

Міністерство вищої і середньої спеціальної освіти УРСР
ПРАЦІ ОДЕСЬКОГО ДЕРЖАВНОГО УНІВЕРСИТЕТУ
Рік ХСV ім. І. І. МЕЧНИКОВА Том 149

ВІСТІ
АСТРОНОМІЧНОЇ
ОБСЕРВАТОРІЇ

ТОМ V
ВИП. 1

ОДЕСА
1959

Министерство высшего и среднего специального образования УССР
ТРУДЫ ОДЕССКОГО ГОСУДАРСТВЕННОГО УНИВЕРСИТЕТА
год ХСV им. И. И. МЕЧНИКОВА том 149

ИЗВЕСТИЯ
АСТРОНОМИЧЕСКОЙ
ОБСЕРВАТОРИИ

ТОМ V
ВЫП. 1

ОДЕССА
1959

**ОБ УЧАСТИИ
ОДЕССКОЙ АСТРОНОМИЧЕСКОЙ ОБСЕРВАТОРИИ
В ВЫПОЛНЕНИИ ПРОГРАММЫ
МЕЖДУНАРОДНОГО ГЕОФИЗИЧЕСКОГО ГОДА**

В. П. ЦЕСЕВИЧ

Международный Геофизический Год, перешедший после окончания в Международное Геофизическое Сотрудничество — огромный комплекс исследовательских работ, основная цель которых состоит в изучении свойств Земли как планеты и влияния на нее космических факторов.

Среди многих проблем, входящих в программу МГГ и МГС, одна связана с изучением метеоров. Метеоры — важный фактор, вызывающий ионизацию атмосферы. Поэтому при исследовании ионосферы совершенно необходимо знать, какую долю энергии вносят метеорные тела, влетающие в нашу атмосферу из Космоса. Исследование же движения метеора в атмосфере является также средством изучения состояния верхних слоев атмосферы.

Исследование метеоров производится следующими способами. Во-первых, статистика приходящих на Землю метеоров ведется радиолокационными методами. Во-вторых, изучение траекторий ярких метеоров производится фотографическим путем. В-третьих, статистические исследования метеоров, в том числе и телескопических, можно и следует производить также и визуально. И, наконец, в-четвертых, визуальные наблюдения дрейфов метеорных следов позволяют установить направление и скорость ветров в ионосфере.

Весь этот комплекс исследований был включен в программу МГГ. В его реализации принял участие ряд учреждений.

Радиолокационные наблюдения велись во всех организациях, проводивших исследования по данной программе: главную роль в налаживании этих исследований играли Казанский университет, Харьковский и Томский политехнические институты. Коллективы этих учреждений, под руководством доцентов К. В. Костылева (Казань), Б. Л. Кашеева (Харьков) и Е. И. Фиалко (Томск) разработали оригинальную аппаратуру, которая позволила выполнить всю сложную работу. Здесь же были поставлены систематические наблюдения над радиоэхо метеоров. В Харьковском же политехническом институте в добавление к программе МГГ и МГС были поставлены

РЕДАКЦИОННАЯ КОЛЛЕГИЯ:

*чл.-корр. АН УССР, проф. В. П. ЦЕСЕВИЧ
(ответственный редактор),
доц. И. С. АСТАПОВИЧ, доц. А. М. ШУЛЬБЕРГ,
Р. Л. ДРЕЙЗИН.*

определения скоростей метеоров радиометодами. Кроме того, произведены исследования структуры метеорных потоков. Остальные станции — Киевская, Ашхабадская, Сталинабадская и Одесская — вели обычную служебную регистрацию метеорной активности на волне с длиной равной 4 метрам.

Результаты всех этих наблюдений использовались для составления сводок метеорной активности в соответствии с календарем МГГ. Подсчитывалось количество зарегистрированных радио-эхо по часовым интервалам.

Все материалы концентрировались в Астрономической обсерватории Одесского государственного университета им. И. И. Мечникова, которая выделена в качестве головного учреждения по проблеме изучения метеоров во время МГГ и МГС. Здесь они сопоставлялись, и составлялись месячные сводки, которые затем направлялись в Мировой Центр Данных. На основе всех этих материалов составлен общий сводный Каталог метеорной активности во время МГГ, который подготовлен к опубликованию.

Однако, описанные работы еще не являются обработкой огромного, полученного в СССР наблюдательного материала. Нужно было построить теорию такой обработки. Это было выполнено, и одна из публикуемых статей является изложением этой теории.

Фотографические исследования метеоров поставлены в Институте астрофизики АН Таджикской ССР, в Институте физики и геофизики АН Туркменской ССР и в Астрономических обсерваториях Киевского и Одесского университетов. Был разработан типовой метеорный патруль изобретенный сотрудником обсерватории Е. Н. Крамером. К началу МГГ одесским заводом «КИНАП» были изготовлены четыре таких стандартных патруля, которые и работают до настоящего времени на этих пунктах. Все наблюдательные станции получили за время МГГ и МГС не менее 400 снимков метеоров, что даст богатейший материал для изучения верхней атмосферы. Среди снимков имеются уникальные, а именно фотографии ярких болидов, двойных метеоров, метеоров, у которых пути искривлялись.

Фотографические исследования метеоров требуют одновременно получения снимков из двух (и даже трех) удаленных друг от друга пунктов, а то обстоятельство, что применяются светосильные камеры, потребовало выноса этих наблюдательных пунктов — метеорных станций — за черту городов.

Поэтому при подготовке к МГГ некоторые обсерватории, не имевшие до тех пор нужных условий (запыленность и задымленность атмосферы в городах, засветка неба городским светом), построили свои загородные наблюдательные базы, на которых с успехом ставятся астрофизические исследования.

Такие базы созданы под Киевом, в районе Сталинабада и Ашхабада и в окрестностях Одессы.

Одесская обсерватория — головное учреждение проблемы — организовала три постоянных наблюдательных пункта — в селе Крыжановка, в селе Маяки и в Ботаническом саду университета.

Остановимся подробнее на характеристике этих пунктов.

Метеорная станция в Маяках. — Здесь построено здание лаборатории с площадью свыше 300 кв. метров. Заканчивается строительство жилого дома, сооружен ряд павильонов. Один павильон отведен для основного метеорного патруля, у которого имеется обтюратор переменного сечения. Второй павильон построен для многокамерного астрографа, на котором получают панорамные снимки неба (за два года получено более 10 тысяч фотографий). Третий павильон сооружен для 8" дюймового рефрактора. Четвертый павильон создан специально для радарной установки. Пятый павильон — для нового 17 дюймового рефлектора, а шестой павильон для инструмента, служащего для наблюдений космических ракет.

Кроме того, вошел в строй созданный коллективом обсерватории 19-дюймовый рефлектор, инструмент, на котором наблюдаются телескопические метеоры. Результаты первых наблюдений, полученных этим инструментом, публикуются далее, в статье И. С. Астаповича.

В настоящее время заканчивается строительство мастерской и подсобного помещения. Обсерватория обеспечена электропитанием и водоснабжением. Именно в Маяках производится проявление всех пленок и пластинок. Таким образом, метеорная станция в Маяках превращается в основную наблюдательную базу Одесского государственного университета.

На метеорной станции «Крыжановка» построены стандартный домик и два павильона. В одном находится корреспондирующий метеорный патруль, а в другом — длиннофокусный 150 мм астрограф.

В третьем пункте — Ботанический сад — построено комплексное сооружение, к которому находится один из корреспондирующих метеорных патрулей и установка для спектрографирования метеоров.

Состояние обработки полученных инструментальных наблюдений метеоров таково. Сводки метеорной активности по радиолокационным наблюдениям уже составлены. Они представляют самостоятельный научный интерес, даже без проведения полной обработки.

Фотографические наблюдения требуют длительных и трудоемких вычислений. До настоящего времени выполнена обработка только не более 20% полученных снимков.

Визуальные наблюдения метеоров с успехом выполнялись коллективом Астрофизической лаборатории Института физики и геофизики АН Туркменской ССР и Симферопольским отделением ВАГО. Собранные богатые ряды наблюдений обрабатываются.

Таким образом, подводя итоги, можно сказать, что в результате проведения МГГ и МГС метеорная астрономия в СССР сделала решительный шаг вперед. Не только накоплены ценные материалы, но и создана солидная база для проведения будущих исследований.

Вместе с тем, в последнее время, особенно в связи с успехами советской науки в области изучения космического пространства при помощи спутников и ракет, роль метеорных исследований существенно возрастает.

Хотя метеорная опасность космических полетов и оказалась не столь большой как предполагали, однако она все же существует. Для ее устранения совершенно необходимо детальнее исследовать общую проблему метеорных тел в Космосе.

К ВОПРОСУ ОБ ОБРАБОТКЕ РАДИОЛОКАЦИОННЫХ НАБЛЮДЕНИЙ МЕТЕОРНЫХ ЭХО

В. П. ЦЕСЕВИЧ

Во время проведения Международного Геофизического Года собрано значительное количество наблюдений над численностью метеорных радио-эхо. Особенно ценные данные были получены в результате применения установок, работающих на длине волны 8 метров (Харьковский политехнический институт, Казанский университет) и 10 метров (Томский политехнический институт). Правда, основная группа станций, ведущих установленную программу МГГ, работала на длине волны 4 метра, на которой отмечается меньшее количество радио-эхо.

Полученные наблюдения дают возможность установить следующие данные о метеорах: момент полета метеора, наклонную дальность радио-эхо, и классифицировать продолжительность по схеме—полное число метеоров и число метеоров, от которых приходило радио-эхо на протяжении более одной секунды.

Принятая форма публикации наблюдений содержит сведения о количестве наблюдавшихся радио-эхо в течение часовых промежутков времени; сведения представлены в виде месячных сводок. На основе этих богатых материалов, полученных советскими станциями, составлен общий каталог радио-метеорной активности.

При выполнении наблюдений ряд станций поступал по-разному. Советские станции, как правило, использовали более или менее узко направленные антенны, которые оставались во время всех наблюдений неподвижными. Основное направление антенн—западное. Правда, харьковские наблюдатели направляли антенну на восток. Иногда же они меняли азимут антенны, следуя некоторым специальным программам. В каждом случае такое изменение направления антенны специально оговаривалось.

В отдельных случаях применялась слабонаправленная антенна (Томский политехнический институт).

Некоторые станции применяли вращающуюся антенну, как например, при использовании установки Казанского уни-

верситета, действующей на волне 8 метров. В различные промежутки времени вращали антенну и в Харькове. Английская станция Джордrell Бэнк применяла установку на волне 4 метра с вращающейся антенной.

В настоящее время, после составления общей сводки всех данных радио-наблюдений метеоров, встал вопрос о полной их обработке. Данная работа касается метода этой обработки.

1. В основу нашего рассуждения положена гипотеза зеркального отражения радиоволн от метеорного столба.

Согласно Лавеллу и Клеггу мощность принятого установкой сигнала Z может быть выражена формулой:

$$Z = qk\alpha_0 \quad (1)$$

где α_0 —мера ионизации, вызванной метеором, k —параметр, зависящий от индивидуальных свойств применявшихся приборов. Рассматривается величина q , которая определяется выражением:

$$q = \frac{Z}{k\alpha_0} = \frac{G(\varphi, \theta)}{\rho^3} \quad (2)$$

Здесь θ —зенитное расстояние, φ —азимут, ρ —наклонная дальность, $G(\varphi, \theta)$ —функция, определяющая диаграмму направленности антенны.

Допустим, как это обычно делается, что отраженный сигнал приходит от метеорного столба, образующегося на высоте H над поверхностью Земли. В таком случае все точки расположатся на поверхности сферы, концентрической с поверхностью Земли; эта сфера имеет радиус равный $R_1 = R + H$.

Уравнение поверхности максимальной ионизации имеет вид:

$$\rho^3 + 2R\rho \cos \theta - 2RH - H^2 = 0 \quad (3)$$

Отсюда можно найти две рабочих формулы:

$$\rho = R_1 \left[-x \cos \theta + \sqrt{1 - x^2 \sin^2 \theta} \right], \quad (4)$$

где $x = R/R_1$ и

$$\cos \theta = \frac{2RH + H^2 - \rho^2}{2R\rho} \quad (5)$$

Допустим, что мы имеем единый метеорный поток; его радиант имеет в данный момент азимут A и зенитное расстояние Z . Так как метеор и луч зрения должны быть перпендикулярны друг другу, то справедливо уравнение дуги большого круга

$$\cos Z \cos \theta + \sin Z \sin \theta \cos(\varphi - A) = 0$$

откуда:

$$\operatorname{ctg} \theta = -\operatorname{tg} Z \cos(\varphi - A) \quad (6)$$

$$\sin \theta = \frac{1}{\sqrt{1 + \operatorname{tg}^2 Z \cos^2 \varphi}}; \quad \cos \theta = -\frac{\operatorname{tg} Z \cos \varphi}{\sqrt{1 + \operatorname{tg}^2 Z \cos^2 \varphi}} \quad (7)$$

В последнем выражении через ψ обозначена величина $\psi = \varphi - A$. Часть дуги большого круга, расположенную над горизонтом, мы получим, если будем изменять ψ от $\pi/2$ до $3\pi/2$.

В дальнейшем мы будем представлять функцию антенны так:

$$g = \frac{1}{\rho^3} \sum_{m,l} P_l^m(\cos \theta) [A_{l,m} \cos m\varphi + B_{l,m} \sin m\varphi] \quad (8)$$

Здесь $A_{l,m}$ и $B_{l,m}$ коэффициенты, m —совокупность целых чисел, а $P_l^m(\cos \theta)$ —полиномы Лежандра. Заранее заметим что никаких нормировочных множителей мы вводить не будем, так как коэффициенты A и B подлежат определению из наблюдений и будут включать нормировочные множители автоматически.

2. Теория часовых чисел радио-эхо.

Так как величина Z пропорциональна как q , так и α_0 , мы можем считать, что в обильном потоке метеорных частиц частицы с различной массой распределены в среднем одинаково по всей небесной сфере и их количество является функцией массы. Мы можем принять, что величина q пропорциональна числу наблюдавшихся радио-эхо. Если бы все метеоры, пролетевшие за некоторый небольшой промежуток времени, попали в атмосферу мгновенно, то прибор отметил бы в данный момент попадание метеоров в различных местах, на различных наклонных дальностях в полном соответствии с величинами q . Поэтому, выбрав небольшой промежуток времени и собирая данные о потоке метеоров, мы можем вывести некоторое среднее распределение метеоров как по наклонным дальностям, так и внутри интервала времени, судя по общему значению величины q . Хотя промежуток времени, равный часу, нельзя рассматривать как малый, мы, при данной системе коллекционирования и публикации результатов наблюдений, не имеем другого выбора. Мы принимаем за интервал усреднения результатов по времени один час. Для среднего момента мы будем вычислять в дальнейшем положение радианта.

Предлагается следующая схема. Плоскость большого круга вырезает на «отражающей поверхности» кривую линию. На ней располагаются все те точки, в которых происходит отражение посланного сигнала. Выберем на этой дуге элемент ds :

$$ds^2 = d\rho^2 + \rho^2 d\theta^2 + \rho^2 \sin^2 \theta d\psi^2 \quad (9)$$

Затем умножаем этот элемент ds на величину функции q и интегрируем по всей расположенной над горизонтом дуге. Мы получим величину Q , которую можно отождествить с точностью до множителя, характеризующего интенсивность потока, с часовым числом метеоров. Очевидно, что при изменении положения радианта вследствие суточного движения небесной сферы, мы можем найти теоретический ход численности радио-эхо, если только нам известны коэффициенты характеризующие лепестки антенны. Это может явиться основанием для вычисления коэффициентов A и B .

Обратно, зная эти величины мы можем интерпретировать материал наблюдений и установить важные для геофизики величины интенсивности попадающих в земную атмосферу потоков частиц. Такова суть предлагаемой схемы.

Теперь можно приступить к изложению основных этапов выкладки. В выражение (9) надо подставить величины:

$$d\rho = \frac{\rho x \sin \theta d\theta}{\sqrt{1-x^2 \sin^2 \theta}} \quad \text{и} \quad d\theta = -\frac{\operatorname{tg} Z \sin \psi d\psi}{1+\operatorname{tg}^2 Z \cos^2 \psi} \quad (10)$$

Отсюда

$$\frac{ds}{\rho} = \frac{\sqrt{1-x^2 + \operatorname{tg}^2 Z}}{\sqrt{1-x^2 + \operatorname{tg}^2 Z \cos^2 \psi}} \frac{d\psi}{\sqrt{1+\operatorname{tg}^2 Z \cos^2 \psi}}$$

Разделив на ρ^2 находим:

$$\frac{ds}{\rho^3} = F(\psi) d\psi,$$

где

$$F(\psi) = \frac{\sqrt{1-x^2 + \operatorname{tg}^2 Z}}{R_1^2} \cdot \frac{\sin^2 \theta}{\sqrt{1-x^2 \sin^2 \theta} \left[-x \cos \theta + \sqrt{1-x^2 \sin^2 \theta} \right]^2}$$

Величины $\sin \theta$ и $\cos \theta$ как функции от ψ определяются формулами (6) и (7).

