.9	.621	.310	47.9	.429	.120
141.9	.598	.311	45.9	.376	.114
139.9	.533	.298	43.9	.428	.094
137.9	.571	.276	41.9	.383	.077
135.9	.600	.310	39.9	.397	.079
133.9	.602	.320	37.9	.400	.091
131.9	.646	.314	35.9	.400	.094
129.9	.684	.304	33.9	.414	.061
127.9	.676	.322	31.9	45.421	46.007
125.9	.712	.346	29.9	.452	.007
123.9	45.656	46.326	27.9	.420	46.014
121.9	.672	.332	25.9	.409	45.976
119.9	.696	.324	23.9	.413	.999
117.9	.623	.336	21.9	.418	.944
115.9	.604	.332	19.9	.475	45.991
113.9	.564	.345	17.9	.445	46.001
111.9	.565	.359	15.9	.469	45.993
109.9	.555	.373	13.9	.486	.976

<i>P</i>	<i>R_C</i>	<i>R_Θ</i>	<i>P</i>	<i>R_C</i>	<i>R_Θ</i>
11.9	.458	.972	3.9	.498	.920
9.9	.437	.955	1.9	.508	.931
7.9	.482	.943	359.9	.521	.947
5.9	.459	.935	357.9	45.584	45.895
<i>Пленка № 68</i>					
357.7	45.287	45.637	38.7	.087	.730
358.7	.248	.653	39.7	.116	.695
359.7	.196	.648	40.7	.086	.696
0.7	.210	.643	41.7	.085	.730
1.7	.210	.640	42.7	.112	.741
2.7	.200	.647	43.7	.096	.704
3.7	.202	.624	44.7	.088	.704
4.7	.249	.613	45.7	.095	.734
5.7	.155	.597	46.7	.093	.730
6.7	.168	.596	47.7	.139	.717
7.7	.140	.593	48.7	.144	.724
8.7	.132	.566	49.7	.134	.738
9.7	.089	.551	50.7	.094	.722
10.7	.068	.528	51.7	.061	.719
11.7	.064	.543	52.7	.066	.734
12.7	.080	.542	53.7	.049	.738
13.7	.108	.553	54.7	.020	.723
14.7	.104	.569	55.7	.017	.748
15.7	.087	.547	56.7	.043	.743
16.7	.074	.547	57.7	.050	.725
17.7	.045	.555	58.7	.033	.724
18.7	.059	.570	59.7	.067	.725
19.7	.034	.550	60.7	.074	.771
20.7	.047	.575	61.7	.085	.784
21.7	.025	.553	62.7	.132	.754
22.7	.012	.563	63.7	.102	.765
23.7	.054	.573	64.7	.114	.753
24.7	.054	.603	65.7	.083	.750
25.7	.090	.604	66.7	.102	.755
26.7	.051	.636	67.7	.097	.754
27.7	.088	.646	68.7	.096	.770
28.7	.108	.636	69.7	.076	.767
29.7	.150	.662	70.7	.085	.762
30.7	.092	.675	71.7	.103	.758
31.7	.123	.692	72.7	.119	.753
32.7	.126	.705	73.7	.108	.752
33.7	.096	.723	74.7	.133	.785
34.7	.146	.689	75.7	.095	.787
35.7	.112	.673	76.7	.123	.799
36.7	.115	.702	77.7	.112	.792
37.7	.105	.720	78.7	.130	.826

Продолжение табл. 1

<i>P</i>	<i>R_C</i>	<i>R_Θ</i>	<i>P</i>	<i>R_C</i>	<i>R_Θ</i>
79.7	.142	.824	126.7	.498	.078
80.7	.162	.821	127.7	.502	.074
81.7	.190	.836	128.7	.524	.097
82.7	.172	.828	129.7	.522	.087
83.7	.144	.815	130.7	.502	.109
84.7	.170	.828	131.7	.533	.110
85.7	.163	.854	132.7	.498	.126
86.7	.183	.811	133.7	.514	.134
87.7	.164	.849	134.7	.516	.142
88.7	.185	.840	135.7	.528	.154
89.7	.208	.846	136.7	.519	.195
90.7	.260	.830	137.7	.511	.165
91.7	.185	.814	138.7	.479	.169
92.7	.240	.819	139.7	.478	.189
93.7	.211	.838	140.7	.498	.187
94.7	.289	.856	141.7	.498	.204
95.7	.198	.878	142.7	.559	.227
96.7	.210	.877	143.7	.579	.215
97.7	.221	.890	144.7	.557	.214
98.7	.225	.891	145.7	.582	.208
99.7	.282	.898	146.7	.608	.228
100.7	.185	.853	147.7	.656	.223
101.7	.284	.882	148.7	.646	.219
102.7	.269	.882	149.7	.709	.220
103.7	.229	.912	150.7	.776	.254
104.7	.223	.936	151.7	.756	.294
105.7	.130	.916	152.7	.780	.294
106.7	.145	.932	153.7	.803	.298
107.7	.164	.953	154.7	.787	.272
108.7	.184	.946	155.7	.744	.279
109.7	.178	.968	156.7	.717	.322
110.7	.228	45.989	157.7	.819	.298
111.7	.239	46.012	158.7	.833	.302
112.7	.289	.020	159.7	.824	.304
113.7	.277	.020	160.7	.680	.291
114.7	.334	.035	161.7	.622	.281
115.7	.353	.028	162.7	.629	.286
116.7	.392	.035	163.7	.692	.280
117.7	.405	.058	164.7	.687	.278
118.7	.400	.049	165.7	.705	.298
119.7	.453	.055	166.7	.837	.298
120.7	.459	.055	167.7	.749	.278
121.7	.442	.027	168.7	.730	.296
122.7	.435	.035	169.7	.673	.314
123.7	.437	.038	170.7	.635	.315
124.7	.440	.074	171.7	.729	.330
125.7	.480	.082	172.7	.733	.305

<i>P</i>	<i>R_C</i>	<i>R_Θ</i>	<i>P</i>	<i>R_C</i>	<i>R_Θ</i>
173.7	.733	.334	209.7	.794	.341
174.7	.712	.315	210.7	.849	.325
175.7	.794	.356	211.7	.832	.318
176.7	.716	.369	212.7	.842	.302
177.7	.757	.351	213.7	.848	.284
178.7	.784	.331	214.7	.858	.295
179.7	.789	.362	215.7	.863	.302
180.7	.794	.337	216.7	.870	.290
181.7	.756	.344	217.7	.801	.267
182.7	.864	.365	218.7	.824	.304
183.7	.850	.359	219.7	.836	.287
184.7	.775	.338	220.7	.859	.301
185.7	.761	.322	221.7	.884	.323
186.7	.870	.337	222.7	.861	.320
187.7	.881	.321	223.7	.872	.327
188.7	.867	.338	224.7	.876	.318
189.7	.859	.357	225.7	.852	.333
190.7	.930	.323	226.7	.889	.316
191.7	.874	.331	227.7	.909	.293
192.7	.860	.372	228.7	.873	.295
193.7	.788	.360	229.7	.879	.290
194.7	.846	.330	230.7	.865	.274
195.7	.822	.336	231.7	.838	.270
196.7	.929	.336	232.7	.856	.265
197.7	.870	.350	233.7	.902	.256
198.7	.852	.344	234.7	.833	.246
199.7	.866	.341	235.7	.868	.235
200.7	.865	.313	236.7	.840	.214
201.7	.858	.323	237.7	.858	.238
202.7	.837	.332	238.7	.954	.239
203.7	.816	.327	239.7	.908	.274
204.7	.793	.334	240.7	.903	.250
205.7	.839	.346	241.7	.888	.263
206.7	.835	.341	242.7	.866	.232
207.7	.802	.347	243.7	45.857	46.204
208.7	.840	.323			

Пленка № 69

245.4	45.816	46.139	237.4	.640	.145
244.4	.820	.171	236.4	.652	.144
243.4	.815	.193	235.4	.645	.161
242.4	.824	.209	234.4	.656	.154
241.4	.817	.162	233.4	.649	.137
240.4	.793	.170	232.4	.619	.156
239.4	.734	.188	231.4	.638	.149
238.4	.728	.160	230.4	.658	.135

Продолжение табл. 1

P	$R_{\mathbb{C}}$	R_{\odot}	P	$R_{\mathbb{C}}$	R_{\odot}
229.4	.607	.150	182.4	.126	.717
228.4	.612	.138	181.4	.072	.700
227.4	.587	.125	180.4	.133	.678
226.4	.583	.097	179.4	.113	.689
225.4	.574	.131	178.4	.092	.673
224.4	.591	.132	177.4	.073	.673
223.4	.581	.090	176.4	.087	.678
222.4	.593	.115	175.4	.038	.669
221.4	.541	.119	174.4	.036	.660
220.4	.502	.080	173.4	.061	.658
219.4	.478	.074	172.4	45.013	.643
218.4	.501	.085	171.4	44.954	.661
217.4	.539	.098	170.4	.918	.642
216.4	.526	.083	169.4	44.982	.646
215.4	.509	.080	168.4	45.036	.623
214.4	.499	.065	167.4	.088	.610
213.4	.472	.051	166.4	45.010	.601
212.4	.486	.004	165.4	44.954	.593
211.4	.448	.024	164.4	.939	.559
210.4	.429	.018	163.4	.979	.589
209.4	.427	46.032	162.4	.878	.574
208.4	.433	45.978	161.4	44.909	.553
207.4	.412	.993	160.4	45.060	.532
206.4	.410	.989	159.4	.083	.537
205.4	.397	.973	158.4	.066	.520
204.4	.365	.958	157.4	45.029	.487
203.4	.382	.931	156.4	44.996	.512
202.4	.382	.939	155.4	45.020	.532
201.4	.348	.886	154.4	.027	.521
200.4	.330	.889	153.4	.066	.517
199.4	.315	.863	152.4	.072	.516
198.4	.302	.880	151.4	.048	.543
197.4	.349	.876	150.4	45.061	.556
196.4	.275	.865	149.4	44.997	.544
195.4	.293	.857	148.4	.956	.529
194.4	.194	.822	147.4	.992	.535
193.4	.278	.798	146.4	.913	.536
192.4	.206	.791	145.4	.942	.558
191.4	.287	.812	144.4	.906	.562
190.4	.242	.794	143.4	.895	.561
189.4	.187	.786	142.4	.908	.568
188.4	.168	.758	141.4	.898	.596
187.4	.248	.782	140.4	.895	.581
186.4	.123	.760	139.4	.872	.577
185.4	.126	.778	138.4	.871	.560
184.4	.208	.702	137.4	.912	.542
183.4	.214	.723	136.4	.948	.563