Таким образом:

$$Q = \int_{\pi/2}^{3\pi/2} \frac{ds}{\rho^3} = \sum (A_{l,m} \cos m A + B_{l,m} \sin m A) \int_{\pi/2}^{3\pi/2} P_l^m(\cos \theta) \cos m\psi F(\psi) d\psi + \sum (B_{l,m} \cos m A - A_{l,m} \sin m A) \int_{\pi/2}^{3\pi/2} P_l^m(\cos \theta) \sin m\psi F(\psi) d\psi \quad (11)$$

Таким общим случаем. Входящие сюда интегралы могут быть вычислены и табулированы. Это и было сделано. В конце ра-

боты приложены таблицы интегралов. Выяснилось, что задача имеет два частных случая, которые следует рассмотреть особо. Первый случай имеет место при $Z = 0$. Тогда функция $F(\psi)$ принимает вид:

$$F(\psi) = \frac{1}{R_1^2 (1-x^2)} \quad (12)$$

Для этого случая выражение (11) существенно упрощается.

Второй случай возникает при $Z = 90^\circ$. Тогда рассматриваемая дуга превращается в дугу вертикала. Формула (11) становится неприменимой и заменяется такой:

$$Q = \frac{1}{R_1^2} \sum [A_{l,m} \cos m\varphi + B_{l,m} \sin m\varphi] \cdot \int_{-\pi/2}^{\pi/2} \frac{P_l^m(\cos \theta) d\theta}{\sqrt{1-x^2 \sin^2 \theta} \left[-x \cos \theta + \sqrt{1-x^2 \sin^2 \theta} \right]^2} \quad (13)$$

При вычислениях интегралов для этого случая использована формула (13).

Решение задачи определения активности при наличии коэффициентов A и B гораздо определеннее, чем решение обратной задачи, по следующим двум причинам.

Во-первых, сравнивая между собой часовые числа мы должны быть уверены, что интенсивность потока не изменялась со временем, что заведомо не верно. Поэтому надо учесть изменение интенсивности. Эта операция будет показана на примере.

Во-вторых, часовые числа искажены влиянием метеорного фона, не принадлежащего потоку. Это, конечно, также следует учесть. Операция исключения влияния метеорного фона также будет пояснена примером.

3. Случай существенно упрощается, если рассмотреть вращающуюся антенну. При вращении антенны ее азимут изменяется. Если можно быть уверенным, что при этом форма диаграммы направленности не изменяется, что весьма вероятно, то вся задача существенно упростится. Если же лепесток до некоторой степени изменяется, то можно, как показывают исследования, получить некоторую среднюю характеристику антенны.

Математически задача может быть обращена. Можно считать, что антенна неподвижна, а радиант за время оборота антенны описывает дугу малого круга при заданном зенитном расстоянии. Чтобы получить часовое число метеоров для этого случая надо проинтегрировать выражение (11) по азимуту A в пределах от 0 до 2π . Выпадает ряд членов и останутся

только те члены, которые содержат $m = 0$. Получится формула:

$$Q' = 2 \sum_l A_{l,0} \int_{\pi/2}^{\pi} P_l^0(\cos \theta) F(\psi) d\psi \quad (14)$$

Ее можно несколько упростить, если подставить явные выражения полиномов Лежандра. Тогда:

$$Q' = 2 \sum_{l=0}^{\infty} C_l K_l \quad (15)$$

где

$$K_l = \int_{\pi/2}^{\pi} \cos^l \theta F(\psi) d\psi \quad (16)$$

Коэффициенты C_l связаны с первоначальными коэффициентами A формулами:

$$\begin{aligned} C_0 &= A_0 - \frac{1}{2} A_2 + \frac{3}{8} A_4; & A_0 &= C_0 + \frac{1}{3} C_2 + \frac{1}{5} C_4; \\ C_1 &= A_1 - \frac{3}{2} A_3 + \frac{15}{8} A_5; & A_1 &= C_1 + \frac{3}{5} C_3 + \frac{3}{7} C_5; \\ C_2 &= \frac{3}{2} A_2 - \frac{15}{4} A_4; & A_2 &= \frac{2}{3} C_2 + \frac{4}{7} C_4; \\ C_3 &= \frac{5}{2} A_3 - \frac{35}{4} A_5; & A_3 &= \frac{2}{5} C_3 + \frac{4}{9} C_5; \\ C_4 &= \frac{35}{8} A_4; & A_4 &= \frac{8}{35} C_4; \\ C_5 &= \frac{63}{8} A_5; & A_5 &= \frac{8}{63} C_5. \end{aligned} \quad (17) \quad (18)$$

Отсюда очевидно, что полной характеристики антенны получить не удастся, а мы получаем только такие параметры, которые определяют сечение лепестка вертикальной плоскостью. Однако, этого вполне достаточно, чтобы вывести изменение часовых чисел метеоров полученных из наблюдений, выполненных при вращающейся антенне, и найти искомую активность потока.

4. Отыскание функции лепестка антенны из распределения радио-эхо по наклонным дальностям.

Определение параметров неподвижной антенны производится гораздо сложнее, чем в случае вращающейся. Поэтому использовать данные об изменении часовых чисел радио-эхо для отыскания коэффициентов A и B для неподвижной антенны, хотя в принципе и возможно, но трудно. Результаты могут получиться слишком неуверенными. Гораздо лучшие и более надежные результаты можно получить, изучая распределение числа радио-эхо по наклонным дальностям. Опишем принцип этого способа.

Пусть нам заданы для данного момента времени горизонтные координаты радианта. Тогда из формулы (6) мы можем найти два значения угла ψ : ψ_1 и ψ_2 , которые соответствуют значению θ , найденному по формуле (5). Задавая определенное значение высоты H мы находим по принятому значению наклонной дальности ρ величину θ , а уже затем значение ψ из формулы $\cos \psi = + \operatorname{ctg} Z \operatorname{ctg} \theta$. Очевидно, что $\psi_1 = 180^\circ - \psi$ и $\psi_2 = 180^\circ + \psi$.

Отсюда могут быть найдены два значения азимутов φ_1 и φ_2 :

$$\varphi_1 = 180^\circ + A + \psi \quad \text{и} \quad \varphi_2 = 180^\circ + A - \psi$$

Смысл найденных значений таков. Задав наклонную дальность мы находим зенитное расстояние тех точек, в которых луч зрения перпендикулярен к направлению полета метеора. Очевидно, что радио-эхо могут поступать от этих точек отражающей поверхности. Тогда φ_1 и φ_2 — азимуты этих точек.

Чтобы получить полное значение величины q надо сложить оба выражения, которые получаются из формулы (8), если в нее подставить каждое из значений азимута. Таким образом

$$q = \frac{1}{\rho^3} \sum_{l,m} P_l^m(\cos \theta) [(A_{l,m} \cos m\varphi_1 + B_{l,m} \sin m\varphi_1) + (A_{l,m} \cos m\varphi_2 + B_{l,m} \sin m\varphi_2)]$$

После элементарных преобразований получаем:

$$q = \sum_{l=0}^{\infty} A_{l,0} Q_l^0(\rho) + (-1)^m \sum_{l,m} Q_l^m(\rho) \cos m\psi [A_{l,m} \cos mA + B_{l,m} \sin mA], \quad (19)$$

где через Q обозначены функции:

$$Q_l^0(\rho) = \frac{P_l^0(\cos \theta)}{\rho^3}; \quad Q_l^m(\rho) = \frac{2P_l^m(\cos \theta)}{\rho^3} \quad (20)$$

Уравнение (19) может служить для определения неизвестных A и B , если только известно распределение численности радио-эхо в зависимости от наклонных дальностей.

Для этого приходится произвести следующие действия. Интервал наблюдений выбирается достаточно узким, но так, чтобы в него попадало достаточное количество наблюдаемых радио-эхо и было бы возможно построить уверенные функции распределения численности n в зависимости от наклонной дальности. Для каждого избранного значения наклонной

дальности q получается число зарегистрированных радио-эхо, которое затем с точностью до множителя, характеризующего активность потока, отождествляется с величиной n и может служить известной частью уравнения.

Величины же коэффициентов, входящих в уравнение, можно легко взять из специальных таблиц, которые для высоты $H = 80$ км были вычислены коллективом Одесской обсерватории под руководством автора и приведены в конце статьи. Полученные уравнения можно и нужно считать условными, составить по ним нормальную систему и решить ее. Будут получены наиболее вероятные значения коэффициентов.

Здесь следует сделать два замечания.

Во-первых, задача весьма сложна с вычислительной точки зрения. Если диаграмма антенны очень сложна, то придется прибегнуть к высшим порядкам в разложении. В результате мы получим большое количество неизвестных. Так, доходя до четвертой гармоники, мы получим 25 неизвестных. Следовало бы при решении системы уравнений использовать быстроедействующие электронные машины.

Во-вторых, численности метеоров будут искажены влиянием метеорного фона. Общий вид диаграммы измениться не сможет. Однако, распределение различных лепестков по интенсивности, что очень важно определить, значительно искажится. Необходим более сильный критерий для отбора материала. Но об этом далее.

Когда коэффициенты A и B будут определены можно вычислить теоретические значения часовых чисел по формуле (11) и производить сравнение с наблюдениями. Так как антенна остается неподвижной, надежность использования полученных коэффициентов для изучения всего длительного ряда наблюдений велика.

5. Пример применения полученных формул к случаю вращающейся антенны.

Для практического использования полученных теоретических выводов мы использовали данные наблюдений, полученных в Казани при помощи установки, работающей на длине волны 8 метров с вращающейся антенной, во время действия потока Геминид в 1958 году. Антенна совершала полный оборот за 42 минуты. В журнале наблюдений приведены моменты перехода антенны через точку севера и число метеоров, которые создали радио-эхо за время, прошедшее за один оборот антенны, то есть до следующего ее перехода через точку севера.

Графическое представление чисел метеоров n показало, что они плавно периодически изменяются, достигая максимума около 22,5 часа мирового времени. Амплитуда кривых не оставалась постоянной, что и следовало ожидать, так как

интенсивность потока изменялась. Усреднять данные нельзя без учета этого плавного изменения мощности потока. Были отобраны общие интервалы наблюдений за каждые сутки, и подсчитано количество метеоров, зарегистрированных с 17,0 до 22,5 часа для каждой даты с 12 по 18 декабря 1958 года. Стало ясным, что для построения средней кривой «часовых» (в данном случае 42 минутных) чисел метеоров надо взять только наблюдения, полученные 12—14 декабря. Были также опенены те множители, на которые нужно умножить каждое из чисел для того, чтобы исключить плавное изменение мощности потока. Для этих поправочных коэффициентов были найдены графическим путем значения для каждого отдельного оборота антенны. Затем была построена одна средняя кривая зависимости числа метеоров от времени.

Эта средняя кривая приведена в следующей таблице. В первом столбце указано мировое время, во втором—средняя приведенная численность радио-эхо, в третьем—число определений, а в четвертом—число метеоров фона (об этом речь далее).

T	n	m	n'/ϕ	T	n	m	n'/ϕ		
h	m			h	m				
0	45	147	4	36	16	47	37	4	9
2	8	116	4	32	17	29	40	4	11
3	33	84	4	28	18	12	52	4	13
5	3	50	5	24	18	53	81	4	17
6	23	38	5	19	19	35	96	4	21
7	45	30	4	16	20	17	113	4	26
9	7	21	4	12	20	54	129	3	31
10	33	16	4	10	21	36	133	3	34
14	51	15	5	7	22	18	141	3	38
15	59	27	4	7	23	20	163	4	38

Так как эти числа отягощены влиянием метеорного фона, возникла задача его «снятия». Для этой цели были вычислены кривые суточной вариации численности радио-эхо для следующих дат:

Ноября 26/27, 29/30, 30/1 декабря и 18/19, 19/20 декабря, то есть до и после действия потока Геминид. Были получены средние числа радио-эхо для различных моментов времени; они приведены в следующей таблице. Некоторые из чисел следуют друг за другом не совсем плавно. Поэтому были также найдены сглаженные значения, причем сглаживание производилось по формуле

$$n'_{\phi, k} = \frac{n_{\phi, k-1} + 3n_{\phi, k} + n_{\phi, k+1}}{5}$$

С плавной кривой были сняты числа n'_{ϕ} , которые и указаны в предыдущей таблице.

После вычитания из числа зарегистрированных метеоров числа, характеризующего метеорный фон, были получены разности, которые и приняты за чистые численности Геминид.

Таблица, характеризующая метеорный фон

T			T			T			
h	m	n _φ	t	n' _φ	h	m	n _φ	t	n' _φ
0	3	34	5	36	12	3	8	4	8
0	50	40	6	37	13	56	6	3	7
1	35	30	5	33	14	58	7	7	7
2	16	33	5	32	15	34	6	4	7
2	59	30	5	30	16	23	8	5	8
3	41	25	5	26	17	1	8	4	9
4	18	27	4	27	17	41	12	6	11
4	56	28	5	26	18	30	13	5	15
5	39	21	5	22	19	11	25	5	23
6	21	18	5	19	19	52	29	5	25
7	2	18	4	18	20	34	13	5	22
7	40	16	4	16	21	15	40	5	33
8	22	16	4	15	21	57	32	5	36
9	4	10	4	11	22	39	42	5	39
9	54	10	4	10	23	21	39	5	39
10	47	10	4	10					

Затем были вычислены зенитные расстояния радианта. Составление чистой численности Геминид с зенитными расстояниями дано в следующей таблице.

T			T				
h	m	n—n' _φ	Z	h	m	n—n' _φ	Z
0	45	111	31°	16	47	28	63°
2	8	84	42	17	29	29	57
3	33	56	54	18	12	39	52
5	3	26	66	18	53	64	45
6	23	19	75	19	35	75	39
7	45	14	83	20	17	87	34
9	7	9	89	20	54	98	29
10	33	6	91	21	36	99	25
14	51	8	77	22	18	103	23
15	59	20	69	23	20	125	24

Эти данные и послужили исходным материалом для вычисления параметров антенны.

Данные последней таблицы были представлены графически и были найдены численности Геминид для круглых значений зенитных расстояний:

Z	Набл.	O—C I	O—C II	O—C III
25°	110	+22	+8	0
30	104	0	0	0
40	81	—39	—4	+2
50	53	—58	0	0
60	31	—51	+4	—5
70	20	—25	+4	—4
80	15	0	—0	0

По этим исходным данным были составлены уравнения вида

$$\text{Набл.} = C_0 K_0 + C_1 K_1 + \dots$$

Были получены три решения, которые приведены в следующей таблице

$$G_0(\theta) = 0.005013 - 0.006371 \cos \theta \quad (a)$$

$$G_0(\theta) = 0.010206 - 0.026538 \cos \theta + 0.016078 \cos^2 \theta \quad (b)$$

$$G_0(\theta) = 0.016479 - 0.061374 \cos \theta + 0.072892 \cos^2 \theta - 0.028560 \cos^3 \theta \quad (c)$$

Остатки O—C приведены в той же таблице. Из них видно, что третье приближение достаточно хорошо представляет наблюдаемые численности метеоров.

По полученным формулам найдены числовые характеристики лепестка антенны. Они показаны в следующей таблице:

θ	a	b	c
0	—0.001358	—0.000254	—0.000563
15	—0.001141	—0.000427	—0.000534
30	—0.000505	—0.000719	—0.000553
45	+0.000508	—0.000520	—0.000571
60	+0.001827	+0.000957	+0.000445
75	+0.003364	+0.004414	+0.004982
90	+0.005013	+0.010206	+0.016479

Из этой таблицы следует, что:

во-первых, все приближения показывают, что действующий лепесток антенны направлен в область больших зенитных расстояний;

во-вторых, видно, что лепесток становится более определенным при увеличении числа взятых членов разложения. Следовало бы взять более высокие члены разложения, но так как материал, полученный из наблюдений, достаточно хорошо представляется третьим приближением, вряд ли обоснованы дальнейшие уточнения;

в-третьих, можно подсчитать для каждого зенитного расстояния в области положительных значений функции G соответствующую мощность принятого сигнала. Все дальнейшие

наблюдения можно будет полностью обрабатывать с полученной совокупностью значений коэффициентов.