Продолжение табл. 1

P	$R_{\mathbb{C}}$	R_{\odot}	P	$R_{\mathbb{C}}$	R_{\odot}
135.4	.963	.565	88.4	.063	.635
134.4	.983	.513	87.4	.024	.652
133.4	.937	.556	86.4	.039	.655
132.4	.936	.512	85.4	.062	.655
131.4	.987	.522	84.4	.048	.664
130.4	.967	.526	83.4	.085	.648
129.4	44.999	.506	82.4	.085	.643
128.4	45.017	.517	81.4	.068	.682
127.4	44.986	.513	80.4	.058	.647
126.4	.980	.523	79.4	.074	.650
125.4	.976	.547	78.4	.072	.684
124.4	.918	.520	77.4	.031	.686
123.4	.872	.494	76.4	.034	.676
122.4	.881	.489	75.4	.020	.690
121.4	.873	.466	74.4	.045	.684
120.4	.942	.510	73.4	.051	.690
119.4	.896	.473	72.4	.077	.691
118.4	.888	.491	71.4	.102	.723
117.4	.906	.470	70.4	.085	.719
116.4	.885	.476	69.4	.074	.710
115.4	.873	.498	68.4	.086	.706
114.4	.854	.517	67.4	.080	.722
113.4	.803	.510	66.4	.079	.718
112.4	.834	.520	65.4	.106	.728
111.4	.818	.501	64.4	.084	.729
110.4	.801	.529	63.4	.123	.734
109.4	.821	.541	62.4	.130	.745
108.4	.809	.559	61.4	.114	.741
107.4	.831	.516	60.4	.110	.758
106.4	.788	.528	59.4	.123	.771
105.4	.803	.514	58.4	.112	.775
104.4	.895	.553	57.4	.149	.785
103.4	.874	.536	56.4	.169	.782
102.4	.938	.543	55.4	.198	.796
101.4	.952	.596	54.4	.166	.828
100.4	.954	.581	53.4	.177	.810
99.4	.944	.562	52.4	.178	.836
98.4	.950	.555	51.4	.190	.844
97.4	.957	.550	50.4	.147	.829
96.4	.932	.575	49.4	.269	.835
95.4	.948	.582	48.4	.279	.878
94.4	44.973	.554	47.4	.307	.873
93.4	45.089	.594	46.4	.253	.889
92.4	.028	.578	45.4	.257	.894
91.4	.024	.578	44.4	.318	.913
90.4	.054	.620	43.4	.337	.931
89.4	.054	.629	42.4	.335	.935

P	$R_{\mathbb{C}}$	R_{\odot}	P	$R_{\mathbb{C}}$	R_{\odot}
41.4	.374	.927	18.4	.716	.244
40.4	.312	.969	17.4	.712	.268
39.4	.324	.988	16.4	.752	.279
38.4	.351	.990	15.4	.763	.295
37.4	.400	45.999	14.4	.758	.312
36.4	.415	46.013	13.4	.816	.302
35.4	.418	.039	12.4	.834	.313
34.4	.453	.045	11.4	.816	.307
33.4	.459	.065	10.4	.813	.289
32.4	.451	.084	9.4	.805	.338
31.4	.513	.093	8.4	.851	.352
30.4	.557	.125	7.4	.861	.334
29.4	.550	.121	6.4	.862	.345
28.4	.571	.150	5.4	.837	.352
27.4	.606	.177	4.4	.873	.378
26.4	.642	.166	3.4	.820	.345
25.4	.591	.188	2.4	.840	.355
24.4	.613	.187	1.4	.856	.363
23.4	.638	.159	0.4	.902	.376
22.4	.634	.206	359.4	.870	.390
21.4	.651	.215	358.4	45.946	.355
20.4	.664	.236	357.4	46.029	.407
19.4	.678	.243	356.4	46.086	46.415

Пленка № 70

247.7	46.074	46.714	205.7	46.006	.987
245.7	.092	.758	203.7	45.981	.988
243.7	46.001	.803	201.7	46.021	.964
241.7	45.960	.815	199.7	45.993	.944
239.7	46.019	.831	197.7	46.038	.970
237.7	45.940	.877	195.7	45.978	.966
235.7	.913	.862	193.7	45.944	.965
233.7	.915	.863	191.7	46.024	.941
231.7	.928	.902	189.7	.034	.928
229.7	.952	.883	187.7	46.002	.900
227.7	.942	.891	185.7	45.874	.883
225.7	.930	.902	183.7	.946	.864
223.7	.929	.889	181.7	.854	.851
221.7	.973	.902	179.7	.857	.853
219.7	.965	.924	177.7	.992	.828
217.7	45.941	.937	175.7	.812	.787
215.7	46.010	.948	173.7	.731	.742
213.7	46.007	.957	171.7	.682	.716
211.7	45.999	.981	169.7	.629	.669
209.7	45.978	.986	167.7	.713	.659
207.7	46.006	.992	165.7	.729	.620

P	$R_{\mathbb{C}}$	R_{\odot}	P	$R_{\mathbb{C}}$	R_{\odot}
163.7	.637	.597	77.7	.876	.569
161.7	.624	.543	75.7	.852	.576
159.7	.849	.536	73.7	.893	.556
157.7	.819	.529	71.7	.847	.560
155.7	.710	.515	69.7	.812	.548
153.7	.767	.445	67.7	.776	.532
151.7	.730	.419	65.7	.808	.519
149.7	.667	.444	63.7	.775	.519
147.7	.616	.394	61.7	.799	.488
145.7	.546	.386	59.7	.728	.468
143.7	.546	.359	57.7	.707	.467
141.7	.476	.336	55.7	.740	.459
139.7	.455	.310	53.7	.681	.458
137.7	.432	.307	51.7	.728	.477
135.7	.506	.286	49.7	.774	.449
133.7	.455	.280	47.7	.783	.444
131.7	.480	.286	45.7	.752	.413
129.7	.520	.247	43.7	.747	.448
127.7	.496	.225	41.7	.749	.455
125.7	.503	.192	39.7	.698	.440
123.7	.408	.148	37.7	.742	.440
121.7	.461	.116	35.7	.716	.418
119.7	.427	.091	33.7	.720	.449
117.7	.353	46.055	31.7	.751	.424
115.7	.314	45.995	29.7	.779	.439
113.7	.176	.950	27.7	.760	.441
111.7	.142	.934	25.7	.762	.442
109.7	.101	.887	23.7	.734	.422
107.7	.046	.884	21.7	.759	.404
105.7	.082	.805	19.7	.727	.433
103.7	.066	.775	17.7	.712	.435
101.7	.137	.740	15.7	.743	.446
99.7	.073	.727	13.7	.751	.462
97.7	45.036	.708	11.7	.741	.466
95.7	44.980	.689	9.7	.716	.471
93.7	45.033	.678	7.7	.744	.469
91.7	44.951	.631	5.7	.775	.482
89.7	.940	.631	3.7	.784	.495
87.7	.936	.643	1.7	.815	.555
85.7	.934	.626	359.7	.823	.577
83.7	.929	.622	357.7	44.987	.553
81.7	.914	.603	355.7	45.047	45.601
79.7	.914	.591			

Пленка № 71

356.1	45.872	46.306	0.1	.550	.259
358.1	.692	.275	2.1	.424	.257

Продолжение табл. 1

<i>P</i>	<i>R_C</i>	<i>R_⊕</i>	<i>P</i>	<i>R_C</i>	<i>R_⊕</i>
4.1	.462	.265	98.1	.770	.395
6.1	.462	.245	100.1	.780	.350
8.1	.418	.248	102.1	.817	.338
10.1	.512	.265	104.1	.688	.339
12.1	.527	.219	106.1	.652	.335
14.1	.571	.307	108.1	.640	.361
16.1	.581	.333	110.1	.623	.336
18.1	.602	.352	112.1	.602	.332
20.1	.589	.355	114.1	.596	.350
22.1	.564	.343	116.1	.676	.333
24.1	.550	.348	118.1	.634	.317
26.1	.539	.323	120.1	.657	.306
28.1	.540	.346	122.1	.628	.298
30.1	.598	.296	124.1	.549	.269
32.1	.569	.314	126.1	.628	.264
34.1	.556	.342	128.1	.583	.220
36.1	.589	.348	130.1	.546	.222
38.1	.642	.340	132.1	.508	.211
40.1	.651	.382	134.1	.484	.217
42.1	.651	.367	136.1	.491	.163
44.1	.700	.400	138.1	.400	.171
46.1	.743	.426	140.1	.374	.171
48.1	.772	.426	142.1	.379	.176
50.1	.775	.420	144.1	.404	.186
52.1	.768	.411	146.1	.363	.210
54.1	.707	.425	148.1	.420	.217
56.1	.756	.460	150.1	.458	.201
58.1	.770	.410	152.1	.448	.195
60.1	.749	.417	154.1	.383	.206
62.1	.759	.422	156.1	.326	.192
64.1	.837	.401	158.1	.374	.198
66.1	.798	.384	160.1	.367	.177
68.1	.749	.387	162.1	.167	.141
70.1	.761	.381	164.1	.207	.104
72.1	.771	.383	166.1	.238	.067
74.1	.809	.383	168.1	.204	.070
76.1	.793	.361	170.1	.087	.093
78.1	.752	.398	172.1	.104	.076
80.1	.796	.373	174.1	.096	.055
82.1	.798	.399	176.1	.102	.047
84.1	.828	.411	178.1	.019	.036
86.1	.775	.405	180.1	.052	.022
88.1	.856	.390	182.1	.016	.012
90.1	.871	.406	184.1	45.097	46.021
92.1	.849	.408	186.1	44.972	45.992
94.1	.752	.412	188.1	.985	.974
96.1	.769	.408	190.1	44.982	.956

Продолжение табл. 1

P	$R_{\mathbb{C}}$	R_{\odot}	P	$R_{\mathbb{C}}$	R_{\odot}
192.1	45.008	.940	222.1	.819	.855
194.1	44.863	.909	224.1	.820	.856
196.1	.894	.917	226.1	.776	.850
198.1	.898	.908	228.1	.775	.806
200.1	.915	.947	230.1	.742	.808
202.1	.871	.941	232.1	.724	.786
204.1	.837	.936	234.1	.751	.781
206.1	.852	.884	236.1	.740	.789
208.1	.847	.890	238.1	.755	.786
210.1	.812	.881	240.1	.859	.774
212.1	.801	.899	242.1	.906	.774
214.1	.793	.888	244.1	.909	.776
216.1	.787	.882	246.1	44.943	.784
218.1	.806	.858	248.1	45.079	45.733
220.1	.744	.860			

Пленка № 72

355.3	45.913	46.313	53.3	.526	.143
357.3	.729	.274	55.3	.544	.160
359.3	.613	.293	57.3	.568	.170
1.3	.556	.256	59.3	.552	.162
3.3	.520	.261	61.3	.588	.122
5.3	.581	.276	63.3	.622	.146
7.3	.568	.244	65.3	.578	.155
9.3	.536	.245	67.3	.616	.138
11.3	.526	.259	69.3	.601	.110
13.3	.554	.286	71.3	.617	.132
15.3	.595	.284	73.3	.653	.095
17.3	.600	.285	75.3	.627	.161
19.3	.646	.297	77.3	.597	.114
21.3	.631	.281	79.3	.628	.067
23.3	.632	.276	81.3	.662	.045
25.3	.596	.304	83.3	.618	.097
27.3	.581	.282	85.3	.597	.072
29.3	.664	.234	87.3	.580	.064
31.3	.546	.252	89.3	.616	.038
33.3	.600	.226	91.3	.553	46.033
35.3	.649	.230	93.3	.516	45.971
37.3	.620	.184	95.3	.453	.952
39.3	.614	.174	97.3	.404	.945
41.3	.572	.179	99.3	.442	.948
43.3	.660	.151	101.3	.413	.927
45.3	.649	.155	103.3	.320	.914
47.3	.635	.167	105.3	.258	.948
49.3	.653	.147	107.3	.202	.926
51.3	.585	.195	109.3	.209	.931

Продолжение табл. 1

P	$R_{\mathbb{C}}$	R_{\odot}	P	$R_{\mathbb{C}}$	R_{\odot}
111.3	.202	.975	181.3	.024	46.004
113.3	.236	.935	183.3	.103	.006
115.3	.333	.941	185.3	.056	.041
117.3	.325	.946	187.3	.146	.090
119.3	.421	.939	189.3	.127	.070
121.3	.356	.958	191.3	.164	.114
123.3	.346	.938	193.3	.102	.121
125.3	.404	.912	195.3	.075	.130
127.3	.385	.922	197.3	.095	.148
129.3	.359	.947	199.3	.065	.106
131.3	.333	.926	201.3	.066	.135
133.3	.350	.964	203.3	45.002	.153
135.3	.303	.979	205.3	44.999	.137
137.3	.207	.983	207.3	.981	.136
139.3	.170	.981	209.3	.960	.166
141.3	.164	.961	211.3	.968	.131
143.3	.176	.931	213.3	.971	.109
145.3	.181	.930	215.3	.968	.092
147.3	.199	.933	217.3	.972	.092
149.3	.276	.955	219.3	.916	.099
151.3	.293	.955	221.3	.984	.119
153.3	.299	.964	223.3	44.999	.115
155.3	.230	.966	225.3	45.001	.162
157.3	.281	.934	227.3	44.966	.169
159.3	.288	.992	229.3	.974	.145
161.3	.119	.992	231.3	44.986	.161
163.3	.102	.974	233.3	.995	.161
165.3	.086	.955	235.3	45.012	.140
167.3	45.101	.960	237.3	.025	.156
169.3	44.991	45.981	239.3	.116	.134
171.3	44.997	46.001	241.3	.170	.174
173.3	45.046	46.000	243.3	.150	.154
175.3	45.092	45.978	245.3	.155	.116
177.3	44.995	.954	247.3	45.265	46.071
179.3	45.037	45.989			

П р и м е ч а н и е. Приведенные в табл. 1 позиционные углы P для 36-й пластинки необходимо уменьшить на 6° .

Таблица 2

P	$R_{\mathbb{C}}$	P	$R_{\mathbb{C}}$	P	$R_{\mathbb{C}}$
<i>Пластинка № 52 (серн)</i>					
346.2	54.110	300.2	.867	254.2	.842
345.2	.049	299.2	.850	253.2	.878
344.2	54.033	298.2	.884	252.2	.900
343.2	53.958	297.2	53.924	251.2	.811
342.2	54.016	296.2	54.006	250.2	.798
341.2	53.998	295.2	53.912	249.2	.868
340.2	53.989	294.2	.908	248.2	.817
339.2	54.020	293.2	.851	247.2	.818
338.2	53.985	292.2	.865	246.2	.795
337.2	.985	291.2	.826	245.2	.793
336.2	53.959	290.2	.835	244.2	.805
335.2	54.001	289.2	.798	243.2	.794
334.2	53.921	288.2	.819	242.2	.868
333.2	.948	287.2	.770	241.2	.900
332.2	.893	286.2	.822	240.2	.910
331.2	.904	285.2	.825	239.2	.894
330.2	.838	284.2	.832	238.2	.853
329.2	.881	283.2	.800	237.2	.827
328.2	.789	282.2	.802	236.2	.791
327.2	.795	281.2	.812	235.2	.812
326.2	.842	280.2	.797	234.2	.840
325.2	.799	279.2	.855	233.2	.864
324.2	.807	278.2	.856	232.2	.811
323.2	.855	277.2	.891	231.2	.865
322.2	.870	276.2	.862	230.2	.842
321.2	.835	275.2	.835	229.2	.825
320.2	.879	274.2	.845	228.2	.853
319.2	.852	273.2	.841	227.2	.843
318.2	.878	272.2	.797	226.2	.850
317.2	.954	271.2	.786	225.2	.833
316.2	53.988	270.2	.786	224.2	.820
315.2	54.007	269.2	.714	223.2	.879
314.2	53.967	268.2	.754	222.2	.859
313.2	.951	267.2	.803	221.2	.892
312.2	.950	266.2	.795	220.2	.856
311.2	.963	265.2	.798	219.2	.821
310.2	.991	264.2	.861	218.2	.880
309.2	.959	263.2	.854	217.2	.887
308.2	.982	262.2	.841	216.2	.882
307.2	.932	261.2	.852	215.2	.868
306.2	.953	260.2	.836	214.2	.860
305.2	.924	259.2	.881	213.2	.848
304.2	.938	258.2	.811	212.2	.890
303.2	.946	257.2	.855	211.2	.887
302.2	.910	256.2	.818	210.2	.849
301.2	.885	255.2	.834	209.2	.874

Продолжение табл. 2

<i>P</i>	<i>R_C</i>	<i>P</i>	<i>R_C</i>	<i>P</i>	<i>R_C</i>
208.2	.897	200.2	.944	193.2	.981
207.2	.903	199.2	.962	192.2	53.963
206.2	.878	198.2	.984	191.2	54.044
205.2	.894	197.2	.988	190.2	.041
204.2	.906	196.2	.937	189.2	.041
203.2	.932	195.2	.954	188.2	.064
202.2	.947	194.2	.882	187.2	54.126
201.2	.912				

Пластинка № 54 (серн)