При вычислениях мы использовали таблицу интегралов K_1 , которая вычислена для высоты $H = 80$ км. Она приведена ниже.

6. Пример применения полученных формул к исследованию неподвижной антенны.

В ночь с 12 на 13 декабря 1957 года коллектив Харьковского политехнического института производил наблюдения потока Геминид. Полученные данные содержат моменты полетов метеоров, наклонные дальности и скорости. Последние наблюдаются весьма точно, так как применялся надежный способ, разработанный в этом институте. Мы использовали данные о 293 метеорах, которые наблюдались с 1 ч. 28 м. до 5 ч. 08 м. мирового времени. Наличие определенных значений скорости позволило выделить из общего числа метеоров только Геминиды, так как последние должны были иметь скорости, заключенные в пределах от 30 до 40 км в сек. Именно эти метеоры были отобраны, так что влияние фона сразу же было исключено. Обнаружено, что за это время было зарегистрировано 147 метеоров из потока Геминид; таким образом, метеорный фон составлял 50% общего числа метеоров.

Весь интервал наблюдений был разбит на три части, каждая из которых имеет длительность 1 ч. 12 м. Были вычислены горизонтальные координаты радианта. Сведения о средних моментах таковы:

	A			Z
	h	m		
I	2	4		72°52'.2 31°48'.5
II	3	16		89 2.1 43 22.5
III	4	29		101 20.0 54 33.4

Внутри каждого из интервалов были составлены таблицы распределения Геминид по наклонным дальностям. Для этого весь интервал наклонных дальностей был разбит на части протяженностью по 10 км. Результаты подсчетов приведены в следующей таблице:

Дальность в км	I			II			III			
	I	II	III	I	II	III	I	II	III	
100 — 109	0	0	1	170 — 179	7	4	1			
110 — 119	0	0	8	180 — 189	10	1	1			
120 — 129	0	6	10	190 — 199	10	1	0			
130 — 139	1	15	6	200 — 209	9	0	2			
140 — 149	2	3	1	210 — 219	9	1	0			
150 — 159	7	11	4	220 — 229	5	0	0			
160 — 169	4	4	1	230 — 239	2	0	0			

Изучение полученной таблицы показывает, что некоторые наклонные дальности характеризуются увеличенным числом метеоров, в то время как при других значениях наклонных дальностей имеется недостаточное количество метеоров. Это вызвано тем, что диаграмма направленности харьковской антенны имеет очень сложное вертикальное сечение. Приведенных в таблице данных вполне достаточно, чтобы изучить диаграмму направленности антенны. Для этого надо написать для каждого числа таблицы уравнение вида (19).

Попытка решить эту задачу численно сразу же привела нас к одному любопытному заключению. Мы пытались составить такие уравнения для принятой высоты $H = 100$ км. Оказалось, что это сделать нельзя, так как не удавалось найти соответствующие значения косинусов при данных наклонных дальностях и при данных координатах радианта, которые известны надежно. Путем проб было найдено, что высота H должна быть уменьшена до 81 км. Мы приняли при расчетах, по соображениям удобства, высоту $H = 80$ км. Это весьма вероятный результат, так как установка, работающая на волне 8 метров регистрирует более слабые метеоры, нежели установки, работающие на волне 4 метра. Поэтому и средняя высота возгорания метеоров должны быть несколько меньшей.

Приложенные ниже таблицы функций Q были вычислены для высоты $H = 80$ км.

Каждое из чисел дает одно условное уравнение. Мы ограничились приближением четвертого порядка, а потому количество неизвестных членов разложения равно 25. Таким образом, оказалось возможным составить систему 38 условных уравнений с 25 неизвестными. Решение этой системы и должно дать характеристику харьковской антенны. После того как система решена и определены коэффициенты A и B можно использовать формулу (11), таблицы соответствующих интегралов и вычислять теоретические кривые изменения часовых чисел метеоров, наблюдаемых на протяжении МГГ и МГС при помощи харьковской установки, работающей на волне 8 метров.

В заключение следует заметить, что полученные формулы обладают свойством аддитивности. Дело в следующем. Допустим, что мы хотим исследовать суточные ходы метеорной активности, наблюдаемой в такие даты, когда имеет место несколько метеорных потоков, и вывести данные об интенсивности каждого из них. В таком случае мы можем вычислить ход часовых чисел каждого из потоков, с точностью до множителя, который и характеризует данный поток. Затем мы можем вычислить общий ход этих чисел, если результаты

сложим с соответствующими весовыми множителями. Приспособление теоретических данных к наблюдаемым даст возможность выявить роль каждого из потоков в общей метеорной активности данного календарного числа.

Автор считает своим долгом выразить благодарность сотрудуникам Астрономической обсерватории — Р. И. Чуприне, Л. А. Клепиковой, Э. А. Сатановой — за вычислительную помощь, а доцентам Б. Л. Кашееву и К. В. Костылеву — за предоставленный материал наблюдений.

Таблица 1

Интегралы K для $H = 80$ км

Z	K_0	K_1	K_2	K_3	K_4	K_5
0°	1532	0	0	0	0	0
5	3330	207	15	1	0	0
10	6992	908	132	20	3	0
15	12736	2517	549	125	29	7
20	20475	5400	1562	471	146	46
30	41026	15955	6761	3000	1351	622
40	66222	33224	18112	10285	5985	3541
50	93028	55716	36209	24505	16995	11982
60	118204	80106	58861	45035	35311	28145
70	138730	102063	81380	67562	57480	49712
80	152156	117354	98052	85334	76088	68967
90	156798	121302	104220	92082	83372	76735

(Все значения должны быть умножены на 10^{-10})

Таблица 2

Функции $Q_i^m \rho^{3/2}$ для $H = 80$ км.

ρ , км	Q_1^0	Q_2^0	Q_3^0	Q_4^0	Q_1^1	Q_2^1	Q_3^1
105	0.70494	0.33728	-0.04361	-0.31086	1.21150	2.75658	3.40964
115	0.56032	0.17532	-0.17159	-0.33904	1.17234	2.43022	2.43966
125	0.45382	0.07394	-0.22439	-0.30450	1.10648	2.10524	1.67816
135	0.37340	0.00931	-0.23985	-0.25285	1.03342	1.81588	1.10888
145	0.31146	-0.03230	-0.23692	-0.20123	0.96130	1.56828	0.69018
155	0.26284	-0.05914	-0.22522	-0.15554	0.89324	1.35914	0.38354
165	0.22408	-0.07626	-0.20976	-0.11714	0.83040	1.18318	0.15924
175	0.19278	-0.08693	-0.19318	-0.08567	0.77314	1.03510	-0.00482
185	0.16716	-0.09323	-0.17680	-0.06023	0.72108	0.90992	-0.12478
195	0.14599	-0.09657	-0.16131	-0.03980	0.67396	0.80374	-0.21214
205	0.12830	-0.09787	-0.14697	-0.02347	0.63120	0.71314	-0.27538
215	0.11342	-0.09778	-0.13388	-0.01044	0.59248	0.63554	-0.32064
225	0.10078	-0.09673	-0.12202	-0.00009	0.55726	0.56862	-0.35238
235	0.08997	-0.09505	-0.11133	+0.00815	0.52522	0.51070	-0.37402
245	0.08067	-0.09295	-0.10170	+0.01465	0.49594	0.46026	-0.38794

Продолжение таблицы 2.

Функции $Q_i^m \rho^{3/2}$ для $H = 80$ км.

ρ , км	Q_1^4	Q_2^4	Q_3^4	Q_4^4	Q_5^4	Q_6^4	Q_7^4
105	5.30454	2.36870	8.98276	17.92370	7.71872	40.97944	35.21314
115	3.72016	2.54232	8.78366	14.88716	9.18880	44.44542	46.49538
125	2.52530	2.56648	8.13850	11.64888	9.92152	44.04702	53.69706
135	1.66466	2.51280	7.35904	8.80414	10.18332	41.75180	57.77626
145	1.05426	2.42018	6.58056	6.47460	10.15514	38.65796	59.65660
155	0.62336	2.30944	5.85672	4.62324	9.95168	35.33224	60.03578
165	0.32006	2.19138	5.20614	3.17330	9.64644	32.07082	59.42352
175	0.10698	2.07560	4.63150	2.04546	9.28718	29.01284	58.17686
185	-0.04214	1.96258	4.12758	1.17022	8.90246	26.21236	56.53534
195	-0.14554	1.85524	3.68754	0.49262	8.51166	23.68552	54.67178
205	-0.21618	1.75420	3.30312	-0.03154	8.12518	21.41986	52.68838
215	-0.26332	1.65996	2.96762	-0.43622	7.75122	19.39992	50.67176
225	-0.29334	1.57212	2.67364	-0.74744	7.39198	17.59962	48.65896
235	-0.31120	1.49058	2.41564	-0.98622	7.05056	15.99640	46.69008
245	-0.32006	1.41484	2.18840	-1.16758	6.72720	14.56710	44.78084

Для получения функции Q_i^m надо разделить каждую строку на $\rho^{3/2}$.

СПЕКТРЫ ТРЕХ ЯРКИХ МЕТЕОРОВ

Е. Н. КРАМЕР

Спектральный патруль Одесской астрономической обсерватории состоит из четырех аэрофотокамер с объективами типа $F-24$ ($F = 5''$; $f = 1:4,5$; поле зрения $60^\circ \times 60^\circ$). Перед объективами установлены призмы с преломляющим углом 17° .

Для отождествления линий в спектре метеора мы вначале пользовались спектрами звезд, лежащих на достаточно близком расстоянии от изображения спектра метеора. При обработке спектра от 8 октября 1956 г. мы впечатали при помощи специальной установки спектр паров ртути. При этом использовалась та же оптика, при помощи которой был получен спектр метеора; положение и ориентация спектра сравнения выбраны соответственно положению и ориентации спектра метеора. В этом случае не нужно было вводить поправки за дисторсию и другие аберрации. Коэффициенты в формуле Гартмана вычислялись последовательными приближениями.

В первом приближении для вычислений коэффициентов в формуле Гартмана использовался спектр сравнения. Во втором приближении вычисления велись по легко отождествляемым в спектре метеора линиям (H и K ионизированного кальция и 4384 железа). Ниже приведен список отождествленных спектральных линий для трех наиболее ярких метеоров.

Наиболее интересным является спектр яркого метеора (болида), полученный в ночь с 7 на 8 октября. Блеск болида в момент главной вспышки был порядка от—10 до—12 величины. Длина фотографического следа болида равна 10—12 градусам. На среднем участке траектории болида последовала яркая вспышка, которая продолжалась на протяжении одного-двух градусов. В конце своего полета болид дал еще две яркие вспышки. Кроме того блеск болида непрерывно циклически пульсировал.

1. Пульсации блеска болида налагались и на яркие вспышки. Таким образом, яркие вспышки и непрерывная пульсация блеска происходили независимо.

2. Цикл пульсаций начинался с резко очерченного двойно-

го максимума, сменяющегося интервалом постоянного блеска. Возрастание и спад блеска происходили почти мгновенно.

3. К концу полета расстояние между отдельными вспышками блеска внутри двойного максимума непрерывно уменьшалось, так что раздвоенность максимумов теряла свою четкость. Одновременно уменьшалось и расстояние между максимумами. Следовательно, период пульсаций непрерывно уменьшался.

Пульсация блеска болида отчетливо выделяется на участках средних и коротких длин волн, на красной линии железа (6678 Å) пульсация едва заметна.

В момент максимума цикла происходило также появление непрерывного спектра, который особенно резко выделялся незадолго перед исчезновением болида, где он имел четкие границы. Непрерывный спектр, вызванный пульсацией блеска, оставался довольно четким во время ярких вспышек, когда фоном служил размытый спектр.

Предварительное исследование болида позволяет сделать следующие выводы.

1. Пульсирование блеска болида сопровождается интенсивным выбросом пылевых частиц (дыма) и молекул. Раскаленные пылевые частицы и светящиеся молекулы дают непрерывную составляющую спектра болида в момент максимума блеска. Свечение раскаленных частиц сравнительно быстро прекращается. Часть — испаряется, часть — остается в хвосте болида и перестает светиться. Светящиеся молекулы, в результате вторичного процесса, диссоциируют на составляющие их атомы, которые могут в дальнейшем оказаться в возбужденном или ионизированном состоянии (1). В первом случае увеличивается яркость соответствующих спектральных линий; во втором случае возникает вторичный непрерывный спектр, который испускается столбом рекомбинирующих ионов. Ионизированный столб увлекается ионосферным ветром и изображение его непрерывного спектра на снимке расплывается. Существование линейчатого спектра, на фоне расплывчатого непрерывного, свидетельствует о том, что свечение нейтральных атомов происходит в значительно меньшем объеме, чем свечение, вызванное рекомбинацией ионов. Образуются два столба — один из ионизированных атомов, другой из возбужденных нейтральных атомов (или из ионов с низким потенциалом ионизации).

2. Циклические пульсации блеска могут быть вызваны выстрелом метеорного тела, но в таком случае трудно объяснить двойные максимумы, резкое возрастание и убывание блеска болида и сокращение периода пульсаций. При полете крупных метеорных тел необходимо учесть эффект сильного загоразивания (1), возникновение ударных волн и скачков уплотнения. Можно предположить, что под действием удар-

ной волны возникают колебания метеорного тела (2), но и здесь остаются необъяснимыми резкий и двойной характер максимумов блеска.

3. Загоразивающее действие молекул воздуха и метеорного тела замедляет испарение с его поверхности. При этом значительная часть тепловой энергии расходуется на прогрев и плавление слоя сравнительно большой толщины. При температуре кипения, когда давление насыщенных паров метеорного вещества

$$\lg P = -\frac{A}{T} - B \lg T + \text{const}$$

становится равным внешнему давлению (2)

$$P = \frac{2}{\gamma+1} u^2$$

на поверхности метеорного тела возникает вторичная ударная волна, почти весь расплавленный слой мгновенно испаряется, происходит сброс «воздушной шапки» и блеск болида быстро возрастает. Вслед за этим поверхность метеорного тела оказывается в области разрежения ударной волны и болид вторично «вспыхивает», так как температура метеорного тела еще не успела упасть, а внешнее давление сделалось меньше давления насыщенных паров. Затем давление и загоразивающее действие снова возрастают, и интенсивное свечение болида прекращается до следующей вспышки. Уменьшение периода таких пульсаций блеска объясняется изменением плотности воздуха и размеров метеорного тела. Такой циклический режим возникает при вполне определенных значениях скорости и размеров метеорного тела.

В некотором смысле явления, происходящие при пульсации блеска ярких метеоров, могут быть сравнимы с режимом в двухпозиционном автоматическом регуляторе температуры (3). Как и в случае регулятора температуры, в правой части дифференциального уравнения теплового баланса метеора находится неоднозначная на интервале $T_1 < T < T_2$ функция. Эта неоднозначность и определяет циклический режим свечения метеора. Численный расчет этого режима будет нами проведен после того, как будут получены из наблюдений параметры колебаний, в работе, специально посвященной пульсации блеска метеоров.

Длина волны	Атом, ион	Дл. волны лабораторн.	Потенц. eV	Интенсивность	Примечания
Метеор 8 октября 1956 г.					
6672 ^а	Fe I	6678	4,55	250	яркая
6343	Co	6348	6,35	125	
	Si II (?)	6347	10,07	2	
6060	Fe I	6065	4,65	50	
5924	Na I	5896	2,11	5000	яркая, расплывчатая

Длина волны	Атом. ион	Дл. волны лабораторн.	Потенц. eV	Интенсивность	Примечания
5781A	Si I	5780	7,06	15	
5642	Co I	5647	4,48	600	
	H ₂ (?)	5635—5656			
5451	Fe I	5456	3,28	300	
5305	Fe I	5302	5,62	300	
5230	Fe I	5233	5,31	800	яркая
5142	Fe I	5139	5,35	200	
5003	Fe I	5006	5,31	300	
4916	Fe I	4919	5,38	300	
4857	Fe I	4860	5,42	150	
4741	Mn I	4739	5,55	150	
	Cr	4737	5,70	200	
4659	H ₂ ?	4661—4663			
4595	Fe I	4593	4,26	200	
4475	Fe I	4476	5,61	500	яркая
4384	Fe I	4384	4,31	1000	яркая
4348	Fe I	4353	5,07	300	
4294	Fe I	4294	4,37	700	яркая
	Fe I	4307	4,44	1000	
4282	Fe I	4282	5,07	600	яркая
4225	Ca I	4227	2,93	500	яркая
4195	Fe I	4198	5,36	250	
4125	Fe I	4132	4,61	300	яркая
	Li I	4132	4,85	400	
4097	Fe I	4098	6,26	100	
4051	K I	4047	3,06	400	
	Fe I	4045	4,55	400	
4032	Mn	4033	3,08	400	
	Fe I	4030	6,32	120	
3968	Ca II	3968	3,12	500	яркая
3931	Ca II	3934	3,15	600	яркая
3891	Fe I	3886	3,24	600	
3860	Fe I	3860	3,21	1000	яркая
3838	Fe I	3834	4,19	400	
3774—3744	Fe I	3767—3749	4,30	500—1000	яркая, размытая
3687	Fe I	3687	4,22	400	
3661	Fe I	3660	5,84	125	
3629	Fe I	3631	4,37	500	

Метеор 20 июля 1953 г.

5796	Mo	5792		100	
5579	Fe I	5587; 5576; 5573	5,58; 5,62	400; 150; 300	
5419	Fe I	5415	6,68	500	
5286	Fe I	5284	5,58	400	
5076	Fe I, Ni I	6069; 5084	5,38; 6,11	400; 300	
4979	Ni I, Fe I	4980; 4984	6,09; 6,59	500; 200	
4861	Co I, Ni I	4868; 4855	5,66	800; 400	
4352	Fe I	4353	5,07	300	
4260	Fe I	4260	5,31	400	
4172	Fe I	4182; 4178	5,79; 3,88	200; 100	
3915	Fe I	3920; 3923	4,91; 6,24	400; 120	
3724	Fe I	3735	4,18	1000 R	
3640	Fe I	3640; 3648	6,13; 4,31	300; 500	
3549	Ni I	3548	3,74	400	
3512	Ni I, Fe I	3515; 3510; 3514	3,74; 4,39	1000R; 900R; 400	
3450	Co I, Ni I	3455; 3453; 3453		2000R; 3000R; 600R	

Длина волны	Атом. ион	Дл. волны лабораторн.	Потенц. eV	Интенсивность	Примечания
Метеор 12 мая 1953 г.					
5222A	Fe I	5227	3,93	400	
5053	Fe I	5050	9,73	400	яркая
4924	Fe I	4925		1000	яркая
4864	Ni I	4866	6,08	300	
4745	Co I	4750	5,66	500	
4678	Co I	4682	5,83	500	
4620	Co I	4629	5,73	600	
4350	Fe I	4353	5,07	300	
4269	Fe I	4272	4,39	1000	
4117	Co I	4119	4,06	1000	
3969	Fe I, Ca II	3969; 3968		600; 500	яркая
3894	Co I	3894	4,23	1000	яркая
3853	Fe I	3850	4,23	5000	

ЛИТЕРАТУРА

1. Б. Ю. Левин, Физическая теория метеоров, изд. АН СССР, 1956 г.
2. К. П. Станюкович, Метеоритика, вып. VII, 1950 г.
3. А. А. Андронов, А. А. Витт, С. Э. Хайкин, Теория колебаний, Физматгиз, 1959 г.

**ПРЕДВАРИТЕЛЬНЫЕ РЕЗУЛЬТАТЫ
НАБЛЮДЕНИЙ СЛАБЫХ ТЕЛЕМЕТЕОРОВ
В ОДЕССЕ В ПЕРИОД МГС**

И. С. АСТАПОВИЧ

1. В целях практического удобства, поскольку метеоры появляются на очень широком диапазоне видимых звездных величин, мы различаем мегаметеоры с силой света более 10^6 м. св., макрометеоры — с пределами от 10^6 до 10^2 м. св., и микрометеоры (слабее 10^2 м. св.). Приблизительно этой силе света соответствуют наблюдаемые с поверхности Земли видимые зенитные звездные величины ярче -4 , в пределах от -4 до $+6$ и слабее $+6$. Микрометеоры в свою очередь делятся на обычные телеметеоры от $+7$ до $+11$ зв. вел. включительно, слабые телеметеоры ($12-16$ зв. вел.) и ультрателеметеоры (слабее $+17$ зв. вел.) (1). К ним могут относиться почти несветящиеся «микрометеориты» Уиппла. Ультрателеметеоры визуальнo до сих пор никем не наблюдались вследствие того, что они лежат за пределами проникающей способности наиболее мощных телескопов мира. Однако существование их вплоть до значений, соответствующих $+24$ звездной величины может быть обнаружено при постановке соответствующих метеорных наблюдений в условиях космического пространства. С другой стороны развитие радиofизических средств исследования дало возможность отмечать радиометеоры, создающие такую низкую плотность электронной концентрации, которая соответствует слабым телеметеорам $+15$ зв. вел. Таким образом, если не считать отдельных отрывочных и случайных наблюдений слабых телеметеоров $12-16$ зв. вел., сделанных во время проведения других работ (Шафарик в Праге, Деннинг в Англии, Холден в США), то следует признать, что систематических наблюдений над ними не существует и что слабые телеметеоры являются неизученными, поскольку для этого требуются инструменты большого диаметра. Из своих наблюдений в Ашхабаде и в Одессе в 1947—1959 гг. разными инструментами, в зените, автор нашел следующие предельные значения звездной величины в зависимости

от диаметра оптической системы (здесь диаметр D указан в миллиметрах, а предельные m_n — в звездных величинах):

Прибор	Глаз	Би-нокль	Би-нокль	Бино-куляр	Реф-рактор	Реф-рактор	Реф-ректор
D , мм	8	30	50	80	130	200	485
m_n , зв. вел.	6,3	8,4	10,2	12,0	13,0	13,5	15,2

Зависимость m_n от $\lg D$ может быть представлена в виде $m_n = 5.8 \lg D + 1.0$ (1)

Визуальные наблюдения через диафрагмы с малыми отверстиями показывают применимость формулы (1) для $D < 8$ мм. Отсюда же нетрудно видеть, что для наблюдения ультрателеметеоров требуются телескопы диаметром в метр и более.

2. Летом 1959 г. на Одесской астрономической обсерватории в Маяках вступил в строй новый рефлектор с зеркалом 19 дюймов работы Шрейбера. Это дало возможность поставить на нем, наряду с работами по слабым переменным звездам, исследования слабых телеметеоров. Последние предполагалось наблюдать визуально, поскольку автором было замечено (2), что с увеличением проникающей способности инструмента увеличение числа слабых телеметеоров компенсирует в значительной мере уменьшение поля зрения; наблюдаемое число метеоров мало изменяется (в среднем 1 объект за 40 минут наблюдения). Известны требования, предъявляемые к выбору окуляров при производстве наблюдений телеметеоров (3). Именно, зрачок выхода инструмента с данным окуляром не должен превосходить размеров зрачка наблюдателя.

С другой стороны, поле зрения должно быть максимальным; таким образом, увеличение должно быть минимальным. При $D = 250, 500$ и 1000 мм соответственно $x = 42, 80$ и 170 (см (3), стр. 127). Из набора окуляров к 19" рефлектору данным условиям удовлетворяли:

Окуляр	Субъективное поле зрения	Объективное поле зрения	Фокусное расстояние	Зрачок выхода	Увеличение для 19" рефлектора
C 28	45°	30'	28 мм	5,3 мм	90
C 40	45	46	40	6,9	62

Именно с этими окулярами и была проведена вся последующая работа. Темнота неба в них представлялась одинаково хорошей, так что в целях использования большего поля зрения было лучше пользоваться окуляром C 40. Однако, при наблюдениях переменных звезд, проводившихся в тот же инструмент О. Е. Манделем с окуляром C 28, часто наблюдались слабые телеметеоры, которые по моей просьбе им любезно и аккуратно отмечались. Наши наблюдения для контроля обрабатывались порознь, но дали близкие результаты, ниже изложенные. Проведенный мною хронометраж работы О. Е. Манделя показал, что 61% занимает запись или дру-

гая работа. Это дало возможность использовать и эти наблюдения в данной работе. Все наблюдения произведены на обсерватории в Маяках. Автор производил наблюдения по 2 часа непрерывно. По звездам стандартной области в Лебедь, проходившей через зенит, О. Е. Мандель нашел предельную зв. величину данного инструмента 14,9. И. С. Астапович находил разницу предельной звездной величины в телескоп и без него, равной +9,0 звездных величин, что при хорошей прозрачности и темном небе соответствует предельной величине 15,2.

Оценка видимой зв. величины метеора поэтому производилась так, как если бы телеметеор наблюдался простым глазом без телескопа в визуальной шкале звездных величин обычных звезд, видимых глазом на небе, с прибавлением постоянной разности +9,0 зв. вел. В этой системе даны значения видимой яркости телеметеоров. Наблюдения автора велись при вертикальном положении рефлектора в области зенита, где телеметеоры всего ближе и потому доступны наиболее слабые из них. О. Е. Мандель наблюдал при несlišком больших зенитных расстояниях, но поскольку в первую очередь мы ставили задачей рассмотреть кажущееся распределение видимых зв. величин, то сюда вводить поправку за поглощение и квадрат расстояния не потребовалось. Оценки производились с точностью до 0,5 зв. вел.

3. Из практики хорошо известно, что при наблюдениях простым глазом, в бинокль, в бинокляр или в телескопы меньших размеров мода распределения видимого числа метеоров в функции зв. величины на 2 зв. величины ярче предельной. Поэтому, если бы в нашем ряду оказалось бы то же, то это указывало бы, что ряд слабых телеметеоров подчиняется такой же функции светимости, как и более яркие. Это подтвердилось: у Манделя мода пришла на 57 телеметеора на 12 величину, у Астаповича на 13-ую ($n = 35$). Слабее 11 зв. вел., начиная с 12 зв. вел., в июле—августе у Манделя оказалось 47% телеметеоров, в сентябре 56%, у Астаповича с конца июля по сентябрь включительно 46%. Уже в первую ночь наблюдений при опробовании инструмента было отмечено 4 телеметеора, включая 14 вел. За все время работы отмечено 94 телеметеора, из них два сомнительных; псевдотелеметеоров 6 вел. (и ярче) было 6, наиболее слабых 15 зв. вел.—10. У обоих наблюдателей независимо на кривой $N = f(m)$, у $m = 10 - 11$ зв. вел. отмечается падение на 50% численности метеоров. Мы обращаем на этот «провал» особое внимание: может быть здесь выклинивается кометная компонента метеорной материи и начинает появляться вещество Зодикального облака, что, конечно, требует отдельного изучения. Данные наблюдения таковы:

Видимая зв. вел. m	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	Всего
$N^0_{\%}, O. M.$	0	0	0	11	14	5	19	25	17	5	4	0	100% ($n=57$)
$N^0_{\%}, И. А.$	3	3	3	9	9	12	6	12	$18\frac{1}{2}$	$18\frac{1}{2}$	6	0	100% ($n=35$)

Попутно отметим, что 12/13 августа 1959 г. в дату максимума Персеид не было отмечено ни одного телескопического метеора, принадлежащего этому потоку, что еще раз показывает отсутствие в это время в потоке слабых метеоров; возможно, что собственно телеперсеиды имеют максимум раньше — в последней декаде июля, будучи отсортированы эффектом Пойнтинга-Робертсона. Тогда действительно наблюдалось несколько телеметеоров со следами из Андромеды, где в это время расположен радиант этого потока. Кривая $N = f(m)$ первых 30 телеметеоров, наблюдаемых Манделем, оказалась идентичной этой кривой для остальных 27 телеметеоров, наблюдаемых в сентябре. Вследствие небольшого количества наблюдаемых часовые числа телеметеоров выводились для всех звездных величин вместе. Отдельные кривые для каждого наблюдателя дали согласный ход; обе они вновь подтвердили полуночный эффект (2) — минимум около 0—1 час. местного среднего солнечного времени, а также некоторое снижение между 2 и 3 час. и общий спад кривой от вечера к полуночи при нерезком подъеме под утро. Данные наблюдений следующие (для Манделя учитывалось «чистое» время наблюдений):

T_m	20,5	21,5	22,5	23,5	0,5	1,5	2,5	3,5	Среднее
$O. M., \Delta t$	1,05	6,06	7,68	6,90	8,64	6,06	6,03	4,44	$\Sigma \Delta t = 41,9$
n	2	10	8	12	6	13	3	3	$\Sigma n = 57$
n_h	1,9	1,7	1,4	1,1	0,7	2,2	0,5	0,9	$\bar{n}_h = 1,24$
$И. А. \Delta t$	0,6	3,0	4,8	2,5	0,5	2,6	2,0	1,8	$\Sigma \Delta t = 17,8$
n	0	8	11	2	0	7	2	3	$\Sigma n = 33$
n_h	0,0	2,7	2,3	0,8	0,0	2,7	1,0	1,7	$\bar{n}_h = 1,86$

Возможно, что на большем материале ход часовых чисел наиболее слабых телеметеоров окажется несколько отличным.

При наблюдениях автором были отмечены 2 телеметеора необычного вида: очень медленные, прозрачные, напоминающие мыльные пузыри, более яркие к краю, довольно резко очерченному. Этот тип слабых телеметеоров, не встречающийся среди обычных телеметеоров, неясен по своей физической природе и требует дальнейшего изучения.

ЛИТЕРАТУРА

1. Тр. Ин-та физ. и геоф. АН ТуркмССР 2, стр. 5, 1956, Ашхабад.
2. Астр. журн. 12, № 1, стр. 60—100, 1935.
3. Астапович И. С., Метеорные явления в атмосфере Земли, Гос. изд. физ.-мат. лит., Москва, 1958, 640 стр.

ОБ ОПРЕДЕЛЕНИИ ВЕРОЯТНОСТИ ИОНИЗАЦИИ В МЕТЕОРНЫХ СЛЕДАХ МЕТОДОМ РАДИО- ВИЗУАЛЬНЫХ НАБЛЮДЕНИЙ

Ю. А. ЛОЩИЛОВ

В работе Кайзера (1) изложен следующий метод определения вероятности ионизации β в метеорных следах: считая, что и свечение метеора и ионизация в следе являются следствием столкновений испарившихся атомов метеорного тела с молекулами воздуха (против чего, конечно, возражать нельзя); Кайзер предлагает следующую зависимость абсолютной зенитной величины метеора от максимальной линейной плотности электронов в следе

$$M = -2,5 \lg \alpha_{\max} + \text{const} \quad (1)$$

Эта зависимость предполагается справедливой для любого метеора.

Используя, далее, данные совместных радио-визуальных наблюдений, в частности, наблюдения Маннинга (2) потока Персеид 1947 г. Кайзер определяет постоянную в уравнении (1). Она оказалась равной 35.

Теоретическое соотношение между M и α_{\max} можно записать в виде

$$M = 25,35 - 2,5 \lg \left(\frac{\tau \mu v^3 \alpha_{\max}}{\beta} \right) \quad (2)$$

где τ — коэффициент светимости, v — скорость метеора и μ — атомный вес испарившегося атома.

Из уравнений (1) и (2) возможно определить отношение:

$$\frac{\tau}{\beta}$$

Опираясь, далее, на работу Яккия (3), который, в свою очередь, использовал теоретические данные Эпика (4), Кайзер смог оценить величину β и, полагая $\beta \sim v^n$, показатель n . По Кайзеру:

$$0,1 < \beta < 1 \text{ и } n = 0 \pm 0,6 (20 < v < 60 \text{ км/сек})$$

Необходимо подчеркнуть, что Кайзер пользовался данными радио-визуальных наблюдений только по потоку Персеид.

Хокинс (5), исследуя зависимость β от v , предложил использовать данные радио-визуальных наблюдений по двум потокам — по потоку Персеид и по потоку Геминид. Полагая уравнение (1) универсальным, Хокинс получил из экспериментальных данных:

$$M_{\Pi} = -2,5 \lg \alpha_{\max} + 35,75$$

$$M_{\Gamma} = -2,5 \lg \alpha_{\max} + 34,89$$

для метеоров из потока Персеид и Геминид соответственно. Применяя далее уравнение (2), Хокинс получил

$$\frac{\tau}{\beta} \sim v^{-4,56},$$

а так как обычно полагают $\tau \sim v$, то

$$\beta \sim v^{5,6}$$

Таким образом, в противоположность выводам Кайзера, Хокинс получил очень сильную зависимость вероятности ионизации в следе от скорости метеора.

Однако, с выводами Хокинса согласиться нельзя.