344.4	54.173	307.4	.064	270.4	.737
343.4	.129	306.4	54.046	269.4	.756
342.4	.172	305.4	53.994	268.4	.794
341.4	.179	304.4	.988	267.4	.799
340.4	.205	303.4	.930	266.4	.786
339.4	.123	302.4	.913	265.4	.795
338.4	.166	301.4	.917	264.4	.798
337.4	.174	300.4	.926	263.4	.829
336.4	.110	299.4	.929	262.4	.877
335.4	.121	298.4	.914	261.4	.875
334.4	.053	297.4	.927	260.4	.906
333.4	.113	296.4	.907	259.4	.919
332.4	.045	295.4	.902	258.4	.918
331.4	54.014	294.4	.910	257.4	.888
330.4	53.972	293.4	.880	256.4	.877
329.4	.962	292.4	.888	255.4	.863
328.4	.957	291.4	.927	254.4	.868
327.4	.933	290.4	.899	253.4	.846
326.4	.914	289.4	.889	252.4	.889
325.4	.954	288.4	.880	251.4	.855
324.4	53.977	287.4	.874	250.4	.873
323.4	54.014	286.4	.869	249.4	.856
322.4	54.030	285.4	.862	248.4	.853
321.4	53.960	284.4	.845	247.4	.852
320.4	.948	283.4	.852	246.4	.873
319.4	53.969	282.4	.859	245.4	.838
318.4	54.031	281.4	.898	244.4	.861
317.4	.047	280.4	.901	243.4	.842
316.4	.034	279.4	.883	242.4	.869
315.4	.022	278.4	.872	241.4	.888
314.4	.003	277.4	.852	240.4	.871
313.4	.011	276.4	.848	239.4	.881
312.4	.041	275.4	.850	238.4	.834
311.4	.065	274.4	.899	237.4	.851
310.4	.021	273.4	.889	236.4	.842
309.4	.041	272.4	.822	235.4	.824
308.4	.025	271.4	.776	234.4	.901

Продолжение табл. 2

<i>P</i>	<i>R_C</i>	<i>P</i>	<i>R_C</i>	<i>P</i>	<i>R_C</i>
233.4	.888	218.4	.792	203.4	.830
232.4	.860	217.4	.833	202.4	.859
231.4	.842	216.4	.867	201.4	.905
230.4	.848	215.4	.847	200.4	.888
229.4	.854	214.4	.804	199.4	.917
228.4	.851	213.4	.800	198.4	.898
227.4	.838	212.4	.800	197.4	.955
226.4	.807	211.4	.796	196.4	.957
225.4	.800	210.4	.767	195.4	.942
224.4	.823	209.4	.800	194.4	.874
223.4	.811	208.4	.810	193.4	.936
222.4	.780	207.4	.808	192.4	53.966
221.4	.833	206.4	.851	191.4	54.016
220.4	.830	205.4	.796	190.4	.009
219.4	.792	204.4	.827	189.4	54.009

ОПРЕДЕЛЕНИЕ ПОПРАВОК КООРДИНАТ ЛУНЫ ПО НАБЛЮДЕНИЮ КОЛЬЦЕОБРАЗНОГО СОЛНЕЧНОГО ЗАТМЕНИЯ 20 МАЯ 1966 г.

И. М. Деменко, А. С. Дума, Д. П. Дума, В. С. Кислюк

При подготовке к наблюдениям солнечных затмений особое внимание уделяется установке трубы коронографа в заданном направлении. Для вычисления азимута известно несколько систем формул [1—4], пригодных для инструментов с подвижными объективами. Между тем в распоряжении экспедиции были коронографы с неподвижными объективами. В этих приборах отра-

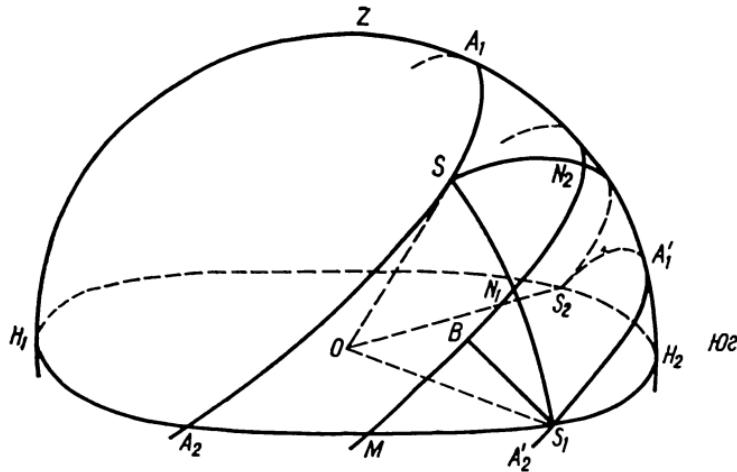


Рис. 1.

женный солнечный луч удерживался в неизменном горизонтальном направлении при помощи вращения плоского зеркала перед объективом вокруг оси, параллельной оси мира. Для вычисления азимута коронографа с неподвижным объективом предлагаем простые формулы.

При идеальной установке целостатного зеркала нормаль ON к нему всегда находится в плоскости небесного экватора MN_1N_2 (рис. 1). Поэтому луч от точки S со склонением $+\delta$ после отражения от зеркала пересечет небесную сферу в точке со склонением $-\delta$. Если A_1A_2 — суточная параллель точки S , то малый круг $A'_1A'_2$ будет ее отражением. При $\delta_S \leq 90^\circ - \varphi$ (φ — широта места наблюдения) малый круг $A'_1A'_2$ пересечет линию

горизонта в двух точках S_1 и S_2 , соответствующих двум положениям зеркала. Если Солнце будет в точке S , то для его наблюдения оптическую ось коронографа надо установить в одном из двух направлений: OS_1 или OS_2 . Азимут A коронографа вычисляется из прямоугольного сферического треугольника MS_1B , в котором $\angle BMS_1 = 90^\circ - \varphi$, $MS_1 = K = 90^\circ - A$, $BS_1 = |\delta|$. Искомая формула имеет вид

$$\cos A = \sec \varphi \sin (\delta_\odot + \Delta \delta_\odot), \quad (1)$$

где δ_\odot — геоцентрическое склонение Солнца в момент наблюдения; $\Delta \delta_\odot$ — поправка склонения за рефракцию.

Поправка $\Delta \delta_\odot$ вычисляется по известной формуле

$$\Delta \delta_\odot = \frac{k (\sin \varphi \cos \delta_\odot - \cos \varphi \sin \delta_\odot \cos t_\odot)}{\sin \varphi \sin \delta_\odot + \cos \varphi \cos \delta_\odot \cos t_\odot}, \quad (2)$$

которую для удобства вычислений лучше преобразовать к виду

$$\Delta \delta_\odot = \frac{k (\operatorname{ctg} \delta_\odot - \operatorname{ctg} \varphi \cos t_\odot)}{1 + \operatorname{ctg} \varphi \operatorname{ctg} \delta_\odot \cos t_\odot}. \quad (3)$$

Здесь k — коэффициент рефракции, t_\odot — часовой угол Солнца. Формула (1) дает два решения, но трубу коронографа направляют в ту часть неба (восточную или западную), где находится Солнце.

Так как Солнце движется не по параллели A_1A_2 , то его изображение на пластинке будет перемещаться по другой отличной от $A'_1A'_2$ дуге со скоростью

$$v = 2 v_\odot \sin \frac{\gamma}{2}, \quad (4)$$

где $v_\odot = 15F \cos \delta_\odot \sin 1'$ мм/мин — скорость движения изображения Солнца при неподвижном зеркале; F — фокусное расстояние объектива, мм; γ — угол на пластинке между направлением суточной параллели точки S и видимым направлением движения Солнца. Этот угол учитывает влияние рефракции и годового движения Солнца [2].

Еще до наблюдений необходимо знать величину смещения изображения Солнца на пластинке за время затмения. Если смещение от начала до конца затмения будет большим (Солнце уходит с пластинки), то азимут коронографа надо вычислять на середину затмения. В нашем случае азимут коронографов на середину затмения был равен $60^\circ 20'$.

Для определения поправок координат Луны по наблюдениям солнечного затмения существует несколько методов обработки наблюдений.

В одном из методов поправку координат вычисляют на основании разности между наблюденным и вычисленным моментами контактов дисков. Этот способ дает малую точность результатов, так как моменты контактов регистрируются неуверенно. Более точные результаты дают другие методы, когда измеряют ширину солнечного серпа вблизи линии центров или длину хорды, стягивающей концы солнечного серпа.

Поправки координат Луны определены нами на основании измерений ширины кольца. Выбор кольца целесообразен по следующим причинам.

1. Кольцо содержит больше диаметрально противоположных точек, чем серп, поэтому при измерении кольца обе координаты определяются с одинаковой точностью.

2. Угол положения линии центров Солнца и Луны изменяется в широких пределах вблизи наибольшей фазы, поэтому коэффициенты в условных уравнениях имеют разные знаки и величину, что необходимо для уверенного разделения неизвестных.

Для определения поправок координат Луны было отобрано 14 колец (семь пластинок и семь пленок), полученных на 12- и 10-метровом коронографах. Основные сведения о качестве наблюдательного материала содержатся в [10].

Негативы измерялись на микроскопе УИМ-22 в полярных координатах. При помощи трафарета с концентрическими окружностями и острой иглы на негативы наносилась марка по возможности ближе к центру Солнца. Пленки на предметном столе закреплялись между чистыми прозрачными стеклами. Центрировка негативов производилась так, чтобы при всех углах поворота негатива метка оставалась на кресте нитей. Измерения проводились только по одной продольной шкале с поворотом позиционного круга через 1 или 2° , начиная от конца кольца. На метку делалось два, на края Луны и Солнца — по четыре наведения. Снимки измерялись только при одном их положении на предметном столе.

Для вычисления поправок координат Луны необходимо иметь измеренное расстояние между центрами Солнца и Луны. Это расстояние было получено по измерениям ширины солнечного кольца следующим образом.

В прямоугольной системе координат xoy (o — центр Солнца, ось x направлена к северному полюсу, ось y — к востоку Луны)

координаты центра Луны Δx , Δy и ширина кольца Δh_i связаны соотношением

$$\Delta x \cos P + \Delta y \sin P + \Delta h_0 = \Delta h - \Delta h_i. \quad (5)$$

Позиционные углы P краевых точек, отсчитанные от северного полюса Луны, были получены по измеренным углам после отождествления негативного края Луны с лунными профилями Веймера [5]. В измеренную ширину кольца по пленкам была внесена поправка за искажение солнечного края [10].

Средняя толщина кольца определяется формулой

$$\Delta h = \frac{1}{n} \sum_{i=1}^n \Delta h_i, \quad (6)$$

где n — число измерений.

Расстояние σ_0 между центрами Солнца и Луны и угол положения Луны относительно Солнца P , отсчитываемый от круга склонений на восток, вычисляем по формулам

$$\begin{aligned} \sigma_0 &= \sqrt{\Delta x^2 + \Delta y^2}, \\ P &= \arctg \frac{\Delta y}{\Delta x} + C, \end{aligned} \quad (7)$$

где C — топоцентрический угол положения оси вращения Луны в момент наблюдения.

Для определения поправок координат Луны необходимо сравнить наблюдаемые и эфемеридные расстояния между центрами Солнца и Луны. С этой целью определяются эфемеридные положения Солнца и Луны на моменты наблюдений. Геоцентрические координаты их проинтерполированы непосредственно из Астрономического ежегодника СССР на 1966 г. Для перехода от всемирного времени к эфемеридному принята предварительная поправка $\Delta T = +35^s.86$. Другие поправки к эфемеридным значениям координат Солнца и Луны не вводились. Переход к топоцентрическим положениям выполнен по известным формулам учета параллакса.

Для справки приведем некоторые величины, которые были использованы при вычислениях:

кольцеобразная фаза	$T = 11^h 06^m 46^s.48;$
тогоцентрическая либрация	$l' = -5^\circ.89;$ $b' = -0^\circ.06;$

тогоцентрический угол положения оси вращения Луны	$c' = -11^\circ.06;$
тогоцентрические радиусы	$R_{\odot}' = 949''.78;$ $R_{\mathbb{C}} = 941''.97;$
зенитные расстояния	$z_{\odot} = 59^\circ 45' 13''.80;$ $z_{\mathbb{C}} = 59^\circ 45' 15''.71;$
параллактический угол	$q_{\odot} = 47^\circ 51' 49''.44;$ $q_{\mathbb{C}} = 47^\circ 51' 50''.00;$
частная фаза (54-я пленка)	$T = 11^h 23^m 26^s.77;$
тогоцентрический радиус	$R_{\mathbb{C}}' = 941''.42;$
зенитное расстояние	$z_{\mathbb{C}} = 62^\circ 33' 04''.65;$
параллактический угол	$q_{\mathbb{C}} = 47^\circ 54' 04''.63;$
давление	$B = 727.5 \text{ мм рт. ст.};$
температура	$t = +23^\circ.0 \text{ С.}$

Таблица 1

Полярные координаты Луны

№ п/п	№ снимка	T	$P_{\mathbb{C}}$	σ_0	σ_c	$\Delta\sigma$
----------	-------------	-----	------------------	------------	------------	----------------

Пластинки

1	32	$11^h 06^m 36.95$	$271^\circ 53.6'$	5.747	7.487	-1.740
2	34	42.84	$280^\circ 54.0$	4.162	5.115	-0.953
3	35	46.48	$290^\circ 53.5$	2.009	3.713	-1.704
				2.016	2.256	-1.697
					2.256	-1.457
4	36	49.31	$304^\circ 59.0$	1.450	2.764	-1.314
5	38	56.24	$17^\circ 28.5$	2.873	2.331	$+0.542$
6	39	59.14	$36^\circ 35.4$	3.611	3.383	$+0.228$
7	40	$07^\circ 01.64$	$46^\circ 11.8$	4.231	4.187	$+0.044$

Пленки

8	66	$11^\circ 06' 39.415$	$275^\circ 05.8$	6.682	6.497	$+0.192$
9	67	43.163	$281^\circ 13.0$	5.610	4.992	$+0.618$
10	68	47.276	$294^\circ 23.2$	3.589	3.403	$+0.186$
11	69	53.180	$343^\circ 30.9$	1.759	2.104	-0.345
12	70	56.948	$23^\circ 41.0$	2.691	2.558	$+0.133$
13	71	$07^\circ 00.680$	$43^\circ 43.6$	4.521	3.940	$+0.581$
14	72	04.394	$54^\circ 15.2$	6.388	5.260	$+1.128$

Результаты эфемеридных вычислений приведены в табл. 1, в которой приняты обозначения: $T = UT + \Delta T$ — время середины экспозиции; $P_{\mathbb{C}}$ — угол положения Луны относительно Солнца;

σ_0 , σ_c — расстояние между центрами Солнца и Луны по наблюдениям и эфемериде; $\Delta\sigma = \sigma_0 - \sigma_c$.

На рис. 2 показан путь центра Луны по диску Солнца. Здесь 1 — эфемеридный путь; 2 — видимый путь (12-метровый коронограф, (●)), 3 — видимый путь (10-метровый коронограф, (○)). Как видно, сходимость результатов удовлетворительная.

Поправки координат Луны вычислялись по достаточно строгим формулам

$$\frac{\cos \delta_{\mathbb{C}}}{f \sin P_{\mathbb{C}}} - \Delta\alpha_{\mathbb{C}} - \sigma_0 \zeta = \sigma_0 - \sigma_c; \quad (8)$$

$$\frac{1}{f \cos P_{\mathbb{C}}} \Delta\delta_{\mathbb{C}} - \sigma_0 \zeta = \sigma_0 - \sigma_c, \quad (9)$$

где $\Delta\alpha_{\mathbb{C}}$, $\Delta\delta_{\mathbb{C}}$ — искомые поправки прямых восхождений и склонений Луны; ζ — поправка принятого масштаба негативов (в 1 мм $17''.362$ для пластинок и $20''.640$ для пленок) $f = 0.99153$ — коэффициент перехода от топоцентрических к геоцентрическим координатам.

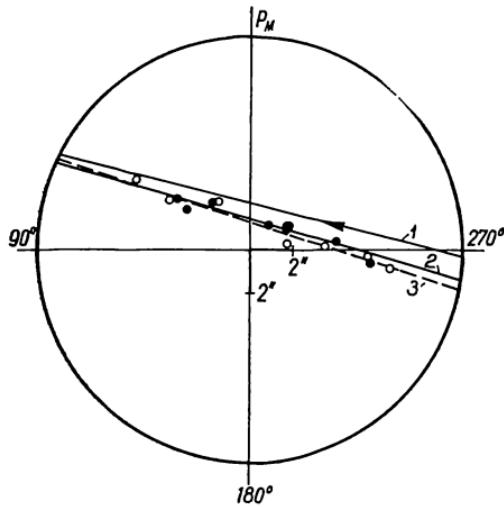


Рис. 2.

настоящей работе почти на порядок выше, чем в работах [6—9]. Это объясняется тем, что нами обработаны кольца, охватывающие более длинные дуги лунного края, чем используемые для этой же цели в [6—9] серпы. При обработке серпов центр Луны определяется по половине видимого диска Луны, вследствие чего координаты центра фигуры для разных снимков не совпадают.

Решение условных уравнений (8) и (9) по данным табл. 1 приведено в табл. 2.

Для общего ряда наблюдений (пластинки и пленки) обе системы уравнений (8) и (9) были объединены в одну, а всем условным уравнениям приписан одинаковый вес.

Анализ поправок приводит к таким выводам.

1. Точность определения поправок координат Луны в

Когда при решении уравнений все серпы объединяются в один ряд, то из-за неучтеної восточно-западной асимметрии лунного диска определение поправок координат становится менее надежным, чем при обработке кольца.

Таблица 2

Поправки координат Луны

Коор-динаты	Пластинки	Пленки	Пластинки и пленки
$\Delta\alpha_{\odot}$	$+0.^s039 \pm 0.^s008$	$+0.^s008 \pm 0.^s003$	$+0.^s021 \pm 0.^s009$
$\Delta\delta_{\odot}$	$-0.^s04 \pm 0.^s03$	$-0.^s10 \pm 0.^s01$	$-0.^s06 \pm 0.^s03$
$\Delta\lambda_{\odot}$	$+0.52 \pm 0.11$	$+0.09 \pm 0.01$	$+0.28 \pm 0.13$
$\Delta\beta_{\odot}$	-0.16 ± 0.01	-0.12 ± 0.01	-0.12 ± 0.01
ζ_8	$+0.24 \pm 0.05$	-0.10 ± 0.02	-0.01 ± 0.04
ζ_9	$+0.12 \pm 0.15$	-0.18 ± 0.01	
σ_8	± 0.52	± 0.22	
σ_9	± 1.10	± 0.08	± 0.91

2. Из табл. 2 следует, что поправки координат Луны по пластинкам определены менее точно, чем по пленкам, и не согласуются между собой. Это можно объяснить следующими обстоятельствами.

Кольца на 12- и 10-метровом коронографах неполные и охватывают соответственно край на протяжении $311^{\circ} - 0^{\circ} - 210^{\circ}$ и $356^{\circ} - 0^{\circ} - 247^{\circ}$. Ввиду несимметрии Луны найденные центры вероятнейших окружностей не будут совпадать. Последнее отразится на сходимости поправок координат.