Если обратиться к работе Миллмана и Мак-Кинли (6), в которой даны результаты радио-визуальных наблюдений по потокам Персеид, Геминид и δ — Акварид, обработанные с учетом критических замечаний по работе Миллмана (2), то мы увидим следующее:

1. Экспериментально определялась зависимость M и T , где T абсолютная длительность метеорного эхо. Оказалось, что между логарифмами M и T существуют линейные зависимости вида:

$$\lg T_{\Pi} = 0,87 - 0,406 M_{\Pi}$$

$$\lg T_{\Gamma} = 1,15 - 0,349 M_{\Gamma} \quad (3)$$

$$\lg T_{\delta} = 1,21 - 0,322 M_{\delta}$$

2. Так как использовались переуплотненные следы, применялась теоретическая формула (Гринхау (7)), для длительности T метеора.

$$T = \frac{a}{4\pi D N_c} \quad (4)$$

где D коэффициент диффузии на высоте метеора, N_c критическая плотность электронов для данной длины волны локатора. Запишем (3) в виде

$$\lg T = a - bM$$

и (4) в виде

$$\lg T = \lg a - \lg c$$

где a , b , c постоянны для данного потока. Исключая из (3) и (4) $\lg T$ получим

$$M = -\frac{1}{b} \lg a + \frac{a + \lg c}{b} \quad (5)$$

Сравнивая (1) и (5) мы видим, что лишь для потока Персеид уравнение (1) соблюдается весьма точно, как при $b = 0,406 \frac{1}{b} \sim 2,46$. Для потока Геминид по данным Миллмана и Мак-Кинли $\frac{1}{b} \approx 2,86$, а для потока δ — Акварид $\frac{1}{b} \approx 3,1$, т. е. наблюдаются значительные отклонения от зависимости (1).

Таким образом, если считать данные Миллмана и Мак-Кинли верными, то нельзя пользоваться зависимостью (1) для потока Геминид, как это делает Хокинс. Если же зависимость (1) верна, то данные радио-визуальных наблюдений не могут быть использованы (за исключением потока Персеид) для вычисления постоянных в уравнении (1), а стало быть для определения зависимости β от v .

Выводы.

1. Сильная зависимость β от v , полученная Хокинсом по данным радио-визуальных наблюдений потока Персеид и потока Геминид, является необоснованной.

2. Определения β и зависимости β от v , данные Кайзером по радио-визуальным наблюдениям Персеид, остаются в силе.

ЛИТЕРАТУРА

1. Kaiser T. R. „Radio Echo Studies of Meteor Ionization“ 1953 Advances in Physics, v. 2, p. 495
2. Millman P. M. 1950 J. Roy. Astron. Soc. Can. v. 44, p. 209
3. Jaccchia L. G. „Photographic meteor phenomena and theory“ 1949 Harv. Repr. Techn. Rep. 2-3
4. Opik E. J. Publ. Tartu Obs. (1933) 26; Harvard Repr. 100.
5. Hawkins G. S. 1956 Astrophys. J. v. 124, p. 311
6. Millman P. M. McKinley D. W. R. „Meteor echo duration and visual magnitude“ 1956 Can. Jour. Phys. v. 54, p. 50
7. Greenhow J. S. 1952 Proc Phys. Soc. (London) B v. 65, p. 169

ПРИМЕНЕНИЕ ТЕОРИИ АТОМНЫХ СТОЛКНОВЕНИЙ К ПРОЦЕССАМ ИОНИЗАЦИИ В МЕТЕОРНЫХ СЛЕДАХ

Ю. А. ЛОЩИЛОВ

Определение вероятности ионизации β в метеорных следах и зависимости ее от параметров метеора представляет собой одну из основных задач теории метеорной ионизации.

Эта задача еще не разрешена полностью. Результаты исследований различных авторов зависимости β от скорости метеора v при аппроксимации

$$\beta = av^q$$

дают для q значения резко отличающиеся друг от друга. Что касается значений β , то Кайзер (1) полагает, что оно заключается в пределах

$$0,1 < \beta < 1.$$

Это согласуется с расчетами Месси и Сайда, которые получили $\beta = 0,2$ в случае, если атомы метеорного тела имеют энергию 1000 eV.

Следует отметить, что работа Месси и Сайда является единственной, в которой применяются квантово-механические методы расчета β . Остальные авторы использовали те или иные косвенные методы, не всегда надежно обоснованные (7).

Расчитывая вероятность ионизации Месси и Сайда получили для β следующее выражение:

$$\beta \approx 2 \int_{E_t}^E \frac{Q_i dE}{EQ_d}, \quad (1)$$

где Q_i — сечение ионизации, Q_d — эффективное сечение диффузии, E — энергия частицы, E_t — пороговая энергия. Для Q_d Месси и Сайда дали следующее выражение:

$$Q_d = Q_0 \left(\ln \frac{E}{C} \right)^2, \quad (2)$$

где $Q_0 = 0,165\pi a^2$ (a — радиус первой боровской орбиты), а $C = 12800eV$.

Выражение (2) было предложено на основании расчета Q_d для столкновения между атомами Ca и Ne , сделанного в предположении равенства масс сталкивающихся атомов

Q_d для столкновений между атомами Ca и Ne
(массы считаются равными).

(Энергия eV)	Q_d (в единицах πa^2)
75	4,39
150	3,20
750	1,34
1500	0,77

Если атомы Ca можно считать примером атомов метеорного тела, то атомы Ne , конечно, не являются типичными для атмосферы, которая на метеорных высотах состоит из молекул N_2 , O_2 и, возможно, атомов O , но все же общий характер изменения Q_d в зависимости от E , вероятно, мало уклоняется от истинного.

Сечение ионизации Q_i Мессе и Сайда полагали не зависящим от энергии. Это позволяет, полагая $\beta = av^q$ определить q . Получается:

$q \sim 1,3$ и $1,2$ для $E_t = 20eV$ и $10 eV$ соответственно.

Предположение, что Q_i не зависит от E , является слишком грубым. Для уточнения результатов можно было бы пользоваться результатами работы Бейтса и Мессе (10), в которой дано следующее выражение:

$$Q_i = (3,8 \cdot 10^{-15} \cdot g \cdot M^{1/2} \cdot R_x^3) \frac{\pi a^2}{E^{1/2} \cdot t}, \quad (3)$$

где g — статистический весовой множитель порядка единицы, M — приведенная масса сталкивающихся атомов (масса протона принята за единицу), R_x — расстояние, на котором энергия взаимодействия атомов A и B равна энергии взаимодействия атома A с ионом B^+ , E — энергия относительного движения и t — время жизни в секундах для автоионизации комплекса AB , когда расстояние меньше R_x .

Соотношение (3) выведено Бейтсом и Мессе теоретически. Как следует из (3) Q_i уменьшается с энергией E . Это положение опровергается непосредственными опытами в диапазоне метеорных скоростей.

Быдин и Бухтеев (8) исследовали ионизацию атомов калия ($E = 200-2000 eV$) при столкновении с атомами Ar и молекулами N_2 , O_2 , H_2 . Выводы, к которым пришли Быдин и Бухтеев, следующие:

- 1) Q_i растет с увеличением E .
- 2) Величина эффекта возрастает при переходе от аргона

к молекулярным газам, а среди последних от водорода к более тяжелым газам.

3) Имеется пороговое значение энергии, ниже которого ионизация не наблюдается.

4) По Мессе и Бурхопу (9) сечения Q_i должны быть малы при медленных столкновениях; получились же довольно большие значения Q_i .

К сожалению, кривые, приведенные в статье Быдина и Бухтеева, не позволяют аппроксимировать их в целом более или менее простой формулой. Кроме того, калий не является типичным атомом для метеорных тел.

Однако, возможно оценить зависимость β от E , хотя бы в случае столкновений с молекулами N_2 , так как эта кривая может быть аппроксимирована параболой

$$Q_i = \text{const} \sqrt{E}$$

Тогда

$$\beta \approx \text{const} \int_{E_t}^E \frac{\sqrt{E} dE}{E Q_d}$$

или, используя Q_d по Мессе и Сайда:

$$\beta \approx \text{const} \int_{E_t}^E \frac{dE}{E^{1/2} (\ln \frac{E}{C})^2}$$

Отсюда

$$\beta \approx \text{const} \left\{ \frac{\left(\frac{E}{C}\right)^{1/2}}{\ln \left(\frac{E}{C}\right)} - \frac{\left(\frac{E_t}{C}\right)^{1/2}}{\ln \left(\frac{E_t}{C}\right)} + \frac{1}{2} \left[Ei \left(\frac{1}{2} \ln \frac{E_t}{C} \right) - Ei \left(\frac{1}{2} \ln \frac{E}{C} \right) \right] \right\} \quad (4)$$

Из (4) видно, что зависимость β от v не может быть сильной.

Необходимо отметить, далее, что, вообще, выражение (1) может дать сильную зависимость β от v лишь при наличии сильной зависимости Q_i от v (при условии, что Q_d дано в виде (2)), что, очевидно, не подтверждается опытом.

ЛИТЕРАТУРА:

1. Kaiser T. R. Advans. Phys. 1953, v. 2, № 8, pp. 495-544.
2. Massey and Sida. Phil Mag. v. 46, № 373, pp. 191-198.
3. Evans S. Mont. Not. R. A. S. 1954, v. 114, № 1, p. 63-73.

4. Evans S. and Hall J. E. „Meteors“ ed. T. R. Kaiser, 1955
5. Whipple F. L. Ap. J. 1955 v. 121, pp 241—250
6. Hawkins G. S. Astroph. J. 1956 v. 124 pp. 311—313
7. Ю. А. Лоцилов. «Об определении вероятности ионизации в метеорных следах методом радио-визуальных наблюдений». Изв. О.А.О., т. 5, вып. 1, стр. 35.
8. Быдин и Бухтеев, Докл. АН СССР 1958 г., т. 119, № 6, стр. 1131.
9. Месси и Бурхол, «Электронные и ионные столкновения», М., 1958.
10. Bates D. A., Massey H. S. W. Phil. Mag. 45, 111, 1954

ОПРЕДЕЛЕНИЕ ПРЯМЫХ ВОСХОЖДЕНИЙ 645 ЗВЕЗД ФКСЗ В СИСТЕМЕ ФКЗ

Б. В. НОВОПАШЕННЫЙ

Введение

В 1932 году на астрометрической конференции в Пулкове советскими астрономами была выдвинута проблема создания новой, более совершенной по сравнению с существующими, фундаментальной системы звездных положений, так называемой системы слабых звезд.

В 1938 году на III Всесоюзной астрометрической конференции в Пулкове был обсужден и утвержден план выполнения большой кооперативной работы, состоящей в определении положений звезд Большого каталога слабых звезд. Согласно этому плану в первую очередь должно быть произведено определение положений 931 звезды фундаментального каталога, при помощи дифференциального метода, для привязки новой системы к системе ФКЗ.

Впоследствии к этому фундаментальному каталогу будет привязан Большой каталог, который в свою очередь будет привязан к системе далеких внегалактических туманностей.

По утвержденному Астросоветом АН СССР в 1939 году плану, Одесской астрономической обсерватории было поручено дифференциальное определение прямых восхождений и склонений 645 звезд фундаментального каталога слабых звезд в системе ФКЗ. Предполагалось произвести по два определения каждой координаты.

Определение положений звезд на меридианном круге взяла на себя: прямых восхождений — старший научный сотрудник обсерватории Б. В. Новопашенный, склонений — научный сотрудник А. С. Цесюлевич. Наблюдения были начаты в июне 1940 г.

Обработка всех наблюдений прямых восхождений была закончена. В результате мною был составлен каталог прямых восхождений 645 звезд фундаментального каталога слабых звезд (ФКСЗ) в системе ФКЗ, использованный затем ГАО АН СССР при составлении «Предварительного фундаментального каталога слабых звезд (ПФКСЗ)».

§1. Программа наблюдений и ее выполнение

В программу определений прямых восхождений, выполнявшуюся в Одесской Обсерватории, вошли 645 слабых звезд го склонениями от $+90^\circ$ до -30° . Эта программа составляет часть списка фундаментального каталога слабых звезд, который был составлен в Государственном Астрономическом институте имени Штернберга под руководством проф. М. С. Зверева в 1939 году. В 1947—1948 гг. этот список был пересмотрен; из первоначального списка 44 звезды были исключены и заменены другими. Принцип этой замены таков. Звезды спектральных классов M и N исключались. Вместо них в список были включены звезды спектральных классов F, G и K.

В наш каталог вошли только звезды, внесенные в первоначальный вариант списка. Из этого списка не наблюдалась звезда № 47 (Полярная); зато под № 135 в каталоге содержатся две звезды: 135 и 135a (одна из них входила в самый первый вариант и вскоре была заменена другой). Таким образом в настоящем каталоге даются прямые восхождения 645 слабых звезд, из числа которых только 601 звезда входит в окончательный вариант списка 645 звезд фундаментального каталога слабых звезд в зоне от $+90^\circ$ до -30° .

Опорными звездами при наблюдении настоящего каталога служили звезды основного списка FK3 в количестве 360.

Положения опорных звезд выбирались из Берлинского Ежегодника или Астрономического Ежегодника СССР, при чем дополнительно вычислялась и вводилась поправка за короткопериодические члены нутации. Опорные звезды распределялись в течение вечера наблюдений более-менее равномерно; в среднем в час наблюдалось 6—8 опорных звезд. Блеск всех опорных звезд ослаблялся при помощи решетки-жалюзи, установленной перед объективом, до блеска звезд 8,0—8,5 величины. Все звезды, как опорные, так и определяемые, наблюдались только в верхней кульминации. Только те звезды, которые служили для определения постоянной инструмента n , наблюдались и в нижней кульминации.

Согласно утвержденному в 1938 г. плану звезды фундаментального каталога должны были наблюдаться на каждой обсерватории по 2 раза (один раз «круг восток», второй раз «круг запад»). Однако я решил наблюдать каждую звезду по 4 раза, чтобы получить более полноценный самостоятельный каталог.

Наблюдения выполнялись обычным относительным методом с использованием контактного микрометра.

В таблице 1 приведены данные о распределении числа выполненных наблюдений. Указано количество ночей, в течение которых производились наблюдения, количество наблюде-

ний объектов фундаментального каталога слабых звезд (FK3), количество наблюдений опорных звезд (FK3) и общее количество наблюдений.

Таблица 1

Число наблюдений	Годы					Всего	
	1940	1941	1942	1943	1944		
Ночей наблюдений	38	45	48	53	3	187	
Наблюдаемый звезд {	FK3	809	1183	530	409	3	2934
	FK3	948	1171	970	800	15	3904
	Всего	1757	2354	1500	1209	18	6838

В таблице 2 указано количество определяемых звезд наблюдавшихся 1—2, 3, 4, 5, 6, 7 и более раз. Из этой таблицы видно, что большинство звезд наблюдалось по 4 раза.

Таблица 2

Распределение количества наблюдений по звездам FK3:

1—2	3	4	5	6	7 и более	Всего
2	34	399	164	35	11	645

Наблюдения производились на меридианном круге Одесской астрономической обсерватории.

Одесский меридианный круг был изготовлен в 1862 г. фирмой Репсольд в Гамбурге; в Одессе он с 1871 г. Диаметр объектива 135 мм, фокусное расстояние 198 см, окулярное увеличение 200. С 1930 г. оптика поставлена цейссовская.

§ 2. Наблюдения для определения прямых восхождений

а) План наблюдений. Все определения прямых восхождений производились дифференциальным способом. Согласно инструкции для наблюдений звезд FK3, обработка должна производиться по известной формуле Бесселя (для верхней кульминации):

$$\alpha = T + (c - \gamma) \sec \delta + n t \gamma \delta + (u + m)$$

Так как я использовал контактный микрометр и запись на ленте хронографа, то T есть средний момент наблюдения,

полученный по измерению ленты хронографа, с добавлением половины ширины контакта (ш. к.).

Формула Бесселя выгоднее формулы Майера тем, что при наблюдениях не надо отсчитывать уровень и имеется возможность учета непрерывного изменения инструментальных ошибок в азимуте и наклонности и поправки часов в течение периода наблюдений по величинам n и $(u+t)$. Величина n определялась не менее четырех раз за ночь наблюдений. Это обеспечивало должный контроль за изменением этой величины.

б) **Выполнение наблюдений.** Павильон открывался за некоторое время до начала наблюдений для выравнивания температуры воздуха внутри и снаружи павильона и температуры инструмента. Далее проверялась работа хронографа и определялся параллакс перьев. Параллакс перьев определялся еще и по окончании всех наблюдений.

По отсчету круга-искателя труба инструмента устанавливалась для наблюдения очередной звезды. Подвижная вертикальная нить микрометра ставилась в начальное положение. Установка нити в начальное положение в последующем выполнялась сразу после наблюдения очередной звезды, чтобы инструмент уже был готов к наблюдению следующей звезды (это весьма существенно ускоряет работу).

Когда звезда появлялась в поле зрения, ее изображение устанавливалось между двумя горизонтальными нитями. За несколько секунд до подхода звезды к начальному положению пускался в ход хронограф, чтобы хронограф, постепенно набирая скорость, шел к моменту начала ведения нити равномерно. Когда звезда подходила к подвижной нити микрометра я начинал одновременно двумя руками вращать обе рукоятки винта микрометра и плавно вести нить так, чтобы она все время пересекала изображение звезды. При вращении рукояток винта приходилось менять положение пальцев, но, конечно, не одновременно. Нить микрометра я вел со звездой на протяжении пяти оборотов винта и, когда звезда доходила до конечного положения, останавливал хронограф.

Для последующей обработки ленты хронографа необходимо, чтобы на ленте для каждой звезды имелось или начало минуты (определяемое пропуском 59-й секунды) или была бы известна последняя секунда записи. Поэтому, если во время ведения нити нет начала минуты, я, останавливая хронограф, замечаю на какой секунде его остановил и записываю это в журнал.

Чтобы потом легче было разметить ленту хронографа и отметить средний контакт (нулевой контакт нулевого, среднего, оборота винта), я замечал, с точностью до 0,5 секунды, прохождение звезды через положение среднего (нулевого) контакта, который находится около средней нити, на 0,9 сек.

от нее к востоку при положении «круг Запад». Для этого во время ведения нити я считал секунды часов до нулевого контакта или начиная их счет от нулевого контакта до остановки хронографа; в последнем случае, зная секунды остановки хронографа, я легко рассчитывал, когда звезда была около средней нити.

Отметка момента прохождения звезды через среднюю нить (нулевой контакт) важна также и для контроля. Зная с точностью до секунды прямое восхождение наблюдаемой звезды, можно легко рассчитать из наблюдений опорных и определяемых звезд, когда каждая данная звезда должна проходить через среднюю нить и когда она должна появиться в поле зрения. Разница в несколько секунд указывает, что при отождествлении звезды произошла ошибка. А такая ошибка возможна, когда в поле зрения видно несколько звезд почти одинакового блеска, почти одинакового склонения, но отличающихся по прямому восхождению на несколько секунд. Такой предварительный расчет можно сделать, как только появится звезда в поле зрения окуляра, замечая моменты ее появления.

При наблюдениях использовался пишущий хронограф оригинальной конструкции и работы механика И. А. Тимченко; длина одной секунды на ленте 10 мм. Барабан окулярного микрометра дает на один оборот 8 контактов. Цена оборота микрометра 3,345 сек.

При наблюдении определяемых звезд следует всегда отмечать их видимую звездную величину. Это уточняет величину звезды для каталога, которая могла быть дана ошибочно в прежних каталогах и списках звезд, и помогает обнаружить ошибку, если наблюдалась не та звезда.

При наблюдении звезд необходимо отмечать качество их изображения по пятибальной шкале.

Нет необходимости ставить отметку качества изображения каждой звезды, если оно для ряда звезд одинаково, но необходимо отмечать, если оно изменилось, а это может быть или из-за ухудшения или улучшения состояния неба и в зависимости от зенитного расстояния звезды.

При наблюдениях следует отмечать в начале вечера, в конце, а иногда в течение вечера температуру воздуха, состояние неба (облачность, дымка, легкая пелена, прозрачность), наличие ветра, его направление и силу. Знание температуры особенно необходимо, если уже установлено существование зависимости тех или иных инструментальных погрешностей от температуры.

Опорные звезды выбирались с таким расчетом, чтобы они достаточно обеспечивали наблюдавшиеся в данный вечер звезды. Возможная близость по склонению (до $\pm 5^\circ$) опорных и определяемых звезд важна потому, что все инструменталь-

Результаты определений ширины контакта

Год	Дата	Температура	^s (в 0.001)	
			$\frac{1}{2}$ ширины контакта	
1939	XI 11	7°.0	39	
1940	VII 31	24.0	51	
	VIII 3	—	26	
	IX 25	22.0	27	
	X 17	6.6	27	
	XI 26	5.0	24	
	III 3	2.0	24	
1941	IV 23	10.8	26	
	VI 18	22.6	26	
	III 23	2.5	26	
	IX 16	18.8	29	
1942	XI 29	4.2	26	
	VI 29	4.2	18	
	I 15	-8.0	18	
	I 19	—	46	
	II 17	2.3	46	
	III 27	5.4	52	
	IV 20	19.2	55	
	VI 8	18.5	53	
	VII 31	25.6	53	
	X 29	3.0	52	
1943	XI 27	5.6	46	
	I 12	—	47	
	III 17	5.3	45	

в) Поправка за коллимацию. — Коллимация определялась по двум горизонтальным коллиматорам, с двойной перекладкой инструмента на 180°. Результаты ее измерений приводятся ниже в таблице 4. Зависимость коллимации от температуры не обнаружена. Коллимация для промежуточных дней рассчитывалась простой интерполяцией; считалось, что она изменяется пропорционально времени.

Примененная в Одесском меридианном круге система закреплений объектива, окулярной части трубы с микрометром и вся система контактного микрометра гарантирует достаточное хорошее постоянство величины коллимации.

Величина коллимации изменялась мною один раз 26 июня 1942 г. Изменение величины коллимации в 1941 г. между 14 июня и 17 декабря произошло оттого, что 28 июля 1941 г. объектив был снят, а 17 декабря 1941 г. снова поставлен.

ные поправки не являются известными абсолютно точно, как и не является известным достаточно точно их изменение в течение вечера во времени и по склонению звезд. Поэтому, если опорные и определяемые звезды достаточно близки по склонению и по прямому восхождению, то влияние инструментальных ошибок будет одинаковым.

Для определения величины n наблюдались, согласно инструкции, 3—4 близполюсных звезды, в том числе 1—2 в нижней кульминации, по возможности равномерно расположенные в течение вечера.

§ 3. Обработка наблюдений

а) Обработка ленты хронографа. Разметка ленты и подготовка ее к измерению всегда производится самим наблюдателем. В некоторых случаях, за средний контакт (*) брался нулевой контакт первого оборота после среднего. После разметки лента поступала к лаборанту для ее измерения. Результаты измерений выписывались в журнал; схема записи составлялась таким образом, чтобы было удобно выводить среднее из двух симметричных контактов. Затем вычислялось среднее значение из моментов каждой пары контактов и среднее из всех этих средних. Таким образом получался средний момент T как-бы прохождения звезды через «среднюю нить», т. е. через то положение подвижной нити, которое соответствует нулевому отсчету барабана нулевого (среднего) оборота винта микрометра.

б) Поправка за ширину контакта. Так как все измерения относились к началу контакта (замыкания), то необходимо было привести их к середине контактов, вводя поправку за ширину половины контакта. Ширина контакта сохранялась почти постоянной; явной зависимости от температуры обнаружено не было. Результаты определения ширины контакта приведены ниже в таблице 3. Ширина контакта для промежуточных дней рассчитывалась простой интерполяцией; изменение ширины контакта считалось пропорциональным времени.

В меридианном круге использовался окулярный микрометр Репсольда, к которому механики И. А. и Н. И. Тимченко сконструировали и выполнили контактную систему, обеспечивающую постоянство ширины контакта.

Поправка τ за половину ширины контакта вводилась по формуле:

$$\tau = \frac{1}{2} (\text{ш. к.}) \sec \delta$$

За все время наблюдений звезд каталога ширина контакта изменялась мною всего 3 раза: в 1940 г. 3-VIII, 1942 г. 29-XI и 1943 г. 15-I.

Таблица 4

Результаты определения коллимации
(знак коллимации соответствует положению «Круг В»)

Год	Дата	Круг	Температура	Коллимация	
1940	VII 4	В-З-В	22°.5	-0.176	
	VII 24	В-З-В	21.0	-0.186	
	VIII 3	В-З-В	18.6	-0.158	
	VIII 24	В-З-В	18.0	-0.209	
	IX 2	В-З-В	—	-0.211	
	IX 16	З-В-З	18.8	-0.185	
	X 18	З-В-З	8.8	-0.160	
	XI 26	З-В-З	5.1	-0.240	
	1941	I 20	З-В-З	1.5	-0.261
		III 3	В-З-В	0.6	-0.242
		IV 5	В-З-В	13.0	-0.223
V 12		З-В-З	11.6	-0.250	
V 31		З-В-З	19.5	-0.221	
VI 14		З-В-З	14.0	-0.237	
XII 17		З-В-З	5.6	-0.421	
1942	II 22	З-В-З	-7.0	-0.422	
	II 23	В-З	-2.2	-0.402	
	IV 22	З-В-З	10.2	-0.413	
	V 26	З-В-З	22.1	-0.475	
	VI 26	З-В-З	20.6	+0.010	
	VII 18	З-В-З	23.0	+0.011	
	IX 3	З-В	15.8	+0.047	
	IX 7	В-З-В	—	+0.035	
	XI 3	З-В-З-В	12.8	+0.035	
	1943	I 2	В-З-В	2.8	+0.034
II 27		В-З-В	2.4	+0.023	
III 30		З-В-З	4.9	-0.025	
V 4		В-З-В	12.7	-0.018	
VI 7		В-З-В	20.3	-0.023	
VII 31		В-З-В	22.8	-0.026	
IX 13		В-З-В	16.5	-0.011	
X 29		В-З-В	6.1	+0.013	
XI 26		В-З-В	11.3	+0.007	
XII 23		В-З-В	3.5	+0.023	
1944		I 30	В-З-В	—	+0.002
		III 14	В-З-В	—	+0.018

г) Определение величины n . — Величина n определялась по близполюсной и южной звездам. Составлялись два уравнения

$$\alpha_p = T'_p + (u + m) + n \operatorname{tg} \delta_p$$

$$\alpha_e = T'_e + (u + m) + n \operatorname{tg} \delta_e$$

откуда

$$n = \frac{(\alpha_p - T'_p) - (\alpha_e - T'_e)}{\operatorname{tg} \delta_p - \operatorname{tg} \delta_e}$$

где α_p , δ_p видимые координаты близполюсной звезды, α_e , δ_e видимые координаты южной звезды, T' — среднее арифметическое парных контактов плюс $1/2$ ширины контакта, плюс поправка за коллимацию и суточную aberrацию.

Величина $(u + m)$ в обоих уравнениях принимались одинаковой, т. к. обе звезды наблюдались по времени близкие одна за другой. Суточный же ход часов все время не превосходил 0,2—0,3 секунды и можно полагать, что за несколько минут он не изменялся.

Для обработки наблюдений звезд, произведенных в данный вечер, величина n рассчитывалась следующим образом. Если был ясно выражен ход величины n по времени, то для данной звезды величина n отыскивалась простой графической интерполяцией.

Например, 26 ноября 1940 г. были получены следующие значения n :

Время	n
23 ч. 57 м.	-0.216
0 1	-0.215
0 43	-0.232
2 0	-0.258
2 13	-0.241
2 32	-0.277

Осредняя, я принял для

Время	n
23 ч. 57 м.	-0.216
0 43	-0.232
2 0	-0.258
2 23	-0.259

В данном случае ход по времени достаточно хорошо выражен. Другой случай наблюдался 7/8 октября 1940 г., когда величина n была в

Время	n
23 ч. 10 м.	-0.206
46	-0.194
54	-0.194
0 54	-0.199
2 2	-0.191

среднее—0.197

Хода по времени не видно и принято среднее значение n , равное -0.197 , для всего вечера.

д) **Вычисление $(u+m)$ и определение прямых восхождений звезд.** — С принятым для данной звезды значением n вычислялась величина $ntg\delta$ и затем по опорным звездам (в том числе и по близполюсным) выводилось $u+m$. Найденные значения $(u+m)$ наносились на миллиметровую бумагу; на горизонтальной оси откладывались моменты в масштабе $1 \text{ мин.} = 1 \text{ мм.}$ по вертикальной — величины $(u+m)$, в масштабе $0.002 = 1 \text{ мм.}$ По нанесенным значениям $u+m$ составлялся график изменений данной величины со временем. Величину $u+m$ для определяемых звезд я брал с этого графика. При этом если не была явно выражена зависимость изменения $(u+m)$ от склонения, а только от времени, то я проводил сглаженную кривую и с нее снимал $(u+m)$ для данной звезды. Если была ясно видна зависимость от склонения, то я проводил различные сглаженные кривые для различных зон склонений. Зависимость от склонения может возникнуть по той причине, что принятая величина n не вполне точно отвечает действительности, а потому и величина $ntg\delta$ не будет достаточно точной; эта неточность будет тем больше, чем больше величина склонения. Поэтому, когда опорная и определяемая звезды близки по склонению, всякие неточности и инструментальные ошибки будут меньше сказываться на выводе прямого восхождения звезды.

Суточный ход часов, как было указано, не учитывался, так как он вообще был небольшим, и изменение поправки часов происходило пропорционально времени и входило в выражение $(u+m)$.

Ниже дается пример обработки наблюдения опорной и определяемой звезды.

Вычисления велись по формулам:

$$u+m = (\alpha - T') - n \operatorname{tg} \delta$$

откуда

$$\alpha = T' + n \operatorname{tg} \delta + (u+m),$$

где T' есть, как указано выше, среднее арифметическое парных контактов, сложенное с полушириной контакта и поправкой за колимацию и суточную aberrацию.

К видимым местам опорных звезд, взятым из Берлинского Ежегодника или Астрономического Ежегодника СССР, добавлялись вычисленные нами поправки за короткопериодические члены нутации.

Пример. 7—8 октября 1940 г. Кр. З. $(c-\gamma) = +0.153$, $n = -0.197$, $i = -0.166$, $1/2$ ширины контакта = 0.027 .

Опорная звезда

		$\delta = +28^{\circ}47'.0$
α Андромеды	$\alpha = 0 \ 05 \ 21.086;$	среднее
Контакты		
$m \ s$	$m \ s$	$m \ s$
5	50.91 6 2.29	5 56.60
	51.49 1.61	.55
	52.14 1.00	.57
	52.77 0.45	.61
	53.34 59.66	.50
	53.90 59.12	.51
	54.72 58.57	.64
	55.35 57.85	.60
	55.92 57.27	.59
время среднего нулевого контакта	56.57	$\frac{m \ s}{5} \ 56.574$
		+ 0.031
		+ 0.175
	$1/2$ ш. к. $(c-\gamma)\operatorname{sec}\delta$	
	T'	$m \ s$ 5 56.780
	α	$m \ s$ 5 21.086
	$\alpha - T'$	- 35.694
	$ntg\delta$	- 0.109
	$u+m$	- 35.585

Определяемая звезда

		$\delta = +15^{\circ}23'$
№ 35	$\alpha = 1 \ 17 \ 29.5;$	Среднее
Контакты		
$m \ s$	$m \ s$	$m \ s$
18	2.62 18 14.26	18 8.44
	3.22 13.54	.38
	3.70 12.97	.38
	4.36 12.38	.37
	4.88 11.84	.36
	5.43 11.31	.37
	6.05 10.68	.36
	6.62 10.14	.38
	7.25 9.57	.41
	7.82 9.06	.44
время среднего нулевого контакта	8.42	18 8.389
		+ 0.028
		+ 0.159
	$1/2$ ш. к. $(c-\gamma)\operatorname{sec}\delta$	
	T'	18 8.576
	$ntg\delta$	+ -0.054
	$u+m$	18 8.522
	α	-35.575
		$m \ s$ 17 32.947

§ 4. Составление каталога прямых восхождений 645 звезд ФКСЗ

а) **Вывод средних мест.**—Все отдельные наблюдения звезд были, прежде всего, приведены на среднее место к началу и равноденствию года наблюдения. Приведение производилось по известной формуле:

$$\alpha_{\text{ср}} = \alpha_{\text{вид}} - [(A + A')a + (B + B')b + Cc + Dd]$$

где коэффициенты $A + A'$, $B + B'$, C и D выбирались из Берлинского Ежегодника, а коэффициенты a , b , c , d были получены от ГАИШ на 1940 и 1950 гг. и рассчитывались на год наблюдения.

Для упрощения вычислительной работы составлялась таблица значений $A + A'$, $B + B'$, C и D на каждый час местного звездного времени вечера наблюдений. При дальнейшей обработке уже легко получались значения этих коэффициентов для каждой звезды.

Собственные движения звезд не учитывались.