Регистрация моментов времени на 12- и 10-метровом коронографах осуществлялась соответственно печатающим и маркопечатающим хронографами. Во время кольцеобразной фазы, когда вся аппаратура работала с максимальной нагрузкой, напряжение в электросети немного упало. На слух было замечено, что мотор печатающего хронографа не всегда работал в нужном режиме. Возможно скорость вращения барабанов хронографа не сохранялась постоянной. Изменение хода хронографа было учтено линейным интерполированием, поэтому моменты экспозиции могут быть ошибочными.

На ленте маркопечатающего хронографа имеются секундные контакты, поэтому ошибки в моментах экспозиций, вызванные описанными выше причинами, практически отсутствуют. В связи

с этим результаты по материалам 10-метрового коронографа следует считать более надежными.

3. В Астрономическом ежегоднике СССР за 1966 г. в качестве предварительного значения для 1966 г. приводится величина поправки эфемеридного времени $\Delta T = 35^s.0$.

На основании наблюдений солнечного затмения для 20 мая 1966 г. получены поправки:

12-метровый коронограф

$$\Delta T = 36^s.89 \pm 0^s.24;$$

10-метровый коронограф

$$\Delta T = 36^s.07 \pm 0^s.09;$$

общий результат:

$$\Delta T = +36^s.42 \pm 0^s.27.$$

Все значения ΔT включают поправки к эфемериде Солнца и Луны.

ЛИТЕРАТУРА

1. Всехсвятский С. К., Бугославская Е. Я., Дейч А. Н. — В кн.: Труды экспедиций по наблюдению полного солнечного затмения 19 июня 1936 г. Изд-во АН СССР, М.—Л., 1938, 1.
2. Ленгауэр Г. Г. — В кн.: Труды экспедиций по наблюдению полного солнечного затмения 19 июня 1936 г. Изд-во АН СССР, М.—Л., 1939, 2, 123.
3. Бугославская Е. Я. — В кн.: Труды ГАИШ, 1950, 19.
4. Маринбах А. Б. Бюлл. ВАГО, 32 (39), Изд-во АН СССР, М., 1962.
5. Weitemeier Th. Atlas de profils lunaris, Paris, 1952.
6. Ленгауэр Г. Г. — В кн.: Труды экспедиций по наблюдению полного солнечного затмения 19 июня 1936 г. Изд-во АН СССР, М.—Л., 1939, 2, 129.
7. Гусев Н. Г. — В кн.: Труды экспедиций по наблюдению полного солнечного затмения 21 сентября 1941 г. Изд-во АН СССР, М.—Л., 1949.
8. Всехсвятский С. К., Ильинский И. И. — В кн.: Труды экспедиций по наблюдению полного солнечного затмения 21 сентября 1941 г. Изд-во АН СССР, М.—Л., 1949, 262.
9. Гаврилов И. В., Колчинский И. Г. Полные солнечные затмения 25 февраля 1952 г. и 30 июня 1954 г. — В кн.: Труды экспедиций. Изд-во АН СССР, М., 1958.
10. Деменко И. М., Дума А. С., Дума Д. П. Профиль Луны по наблюдениям кольцеобразного затмения 20 мая 1966 г. (см. настоящий сборник).

DETERMINATION OF CORRECTIONS OF THE LUNAR COORDINATES
FROM THE ANNULAR SOLAR ECLIPSE ON MAY 20, 1966.

DEMENKO I. M., DUMA A. S., DUMA D. P., KISLJUK V. S.

S u m m a r y

The correction of the Lunar coordinates were obtained from 14 photographs of the solar ring (7 plates and 7 films) taken with the 12m and 10m coronographs: $\Delta\alpha_{\zeta} = +0^s.021 \pm 0^s.009$, $\Delta\delta_{\zeta} = -0''.06 \pm 0''.03$.

The ephemeris time corrections for 1966 is determined.

$$\Delta T = +36^s.42.$$

A formula is deduced for calculation of azimuth of coronograph with a stable objective.

ТОЧНОСТЬ ОПРЕДЕЛЕНИЯ КООРДИНАТ МЕСТА И МОМЕНТОВ НАБЛЮДЕНИЯ КОЛЬЦЕОБРАЗНОГО СОЛНЕЧНОГО ЗАТМЕНИЯ 20 МАЯ 1966 г.

Н. А. Василенко

Полоса кольцеобразного солнечного затмения 20 мая 1966 г. на территории Советского Союза проходила через южные области Казахстана, Северный Кавказ, Черное море и по предварительным вычислениям не превышала 22 км в ширину. Небольшие размеры полосы видимой кольцеобразной фазы (и сама продолжительность фазы) наложили некоторые ограничения в выборе места наблюдений. После обследования намеченного участка полосы для наблюдений был выбран поселок Ойтаган Аксуского района Алма-Атинской области. Площадка для наблюдений выбиралась с помощью топографической карты крупного масштаба. Оборудование и инструменты экспедиции были расположены на левом берегу реки Аксу в 300 м к востоку от поселка. Район работы экспедиции представляет полупустынную равнинную местность с весьма скучным растительным покровом. В 3—4 км к северу и к западу от площадки просматривались пески южного Прибалхашья (Ишикотрау).

Для определения координат места и моментов наблюдения солнечного затмения экспедиция была снабжена универсальным инструментом УВ 2"/2" ЭОМЗ ЦНИИГАиК, двумя морскими хронометрами 2-го класса марки 6 МХ (звездным № 8626 и средним № 1141), двумя хронографами (цифропечатающим и маркопечатающим), всеволновым приемником типа ПРВ, импульсной приставкой для автоматического приема радиосигналов точного времени, барометром-анероидом и термометрами.

По прибытии оборудования в поле с 1 мая был организован прием секундных сигналов для исследования хода хронометров. Приемник, хронометры и цифропечатающий хронограф были размещены в специально оборудованной палатке, защищенной от воздействия лучей Солнца навесом из листов фанеры, а от ветра — стеной старого строения. Для исключения воздействия резкого изменения температуры при изменении погоды и смене дня и ночи хронометры устанавливались на войлочную подкладку. Вариации двухчасового хода с изменением температуры для обоих хронометров не превышали 0°.1. Прием секундных сигналов производили с помощью импульсной приставки на ленту хронографа. Расшифровка хронографической ленты

производилась с точностью до $0^{\circ}.01$. Регистрация моментов затмения на 12-метровом коронографе выполнялась с помощью цифропечатающего хронографа, на ленту которого в начале и в конце наблюдений были принятые секундные сигналы точного времени. Моменты наблюдения на 10-метровом коронографе хронометрировались на звездный хронометр с помощью маркопечатающего хронографа. Лента расшифровывалась на специальном измерительном устройстве с точностью до $0^{\circ}.01$. Сигналы точного времени принимались от станции РВМ (Москва). Ниже приведены моменты приема сигналов и определения поправок хронометров в период наблюдения солнечного затмения.

Время местное	Вид операции
14 ^h 24 ^m	Прием сигналов
14 28	Определение поправки хронометра № 1141
14 34	Определение поправки хронометра № 8626
15 29	Определение поправки хронометра № 1141
15 33	Определение поправки хронометра № 8626
16 07	Прием сигналов
17 54	Прием сигналов
18 08	Определение поправки хронометра № 8626
18 21	Прием сигналов
18 25	Определение поправки хронометра № 8626
18 33	Определение поправки хронометра № 1141

Определение астропункта производилось на кирпичном столбе размером над поверхностью земли $50 \times 50 \times 120$ см и ниже поверхности $60 \times 60 \times 100$ см.

Для определения поправки часов наблюдалась 23 пары Цингера. В течение двух вечеров было определено три долготы по программе А § 209 инструкции ГУГК [1]. Моменты прохождения регистрировались на ленте хронографа способом «глаз-клавиша». Окончательное значение долготы получено со средней квадратической ошибкой $\sigma_\lambda = \pm 0^{\circ}.02$.

Широта определялась в течение трех вечеров, наблюдалась 20 пар Талькотта на постоянных нитях. Окончательное значение широты получено из уравнительных вычислений. При уравнивании широты определялась поправка в принятое значение цены оборота окулярного микрометра в момент наблюдения ($\Delta R = -0''.132$) и поправка на среднее значение широты ($\Delta\phi = -0''.233$). Уравненное значение широты получено с весом $P_\phi = 9.2$ при допустимом для данного инструмента $P_{\phi \text{ пред}} = 3.2$,

что свидетельствует об удачном составлении общей программы пар Талькотта.

Средняя квадратическая ошибка определения широты астропункта по внутренней сходимости результатов отдельных пар $\sigma_\varphi = \pm 0''.95$. Окончательное (уравненное) значение широты получено со средней квадратической ошибкой $\sigma_\varphi = \pm 0''.31$. Обработка определений долготы и широты астропункта произведена по стандартным схемам, приведенным в табл. 59 и 80 [2]. Привязка коронографов произведена полярным способом по измеренным расстояниям и азимутам между астропунктом и объектами коронографов (для 12-метрового $d=47$ м, $A=166^\circ$, для 10-метрового $d=50$ м, $A=167^\circ$).

Таким образом координаты места расположения коронографов определены с ошибками

$$\text{в широте } \sigma_\varphi = \pm 0''.31,$$

$$\text{в долготе } \sigma_\lambda = \pm 0^s.02.$$

При этом учтено, что точность привязки коронографов к астропункту была достаточно высокая и не могла увеличить ошибок σ_φ и σ_λ , соответствующих координатам астропункта.

ЛИТЕРАТУРА

1. Инструкция о построении государственной геодезической сети Союза ССР, Геодезиздат, М., 1961.
2. Труды ЦНИИГАиК, 148, Геодезиздат, М., 1962.

DETERMINATION ACCURACY OF COORDINATES OF THE SITE
AND MOMENTS OF OBSERVATIONS OF THE ANNULAR
SOLAR ECLIPSE ON MAY 20, 1966

VASILENKO N. A.

Summary

Determination is given on the site coordinates and observation moments of the annular solar eclipse on May 20, 1966. The observations were carried out by the expedition of the Main Astronomical Observatory of the Academy of Sciences of the Ukr. SSR in Kazakhstan.

Coordinates of the site were obtained with the help of a 2" universal instrument by the Talkott and Zinger methods. The errors are:

$$\sigma_\varphi = \pm 0''.31;$$

$$\sigma_\lambda = \pm 0^s.02.$$

Moments of observations were determined with a chronograph, the accuracy being $0^s.01$.

ОПИСАНИЕ БЫСТРОДЕЙСТВУЮЩЕЙ КАССЕТЫ И ЗАТВОРА ДЛЯ НАБЛЮДЕНИЯ КОЛЬЦЕОБРАЗНОГО СОЛНЕЧНОГО ЗАТМЕНИЯ 20 МАЯ 1966 г.

К. Е. Скорик

Перед астрометрической экспедицией Главной астрономической обсерватории по наблюдению кольцеобразного солнечного затмения 20 мая 1966 г. ставилась задача получить как можно больше снимков на протяжении всего затмения с 1-го до 4-го контактов, а также, и это основное, в моменты кольцеобразной фазы. Это выдвигало повышенные требования к быстродействию астрономических инструментов, а именно:

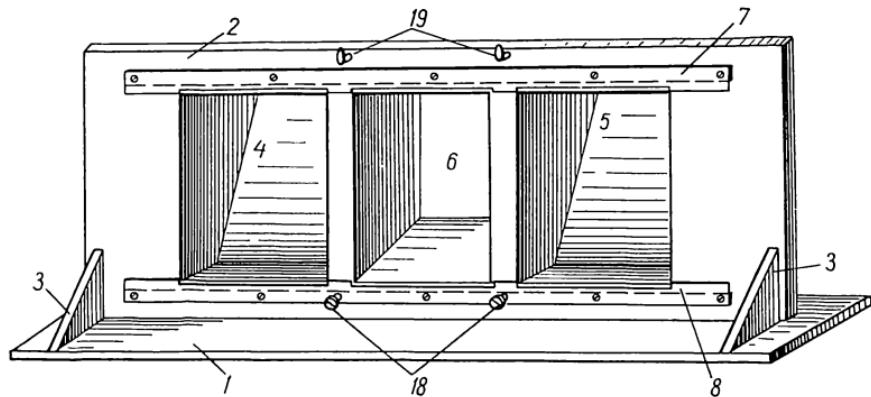


Рис. 1.

а) укомплектование наблюдательных инструментов быстродействующими кассетами для работы с фотопластинками размером 18×24 см и скоростью перезарядки менее 1 сек;

б) большая емкость кассеты (25—30 фотопластинок) для получения необходимого количества снимков;

в) быстродействующие затворы для данного размера фотопластинок с экспозициями от $\frac{1}{50}$ до $\frac{1}{1000}$ сек и меньше.

Промышленных образцов кассет и затворов, удовлетворяющих поставленным задачам, в нашем распоряжении не было, поэтому для данной экспедиции экспериментально-механической

мастерской ГАО АН УССР были разработаны и изготовлены нужные кассеты и затворы, описание которых приводится ниже.

Кассетная часть. Основание кассетной части 1 и вертикальная плата 2, на которой выполнен монтаж подвижных частей кас-

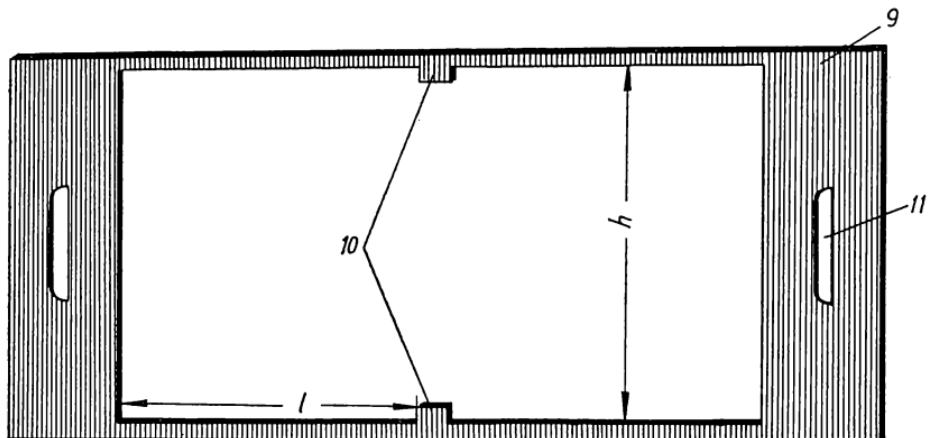


Рис. 2.

сеты, изготовлены из 20-миллиметровой фанеры, скрепленных между собой угольниками 3 (рис. 1). Вертикальная плата 2 имеет три отверстия, два из которых, размером 19×25 см, закрыты приемными карманами 4 и 5, а третье входное отверстие 6 размером 17×23 см. Выше и ниже отверстий установлены направляющие 7 и 8, в которых движется рамка 9 (рис. 2), имеющая два захватывающих зуба 10.

Толщина рамки должна быть на 0.3—0.5 мм тоньше применяемых фотопластинок. Высота рамки h соответствует одному из размеров фотопластинки, а ширина l на 4 мм больше второго размера пластиинки. Рамка имеет ручки 11 для передвижения ее в направляющих. Зарядка фотопластинок производится в кассету 12 (рис. 3). Кассета изготовлена из дюралюминия, имеет крепежные планки 13 и подвижное внутреннее дно 14 (показано пунктиром). Пружины 15,

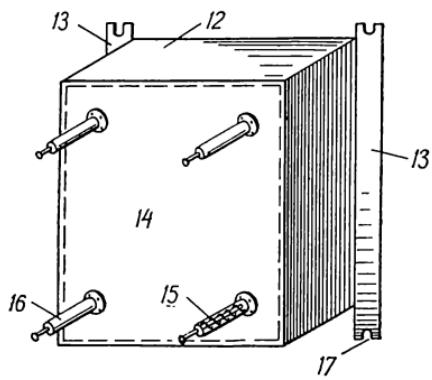


Рис. 3.

пра-
пластинок производится в кассету 12 (рис. 3). Кассета изго-
тавлена из дюралюминия, имеет крепежные планки 13 и подвиж-
ное внутреннее дно 14 (показано пунктиром). Пружины 15,

которые установлены в направляющих втулках 16, прижимают подвижное дно к вертикальной плате 2 (см. рис. 1), устанавливаемой в фокальной плоскости объектива. По периметру платы 2 прибит чехол из черного материала с двумя рукавами для работы наблюдателя. Если кассетная часть установлена в павильоне, матерчатая светозащита не нужна.

Зарядка кассеты и ее работа происходит следующим образом. 25—30 фотопластинок (для одной зарядки) предварительно об-

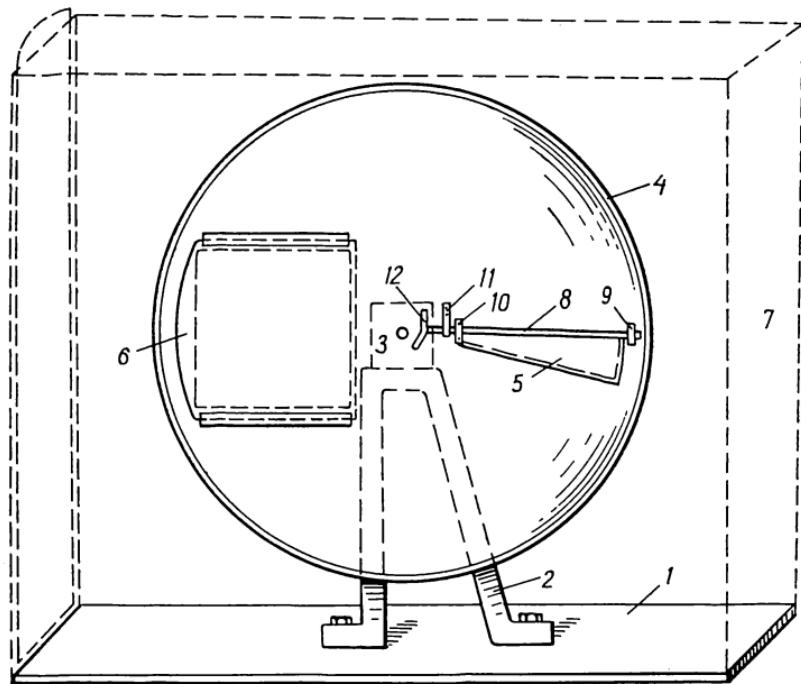


Рис. 4.

клеиваются черной бумагой со стороны противоурейного слоя и вкладываются в кассету 12, пружины 15 при этом сжимаются. Затем кассета нижними ушками 17 устанавливается на винты 18 и сверху крепится барабанами 19 (см. рис. 1). Рамка 9 должна находиться при этом в крайнем левом или правом положении. После экспозиции наблюдатель передвигает рамку из одного крайнего положения в другое, зубья 10 захватывают экспонированную фотопластинку, которая затем попадает в один из приемных карманов 4 или 5, а в фокальной плоскости установлен-

вается следующая фотопластиинка. При продвижении рамки 9 в обратном направлении перезарядка повторяется. Производительность работы такой кассеты довольно высокая. На экспонирование 30-ти фотопластиинок с малыми экспозициями требуется меньше одной минуты времени. Неудобством при работе с кассетой является то, что перед наблюдениями необходима предварительная подготовка фотопластиинок.