Затем производился перевод прямых восхождений с равноденствия года наблюдений на равноденствие 1950 г. по формуле:

$$\alpha_{1950} = \alpha_{1950 + T} - [I_{\alpha} \cdot T + II_{\alpha} T^2 + III_{\alpha} T^3]$$

Прецессионные величины I_{α} , II_{α} и III_{α} взяты для каждой звезды из таблицы, вычисленной в ГАИШ под руководством проф. М. С. Зверева. В эти величины собственное движение звезд не включено. Величина T — это промежуток времени от 1950 года до года наблюдения, выраженный в тропических столетиях. Следовательно для данного каталога это величина отрицательная. Таким образом все наблюдения звезд были приведены к равноденствию 1950.0.

б) **Приведение к среднему наблюдений сделанных при двух положениях инструмента.**—Все наблюдения были выполнены при двух различных положениях инструмента. При первом положении круг был расположен с западной стороны («Кр. З»). При втором—с восточной («Кр. В»). Так как все наблюдения были приведены к эпохе 1950.0, то можно было получить средние значения прямого восхождения каждой звезды из нескольких определений. Это было сделано для каждого положения круга отдельно. Затем из полученных средних значений были найдены полусуммы и полуразности. Первые из них дают нам среднее положение звезды, а вторые позволяют судить о систематических ошибках.

В таблице 5 приведены полуразности $B-3$, сгруппированные по пятиградусным зонам.

Полуразность средних прямых восхождений при разных положениях

инструмента (в 0.0001)

Зона		Число звезд	$1/2 (B-3)$	Зона		Число звезд	$1/2 (B-3)$	Зона		Число звезд	$1/2 (B-3)$
-30°	-25°	37	0	+15	+20	34	-36	+50°	+55°	26	-11
-25	-20	25	-3	+10°	+15°	31	-38	+55	+60	30	+28
-20	-15	23	+5	+20	+25	29	-57	+60	+65	21	-23
-15	-10	30	+28	+25	+30	29	-17	+65	+70	26	-8
-10	-5	33	-17	+30	+35	33	-26	+70	+75	21	-124
-5	0	35	-52	+35	+40	29	-14	+75	+80	20	-6
0	+5	31	-45	+40	+45	24	-35	+80	+85	18	-127
+5	+10	28	-26	+45	+50	27	+21				

Эта таблица показывает, что прямые восхождения звезд, полученные при положении «Кр. З», систематически больше прямых восхождений при «Кр. В», но разница незначительна.

Зонные полуразности $1/2 (B-3)$ были использованы мною в тех случаях, когда число наблюдений данной звезды при каждом положении круга было неодинаково. В последнем

случае вводилась небольшая поправка (не больше 0.002 — 0.003), приводящая результат наблюдения к точному среднему значению $1/2 (B+3)$. Но таких случаев было очень мало.

в) **Точность результата.**—Характеристикой точности результата определенной прямых восхождений может служить величина средней квадратической ошибки отдельного наблюдения звезды. Поэтому, получив среднее арифметическое значение прямого восхождения данной звезды (для 1950.0), я составлял отклонение каждого отдельного значения прямого восхождения этой звезды, приведенного к той же эпохе, от среднего арифметического. Средняя квадратическая ошибка одного наблюдения вычислялась по обычной формуле; затем она умножалась на косинус склонения для приведения к экватору. В таблице 6 приведены средние значения этих произведений по пятиградусным зонам, что характеризует точность наблюдений звезд входящих в каждую из зон. Таблица 6

Средняя квадратическая ошибка одного наблюдения

выраженная в 0.001 (приведенная к экватору)

Зона		Число звезд	$\epsilon \cos \delta$	Зона		Число звезд	$\epsilon \cos \delta$	Зона		Число звезд	$\epsilon \cos \delta$
-30°	-25°	36	± 19	+10°	+15°	31	+18	+50°	+55°	26	+16
-25	-20	25	17	+15	+20	34	18	+55	+60	29	13
-20	-15	23	16	+20	+25	29	15	+60	+65	21	13

Зона	Число звезд	$\epsilon \cos \delta$	Зона	Число звезд	$\epsilon \cos \delta$	Зона	Число звезд	$\epsilon \cos \delta$
-15° -10°	30	±19	+25° +30°	29	±16	+65° +70°	26	±12
-10 -5	33	18	+30 +35	33	15	+70 +75	21	12
-5 0	35	17	+35 +40	29	15	+75 +80	16	16
0 +5	31	17	+40 +45	23	17			
+5 +10	28	18	+45 +50	27	15			

г) Сравнение с GC и $FK3$. Сравнение настоящего каталога с GC произведено по общим 509 звездам. Для этого из GC выбиралось прямое восхождение каждой звезды (для 1950.0) и приводилось за счет собственного движения, данного в GC , к эпохе наблюдения звезды $FKC3$. Таким образом для сравнения были использованы прямое восхождение звезды $FKC3$ для средней эпохи наблюдения и равноденствия 1950.0 и прямое восхождение этой же звезды из GC для средней эпохи моего наблюдения и равноденствия 1950.0.

Чтобы выполнить это сравнение для каждой звезды составлялась разность $K - GC$ (K — данные одесского каталога). Эти разности группировались по пятиградусным зонам и осреднялись. Найденные значения приведены в таблице 7, в соответствующем столбце.

Затем была использована таблица I статьи Копффа, которая позволила рассчитать для этих же пятиградусных зон средние разности $FK3 - GC$ для средней эпохи одесского каталога. Они также приведены в таблице 7.

Это дало возможность получить разности $FK3 - K$ для каждой пятиградусной зоны. Так получалось значение систематической разности $\Delta\alpha$ (см. таблицу 7).

Таблица 7

Значение $\Delta\alpha$ (в 0.001)									
$\Delta\alpha_0$					$\Delta\alpha_1$				
Зона	Число звезд	$K - GC$	$FK3 - GC$	$FK3 - K$	Зона	Число звезд	$K - GC$	$FK3 - GC$	$FK3 - K$
-30° -25°	34	+2	-7	-9	+25° +30	18	-22	-15	+7
-25 -20	25	-5	-5	0	+30 +35	25	-14	-17	-3
-20 -15	22	-1	-6	-5	+35 +40	25	-13	-17	-4
-15 -10	29	-5	-7	-2	+40 +45	12	-18	-15	+3
-10 -5	32	-5	-8	-3	+45 +50	19	-10	-15	-5
-5 0	23	0	-9	-9	+50 +55	20	-30	-24	+6
0 +5	22	+3	-8	-11	+55 +60	21	-26	-35	-9
+5 +10	24	-11	-11	0	+60 +65	18	-42	-39	+3
+10 +15	20	-16	-12	+4	+65 +70	22	-45	-41	+4
+15 +20	25	-16	-13	+3	+70 +75	15	-63	-55	+8
+20 +25	20	-23	-14	+9	+75 +80	19	-60	-74	-14

Приведенные в таблице 7 данные позволили исключить указанную систематическую ошибку из разности $K - GC$ для каждой из звезд. Оставшиеся величины разностей послужили для исследования ошибки $\Delta\alpha_x$. Для этого все разности были расписаны в порядке прямого восхождения звезд и выводились средние значения для интервала равного трем часам. Результаты приведены в таблице 8.

Таблица 8

Значение $\Delta\alpha_x$ (в 0.001)				
Пределы прямых восхождений	Число звезд	$\Delta\alpha_x$		
		$K - GC$	$FK3 - GC$	$FK3 - K$
0 - 3	66	+2	+11	+9
3 - 6	63	+1	-7	-8
6 - 9	60	-15	-17	-2
9 - 12	63	-10	-8	+2
12 - 15	67	-5	-2	+3
15 - 18	57	-6	0	+6
18 - 21	63	+9	+8	-1
21 - 24	64	+22	+17	-5
среднее . . .		0	0	0

Данные таблиц 7 и 8 показывают, что систематические разности $FK3 - K$ малы.

Для составления окончательного каталога $FKC3$ в системе $FK3$ к полученному, как выше указано, значению прямого восхождения каждой звезды для 1950.0 прибавлялись найденные поправки $\Delta\alpha_0$ и $\Delta\alpha_x$. Для более правильного расчета поправок строились сглаженные графики изменения $\Delta\alpha_0$ по склонению и $\Delta\alpha_x$ по прямому восхождению, с которых и снимались необходимые поправки для данной звезды (по ее координатам). Таким образом были выведены окончательные значения прямых восхождений. Приведенные выше поправки $\Delta\alpha_0$ и $\Delta\alpha_x$ являются систематическими; при выводе их из большого числа наблюдений влияние случайных ошибок сгладилось и остались только систематические поправки. Вводя эти систематические поправки $\Delta\alpha_0$ и $\Delta\alpha_x$ я тем самым улучшаю выведенные прямые восхождения звезд, приводя их ближе к системе $FK3$. Новые окончательные значения $\Delta\alpha_0$ после введения поправок, приведены далее в таблице 9.

Из таблицы видно, что принятый метод действительно улучшил положение звезд каталога и приблизил его еще больше к системе $FK3$.

Таким образом можно прийти к выводу, что одесский каталог прямых восхождений 645 звезд $FKC3$ является выполненным достаточно надежно в системе $FK3$.

Таблица 9

Окончательные значения $\Delta\alpha_s$ (в 0,001)

Зона					Зона						
Число звезд		GC-K	FK3-GC	FK3-K	Число звезд		GC-K	FK3-GC	FK3-K		
-30°	-25°	34	+ 8	- 7	+ 1	+25°	+30°	18	+14	-15	-1
-25	-20	25	+ 6	- 5	+ 1	+30	+35	25	+ 9	-17	-8
-20	-15	22	+ 7	- 6	+ 1	+35	+40	25	+13	-17	-4
-15	-10	29	+ 1	- 7	- 6	+40	+45	12	+18	-15	+3
-10	- 5	32	+ 7	- 8	- 1	+45	+50	19	+14	-15	-1
- 5	0	23	+ 8	- 9	- 1	+50	+55	20	+28	-24	+4
0	+ 5	22	- 2	- 8	-10	+55	+60	21	+35	-35	0
+ 5	+10	24	+13	-11	+ 2	+60	+65	18	+37	-39	-2
+10	+15	20	+15	-12	+ 3	+65	+70	22	+39	-41	-2
+15	+20	25	+16	-13	+ 3	+70	+75	15	+61	-55	+6
+20	+25	20	+13	-14	- 1	+75	+80	9	+66	-74	-8
среднее . . .							+19	-20	-1		

В многочисленных вычислениях, связанных с каталогом, кроме меня, принимали участие под моим руководством сотрудники Одесской астрономической обсерватории: С. П. Вакулина, В. Б. Баласогло, А. О. Календерьян, В. В. Конин, Н. Д. Коломиец, А. Милавский, В. К. Масленникова, которым приношу благодарность. Весьма существенную помощь оказала С. П. Вакулина.

О СИСТЕМАТИЧЕСКИХ ОШИБКАХ ОДЕССКОГО ФОТОМЕТРИЧЕСКОГО КАТАЛОГА ИЗБРАННЫХ ПЛОЩАДЕЙ ЗВЕЗД

Б. А. ДРАГОМИРЕЦКАЯ

В течение ряда лет в Одесской астрономической обсерватории проводится работа по составлению Фотометрического Каталога избранных площадей. Суть этой работы состоит в следующем. При определении звездных величин звезд фотографическим путем приходится привязывать снимки к некоторым стандартам. Обычно пользуются стандартом Северного Полярного Ряда. Однако, было бы гораздо лучше иметь на каждой пластинке свой стандарт, к которому и привязывать звездные величины измеряемых объектов. Такие стандарты созданы Виртаненом и Высотским. Однако, эти стандарты относятся к фотовизуальным звездным величинам. Так как цветные системы различных каталогов различны, получение точных значений звездных величин затрудняется без знания показателя цвета. Чтобы получить его необходимо располагать фотографической звездной величиной. Поэтому нами было решено составить каталог фотографических звездных величин всех звезд, входящих в стандарты Виртанена и Высотского. Это и составляет цель данной работы. Выполнение работы потребовало от нас проведения ряда исследований, а именно исследования ошибки поля, изучения цветовой системы одесского Каталога и т. п. Настоящая статья посвящена описанию этих исследований.

§ 1. Сбор материала

Фотографический материал был получен в Одессе при помощи камеры, установленной на 6" рефракторе Кука. Камера снабжена объективом «Тессар ГОИ» диаметром 148 мм и с фокусным расстоянием 1000 мм. Снимки производились на несенсибилизированных пластинках Агфа-Астро размером 18×24 и 13×18. Использованные пластинки относились к разным годам выпуска, поэтому на некоторых из них заметна вуаль старения по краям; последнее не очень существенно, так как для измерений использовалась только середина пластинки.

План сбора фотографического материала заключался в следующем. Необходимо было получить цепочку снимков, перекрывающих друг друга до половины в полосе склонений $+15^\circ$ и $+5^\circ$ по всем прямым восхождениям. Звезды гидрирования выбирались вблизи таких центров: $+15^\circ, 0^h 10^m$; $+15^\circ, 0^h 25^m$; $+15^\circ, 0^h 40^m$; $+15^\circ, 0^h 55^m$; $+15^\circ, 1^h 10^m$ и т. д. на расстоянии 15^m прямого восхождения. Точно также выбраны центры для полосы $+5^\circ$, а именно: $+5^\circ, 0^h 10^m$; $+5^\circ, 0^h 25^m$; $+5^\circ, 0^h 40^m$ и т. д. Кроме того, для каждого нечетного часа прямого восхождения выбрано по 2 центра для связи полосы $+15^\circ$ с полосой $+5^\circ$, а именно: $+7^\circ.5, 1^h 0^m$; $+12^\circ.5, 1^h 0^m$; $+7^\circ.5, 3^h 0^m$ и т. д. Для каждого центра гидрирования необходимо получить 3 пластинки, но в некоторых случаях мы получили большее количество из расчета, что не все полученные пластинки будут хороши и в процессе измерения мы будем отбирать лучшие негативы.

Продолжительность каждой экспозиции была равна 30 минутам; за это время при помощи нашей камеры на пластинках получаются изображения звезд до 12—13 звездной величины.

Фотографирование производилось на протяжении 1953—1955 гг. Необходимо отметить, что в 1954 г. было очень мало ясных ночей даже в летние месяцы. В осенние, зимние и весенние месяцы в эти годы было всего несколько ясных ночей.

Поэтому нужный материал получен только для площадок с прямым восхождением от 18^h до 1^h — всего 228 негативов. Для всех остальных площадок получено всего лишь 220 пластинок.

Все пластинки проявлялись в стандартных условиях; проявление велось при температуре 18 — 20°C в течение 6—7 минут в проявителе следующего состава: Метол 2 г, Гидрохинона 5 г, Сульфита крист. 40 г, (или безводного 20 г), Поташа 40 г, Бромистого калия 3 г, на 1000 г дистиллированной воды.

Закрепитель применялся следующего состава: Гипосульфита 250 г, Сульфита крист. 10 г, Уксусной кислоты 5 г на 1000 г дистиллированной воды. Фиксирование продолжалось 20—25 минут, затем пластинки промывались в течение 2 часов в проточной воде.

§ 2. Определение звездных величин

Измерения пластинок производились на микрофотометре системы А. В. Маркова. (Описание микрофотометра и процесса измерений подробно приведено в работе проф. Цесевича «Опыт построения большого фотометрического стандарта в созвездии Водолея», Известия Главной Астрономической Обсерватории АН УССР, том I, 1953).

В качестве исходного стандарта для построения характеристических кривых были использованы Гарвардские площадки С, расположенные вдоль полосы $+15^\circ$ на расстоянии 2 часов по прямому восхождению. В этой же полосе для каждого часа прямого восхождения имеются площадки Кэмбриджского каталога, которые мы использовали для проверки получаемых результатов.

Основной метод наших определений звездных величин заключается в дифференциальных определениях путем привязки пластинки к пластинке. Для каждой пластинки первой группы, соответствующей Гарвардскому стандарту, характеристические кривые строились по данным для звезд Гарвардского стандарта. На этих же пластинках выбиралась группа звезд, которая служила нам в качестве первого субстандарта. Звезды для субстандарта мы выбирали из Боннского Обозрения, исходя из следующих соображений: 1) удобного положения субстандарта, 2) чтобы фотографические звездные величины этих звезд охватывали необходимый интервал от $7^m.0$ до $12^m.0$ и были в нем по возможности равномерно распределены по блеску, 3) чтобы звезды были расположены тесной группой, 4) чтобы количество звезд в субстандарте ограничивалось 20—25 звездами.

Звездные величины первого субстандарта определялись по нескольким негативам (от 3 до 6 негативов); затем выводилось среднее арифметическое и средняя квадратичная ошибка для каждой звезды. Эти звездные величины были использованы для построения характеристических кривых для следующей группы пластинок, на которых определялся второй субстандарт. Таким же образом определялся третий субстандарт.