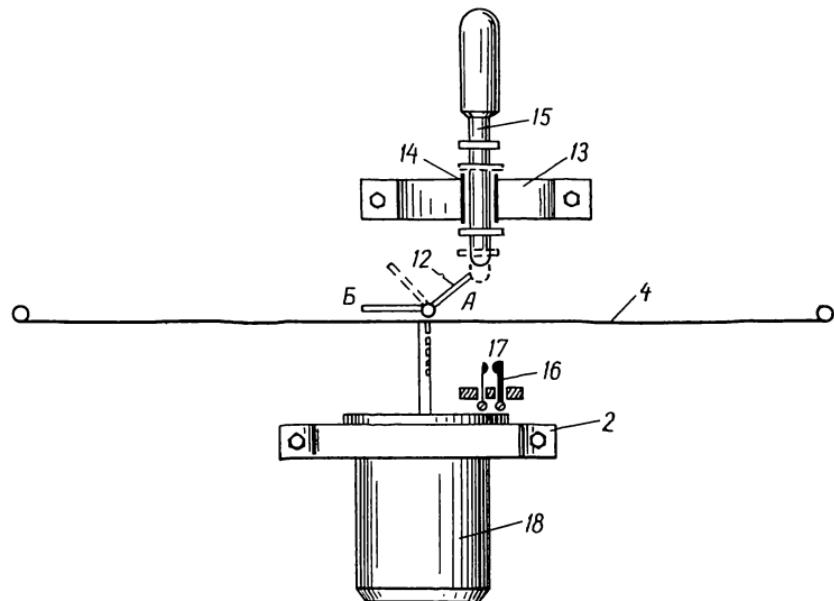


Рис. 5.

Затвор. На горизонтальной панели 1 (рис. 4) крепится кронштейн 2, изготовленный из угловой стали 30×30 мм. В верхней части кронштейна крепится мотор 3, на вал которого насажен диск 4 диаметром 750 мм, изготовленный из дюралюминия толщиной 0.5 мм, по периметру забортован стальной проволокой для придания необходимой жесткости. Диск имеет два отверстия: одно в виде регулируемого сектора от 0 до 5° и закрывающегося так же формы флагжком 5; второе — прямоугольной формы размером 18×24 см, закрываемое шторкой 6 и необходимое при фокусировке и наладке коронографа. После сборки диск динамически балансируется. Затвор закрывается светонепроницаемым ящиком 7 и соединяется с кассетной частью и трубой

коронографа матерчатыми рукавами. Затвор устанавливается в непосредственной близости от кассетной части на отдельном фундаменте во избежание передачи вибраций на кассетную часть коронографа. Флажок 5 прикреплен к оси 8, которая вращается в двух бронзовых подшипниках 9 и 10. Конец оси флажка, обращенный к центру диска, имеет в сечении квадрат, охватываемый двумя плоскими пружинами 11. Таким образом флажок надежно фиксируется в двух положениях: а) затвор закрыт и б) затвор открыт (флажок стоит перпендикулярно к плоскости диска). На самом конце оси 8 укреплен двухплечий рычаг 12 (рис. 5 вид сверху), с помощью которого осуществляется поворот флажка. По другую сторону диска установлена стойка 13, имеющая бронзовую втулку 14, в которой свободно перемещается шток 15.

Работа затвора происходит следующим образом: флажок 5 при вращении диска закрыт. Чтобы произвести экспозицию, необходимо кратковременно нажать шток 15, при этом он займет положение, указанное на рис. 5 пунктиром. Конец двухплечего рычага *A*, набегая на конец штока, начнет отклоняться и поворачивать ось 8, одновременно рычаг оттолкнет шток и возвратит его в исходное положение. Двухплечий рычаг 12 займет положение, указанное пунктиром, при этом сектор окажется открытым и произойдет экспозиция. Как только сектор пройдет фотопластинку, второй конец двухплечего рычага *B*, набегая на штырь 16, повернет ось 8 и флажок закроет отверстие в диске. Одновременно произойдет замыкание контактов 17, подключенных к печатающему хронографу, и на ленте отпечатается момент конца экспозиции. При следующей экспозиции процесс повторяется. Величина сектора в процессе наблюдения не меняется, а экспозицию можно изменять, регулируя скорость вращения диска. Электромотор 18 шунтового типа напряжением 24 в питался от выпрямителя ВСА-5 через феррорезонансный стабилизатор С-0.7. Скорость вращения диска регулировалась изменением питающего напряжения. При определенном подборе величины сектора

и скорости вращения диска получались экспозиции в $\frac{1}{1000}$ сек

и меньше.

Описанные выше кассета и затвор использовались при наблюдении кольцеобразного солнечного затмения и оказались удобными в эксплуатации, надежными в работе.

DESCRIPTION OF A QUICK-OPERATING PLATE-HOLDER
AND SHUTTER FOR OBSERVATIONS
OF THE ANNULAR SOLAR ECLIPSE
ON MAY 20, 1966

SKORIK K. E.

Summary

The mechanism and run of a quick-operating plate-holder and shutter used by the expedition of the Main Astronomical Observatory of the Academy of Sciences of the Ukr. SSR for observations of the annular solar eclipse are given.

Exposing of 30 plates takes not more than a minute. The shutter permits to obtain an exposure up to one millisecond and even shorter.

СОДЕРЖАНИЕ

От редакционной коллегии	5
Предисловие	7
Деменко И. М., Дума А. С., Дума Д. П., Профиль Луны по наблюдениям кольцеобразного затмения 20 мая 1966 г.	9
Деменко И. М., Дума А. С., Дума Д. П., Кислюк В. С., Определение поправок координат Луны по наблюдению кольцеобразного солнечного затмения 20 мая 1966 г.	67
Василенко Н. А., Точность определения коор- динат места и моментов наблюдения кольцеобраз- ного солнечного затмения 20 мая 1966 г.	76
Скорик К. Е., Описание быстродействующей кассеты и затвора для наблюдения кольцеобраз- ного солнечного затмения 20 мая 1966 г.	79

*Печатается по постановлению Ученого совета
Главной астрономической обсерватории АН
УССР и редакционной коллегии*

Редактор Н. М. Игнатович
Художественный редактор И. П. Антонюк
Оформление художника А. Г. Комяхова
Технический редактор В. Н. Куренной
Корректор Л. К. Артемьева

БФ 02000. Зак. № 1180. Изд. № 600. Тираж 900.
Бумага № 2. Формат 60×84¹/₁₆. Печ. физ.
листов 5,5. Условн. печ. листов 4,88. Учетно-
изд. листов 5,32. Подписано к печати
15. X 1968 г. Цена 46 коп.

Издательство «Наукова думка», Киев, Репина, 3.

Областная книжная типография Львовского
областного управления по печати, Львов,
Стефаника, 11.

Краткий астрономический календарь (1969 г.).
Язык украинский. 10 л. Цена 70 коп.

«Краткий астрономический календарь (1969 г.)» состоит из двух частей. В первой части (справочной) помещены сведения о времени восхода и заката Солнца, положении планет и условиях их видимости, поправки времени восхода и заката Солнца для разных широт Украины. Пользуясь календарем, можно точно определить, когда начнется и закончится затмение Солнца и Луны.

Во второй части известные ученые рассказывают о новейших достижениях астрономической науки, о ее развитии в нашей республике за 50 лет Советской власти.

Помещены также рассказы о квазирах — загадочных объектах Вселенной, комете Икейя-Секи, 13-ом Международном Астрономическом конгрессе в Праге, список научно-популярной литературы по астрономии и космонавтике. Календарь содержит оригинальные иллюстрации.

Рассчитан на астрономов-amatоров, лекторов. Может служить пособием на практических занятиях по астрономии в средних школах и вузах.

Гаврилов И. В. Фигура и размеры Луны.
Ответственный редактор член-корр. АН УССР Е. П. Федоров. Язык русский. 10 л. Цена 1 руб. 10 коп.

Характеристики фигуры Луны играют важную роль при решении многих теоретических и практических задач, связанных с всесторонним изучением ее как ближайшей цели межпланетных полетов. Монография посвящена теории и практике современных астрономичес-

ких измерений Луны и определению наиболее достоверных величин, характеризующих ее фигуру и размеры.

Выведенные из наблюдений параметры фигуры сопоставляются с соответствующими теоретическими данными. Обсуждаются также вопросы физической интерпретации полученных результатов. Впервые собраны и подвергнуты анализу и систематизации все основные результаты измерений Луны.

Книга рассчитана на астрономов, геофизиков и научных работников смежных специальностей, занимающихся космическими исследованиями. Она будет полезна также аспирантам и студентам старших курсов соответствующих специальностей.

Каталог величин В и V 12000 звезд. Ответственный редактор кандидат физико-математических наук Л. Н. Колесник. Язык русский. 22 л. Ц. 2 руб. 5 коп.

Каталог содержит звездные величины В и V до 15^т (V) для 7 выбранных областей Млечного Пути. Эти данные предназначаются для статистических исследований структуры Галактики.

Рассчитан на научных работников, специалистов в области звездной астрономии, преподавателей, аспирантов и студентов вузов.

Предварительные заказы принимают все книжные магазины книготоргов, потребительской кооперации, а также магазин издательства «Наукова думка» [Киев—1, ул. Кирова, 4]. После выхода заказанных книг из печати наш магазин вышлет их Вам наложенным платежом.