Для проверки сходимости наших результатов служили звездные величины Кэмбриджских площадок, которые расположены через каждый час прямого восхождения, и звездные величины Гарвардских стандартов, которые расположены через каждые 2 часа прямого восхождения.

При измерении использовались три диафрагмы в зависимости от размеров изображений звезд, включенных в программу.

Поэтому для каждой пластинки были построены три характеристические кривые, которые в значительной степени перекрывали друг друга. Характеристические кривые для 1-й большой диафрагмы, использовались для ярких звезд; они строились, как правило, примерно по 10 звездам, две другие — по 20 звездам.

В некоторых случаях мы ограничивались измерениями только на двух диафрагмах: на второй и третьей.

Каждая звезда измерялась на двух, а иногда и на трех диафрагмах, и звездная величина для каждого негатива получалась как среднее арифметическое из двух или трех определений на разных диафрагмах. Исключением были очень яркие и очень слабые звезды; их звездные величины определялись только один раз. Ошибка определения звездных величин на разных диафрагмах, как и точность измерений на фотометре, равна 0.02—0.03 звездной величины.

Для построения характеристических кривых на оси абсцисс откладывалось отношение.

$$S = \frac{n_* - n_0}{n_{\phi} - n_0}$$

где n_* , n_{ϕ} и n_0 — отсчеты микрофотометра для звезды, фона и нуля, а на оси ординат — звездные величины. Для Гарвардских стандартов против каждой точки помечался спектральный класс. Точки, соответствующие красным звездам, располагались немного ниже характеристической кривой, и мы их не учитывали при проведении сглаженной кривой. Для звезд субстандарта нам неизвестны спектры, и все определения производились в нашей цветовой системе. И в одном и в другом случае данные хорошо ложились на характеристические кривые.

§ 3. Ошибки и их учет

Ошибки полученных звездных величин могут быть случайными и систематическими.

К систематическим ошибкам относятся: ошибки поля, цвета, шкалы и нуля. На исследовании этих ошибок мы остановимся ниже.

К случайным ошибкам мы отнесем неверное отождествление звезд при измерении; в этих случаях ошибочная звездная величина будет выскакивать из ряда определений и мы ее сможем исключить.

В наших определениях мы не учитывали поглощения в земной атмосфере. Все снимки по нашей программе производились вблизи меридиана с почти одинаковыми зенитными расстояниями (зоны склонения $+15^\circ$, $+5^\circ$). Стандарт и определяемые звезды во всех наших исследованиях находились на одной пластинке.

Вывод цветового уравнения

Для исследования цветового уравнения, ошибки шкалы и нуля нашей фотометрической системы мы использовали Кэмбриджский каталог.

В этом каталоге даны фотографические и фотовизуальные звездные величины, полученные фотографическим методом.

Для некоторого количества звезд получены также фотоэлектрические измерения. Все величины приведены к интернациональной системе, учтены поправки за цвет, ошибку поля, ошибку нуля и поглощение в атмосфере.

Из пластинок, полученных нами для определения звездных величин каталога Виртанена—Высотского в зоне $+15^\circ$, мы отобрали все снимки, на которых сфотографированы звезды, входящие в Гарвардские и Кэмбриджские площадки, одновременно. Для площадки 21^h , $+15^\circ$ выбрано 3 пластинки, для $23^h + 15^\circ$ — 4 пластинки и для 1^h , $+15^\circ$ — 4 пластинки. Характеристические кривые для каждой пластинки мы строили по звездам Гарвардских площадок, исключая звезды спектрального типа K и частично G . Звездные величины для площадок $C 11$, $C 12$ и $C 1$ взяты из 71-го тома Гарвардских *Анналов*, причем учтены поправки, которые приведены в статье проф. П. П. Паренаго «Каталоги и шкалы». Все звезды, исключая красные, хорошо ложились на характеристические кривые. Для сравнения систем мы строили характеристическую кривую по измерениям белых звезд Кэмбриджской площадки; обе характеристические кривые практически совпадали. При исследовании нашей системы мы использовали три площадки из Кэмбриджского каталога: 21^h , 23^h и 1^h прямого восхождения. Для каждой площадки имеется свыше 50 звезд с точными значениями показателя цвета, причем эти звезды охватывают все спектральные классы. Звездную величину для каждой звезды из указанных площадок мы получили в нашей системе, снимая показания с характеристической кривой, построенной по Гарвардским звездам.

Кэмбриджские и Гарвардские площадки на этих пластинках расположены вблизи центра, поэтому ошибка поля практически не влияла на измерения.

Затем мы вычисляли среднее арифметическое звездных величин, полученных из измерений 3—4 негативов. Отклонения звездных величин, полученных в нашей системе, относительно каталожных величин мы исследовали в зависимости от показателя цвета.

Чтобы выяснить возможную зависимость нашей системы относительно звездной величины и показателя цвета, мы разбили звезды для каждой площадки на четыре группы по звездным величинам. Первая группа охватывает звезды до 8-ой звездной величины, вторая — от 8-ой до 9-ой звездной величины, третья от 9-ой до 10-ой звездной величины и четвертая — все звезды слабее 10-ой звездной величины. Для каждой группы звезд была составлена система условных уравнений по типу:

$$a + cC = \Delta m,$$

где a — поправка за нульпункт, c — уравнение цвета, C — показатель цвета, Δm — разность между звездной величиной, полученной в нашей системе, и звездной величиной из Кэмбриджского каталога.

После решения каждой системы уравнений методом наименьших квадратов были получены значения a и c для разных звездных величин.

Результаты представлены в таблице (1). По данным этой таблицы методом наименьших квадратов были определены наиболее вероятные значения для c и a относительно средних значений звездных величин каждой группы звезд.

Площадка	m сред- нее	c	a	Коли- чество уравне- ний
Площадка $21^h + 15^\circ$	7.93	0.700	-0.264	4
	8.52	0.334	+0.044	24
	9.38	0.241	-0.048	41
	10.20	0.224	-0.341	3
Площадка $23^h + 15^\circ$	7.79	0.649	-0.291	3
	8.67	0.488	-0.191	16
	9.37	0.332	-0.274	19
	10.40	-0.143	+0.138	7
Площадка $1^h + 15^\circ$	8.58	0.490	-0.224	17
	9.48	0.430	-0.149	31
	10.45	-0.076	+0.244	5

Для c получено выражение:

$$c = 2.734 - 0.262 m \pm .362 \pm .0394$$

а для a получено выражение:

$$a = -1.067 + 0.103 m \pm .537 \pm .0584$$

В результате получена следующая формула приведения нашей системы к системе Кэмбриджского каталога:

$$m_{\text{Од}} - m_{\text{Кэм}} = -1.067 + 0.103 m - 0.262 (m - 10.44) \cdot C \quad (1)$$

Необходимо отметить, что предыдущая формула выведена относительно звездных величин Кэмбриджского каталога. Но для того, чтобы звездные величины полученные в нашей системе, приводить к интернациональной системе, нам нужно ввести в эту формулу с нашими величинами. Кроме того, показатели цвета, полученные для тех звезд, для которых имеются фотовизуальные величины, тоже не будут выраженными в интернациональной системе. Подставив наши величины и

приблизительные показатели цвета в приведенную выше формулу, мы получим первое приближение для наших величин в интернациональной системе. Затем, получив новые значения показателя цвета, мы можем найти уточненные данные о звездных величинах, используя ту же формулу.

Мы уже отмечали, что характеристические кривые, построенные по Гарвардским стандартам, не охватывали звезд спектральных классов K и M ; эти звезды в нашей цветовой системе получались слабее и образовали другую ветвь характеристической кривой.

Для того, чтобы проверить полученную выше формулу, звездные величины звезд Гарвардской площадки были переведены в нашу цветовую систему по формуле (1). Пользуясь переведенными величинами, мы строили характеристические кривые. Все звезды, включая звезды класса K и M , должны хорошо укладываться на них. На каждом графике были построены две характеристические кривые для разных диафрагм: второй и третьей. По ординате мы откладывали три звездные величины: 1) интернациональную, взятую из Гарвардского каталога, 2) приведенную к нашей цветовой системе по полной формуле (1), 3) приведенную к нашей системе по неполной формуле:

$$m_{\text{Од}} - m_{\text{Инт}} = 0,262 C \quad (2)$$

Приведенные по полной формуле звездные величины хорошо ложатся на характеристическую кривую для звезд слабее 8—8.5 звездной величины; для более ярких звезд с большими показателями цвета поправка за цвет по формуле (1) оказывается слишком большой. Это объясняется тем, что формула (1) выведена для звезд Кэмбриджских площадок, где были звезды как правило восьмой и слабее звездных величин. Для более ярких звезд хорошо укладываются на характеристическую кривую звездные величины, исправленные за цвет по неполной формуле (2).

Поправка за цвет, вычисленная по неполной формуле для звезд слабее 10 звездной величины оказывается слишком большой.

Подводя итоги, мы можем сделать следующий вывод. Для приведения нашей системы в интернациональную необходимо пользоваться полной формулой (1) для звезд слабее 8.5 звездной величины, а для звезд ярче 8.5 необходимо пользоваться формулой (2).

В процессе определения фотографических звездных величин нашего каталога мы пользовались Гарвардскими стандартами как основными. Однако, они отделены по прямому восхождению на два часа. Поэтому между ними, как уже было указано, для последовательной привязки избирались некото-

рые субстандартные площадки. Все определения звездных величин звезд входящих в субстандарты, производились нами в нашей цветовой системе, и приводить их к интернациональной мы не можем, так как для них неизвестны показатели цвета.

Приведение к интернациональной системе мы можем сделать для звезд площадок Виртанена—Высотского, для которых определены фотовизуальные величины.

Площадки же Кэмбриджского каталога, которые расположены через каждый час прямого восхождения для $+15^\circ$ склонения, мы используем для проверки сходимости получаемых нами звездных величин.

Исследование ошибки поля

Для исследования ошибки поля камеры были использованы данные американского каталога области Цефея—Ящерицы. В этом каталоге даны фотографические звездные величины, красные колориндексы, спектры и классы светимостей звезд. Колориндексы даны только для некоторой части звезд, преимущественно ранних спектральных типов. Звездные величины получены со снимков, снятых при помощи камеры Шмидта. Для ранних типов звездные величины измерялись при помощи фотометра Ейхнера. Окончательная вероятная ошибка полученных звездных величин с фотометром и фотографической шкалой соответственно равны ± 0.04 и ± 0.07 . Данная выше краткая характеристика каталога приведена из введения к этому каталогу.

При помощи нашей камеры в октябре 1957 года был получен ряд снимков области Цефея—Ящерицы. Из них был выбран всего лишь один снимок, на котором область американского каталога расположена удобно для исследования ошибки поля. Используя карты каталога, мы выбрали 15 площадок, расположенных на разных расстояниях относительно центра. Звезды площадки, расположенной вблизи центра, были использованы для построения трех характеристических кривых для трех диафрагм. В площадку вошли 169 звезд со звездными величинами от 8.8 до 13.2 и со всеми типами спектральных классов. Характеристическая кривая для второй диафрагмы охватывает звезды от 8.8 до 10.2 звездной величины, для третьей диафрагмы — от 10.0 до 13.0, для четвертой диафрагмы от 11.5 до 13.2. Каждая характеристическая кривая строилась по точкам, полученным как среднее арифметическое из измерений нескольких звезд. До усреднения были нанесены все точки на характеристическую кривую, и необходимо отметить большое рассеяние точек для звезд слабее 11.0 звездной величины, которое совершенно не зависит от спектрального типа звезды. Средние точки ложились очень

хорошо на каждой характеристической кривой. При измерениях отдельных площадок во всех случаях производились повторные измерения звезд для характеристической кривой, и звездные величины снимались с соответствующих характеристических кривых, хотя максимальные расхождения между ними и не превосходили 0.05—0.06 звездной величины. Измерения для каждой звезды большей частью производились на двух диафрагмах, и звездная величина определялась как среднее арифметическое из двух измерений. В каждое определение звездной величины была введена поправка за цвет, равная $-0.262 \cdot C$. При этом были использованы спектральные классы, данные в американском каталоге. Показатели цвета взяты из работы Паренаго «Каталоги и шкалы» в соответствии со спектральными классами.

Для каждой площадки были исследованы отклонения звездных величин, полученных в нашей системе, относительно каталожных данных. Для этого нанесены на график разности $m_{\text{Од}} - m_{\text{Кат}}$ в зависимости от показателя цвета C . Таких графиков получено столько, сколько у нас площадок, а именно—14. Рассматривая графики, мы убедились, что наибольшее количество точек приходится на звезды типа А8—В8. Для этих же точек получается наименьшее рассеяние. В остальной части графика рассеяние точек значительное и никакого систематического хода не отмечается. Для вывода ошибки поля мы использовали звезды спектральных типов А8—В8, получая для них среднее арифметическое значение разности $m_{\text{Од}} - m_{\text{Кат}}$. Среднее арифметическое вычислялось в зависимости от наличия звезд в каждой площадке для 40—100 звезд.

Для каждой площадки вычислено среднее расстояние от центра снимка; для этого измерены расстояния для нескольких звезд, находящихся в каждой площадке, а затем взято для них среднее арифметическое. Мы считали, что изменение ошибки поля в пределах одной площадки незначительно, и нет смысла производить измерение расстояний для каждой звезды.

В следующей таблице приведены средние расстояния, средние значения $m_{\text{Од}} - m_{\text{Кат}}$, средние квадратические ошибки среднего арифметического и количества звезд, по которым выведены средние значения отклонений нашего каталога от американского для каждой площадки.

Данные этой таблицы были нанесены на график. Необходимо отметить значительное рассеяние точек, несмотря на очень большой вес каждой точки. По этим точкам мы провели сглаженную кривую.

В результате нашего исследования установлено, что наибольшая ошибка возникает на пластинке на расстоянии 5—6 см от центра и достигает 0.07 звездной величины.

№	Среднее расстояние	Среднее отклонение и средн. квадрат. ошибка	Кол. звезд
1	29.9 мм	-0.06 ± 0.019	45
2	32.0	-0.01 ± 0.018	50
3	38.8	+0.00 ± 0.021	43
4	44.3	0.11 ± 0.023	39
5	48.6	0.03 ± 0.017	68
6	54.4	0.10 ± 0.024	41
7	55.1	0.11 ± 0.014	94
8	63.0	0.01 ± 0.017	84
9	66.9	0.07 ± 0.012	117
10	69.8	0.04 ± 0.019	72
11	70.9	0.06 ± 0.022	45
12	76.3	0.04 ± 0.019	61
13	83.9	0.03 ± 0.028	43
14	85.0	0.08 ± 0.023	51

Для сравнения наших результатов с опубликованными данными в работе проф. В. П. Цесевича «Опыт построения большого фотометрического стандарта в созвездии Володея» проделано следующее. Из сглаженной кривой мы получили таблицу (А); таблицу (В) мы заимствуем из работы проф. В. П. Цесевича.

Таблица А

ρ, мм	Ошибка поля	ρ, мм	Ошибка поля	ρ, мм	Ошибка поля
20	-0.03	50	+0.06	70	+0.05
35	-0.01	55	+0.07	75	+0.05
40	+0.02	60	+0.06	80	+0.04
45	+0.05	65	+0.06	85	+0.03
				90	+0.02

Таблица В

ρ, мм	Ошибка поля	ρ, мм	Ошибка поля	ρ, мм	Ошибка поля
8	-0.04	43	+0.04	67	0.00
18	-0.02	48	+0.02	72	+0.05
27	-0.03	53	+0.06	76	+0.05
33	-0.03	57	-0.02	82	-0.03
38	+0.01	62	+0.04	93	-0.01

Для стандартов, не находящихся в центре, но расположенных тесной группой, все звезды стандарта отягощены почти одинаковой ошибкой поля. В этом случае характеристические кривые строились по стандартным величинам и отсчетам гальванометра, которые включали в себя ошибку поля. Такие характеристические кривые искажены ошибкой поля. Звездные величины, снятые с такой характеристической кривой, исправлялись дважды: во-первых, за ошибку поля характеристической кривой, во-вторых, за ошибку поля, присущую данной звезде. К звездной величине каждой звезды необходимо прибавить ошибку поля, соответствующую расстоянию стандарта от центра и отнять ошибку поля, соответствующую расстоянию звезды. Но в некоторых случаях характеристические кривые строились по большому количеству звезд, например, по звездам Кэмбриджской площадки, которые располагались на разных расстояниях от центра и были отягощены разными ошибками поля. В таких случаях звездная величина каждой стандартной звезды исправлялась за ошибку поля и по исправленным величинам строились характеристические кривые. Вернее было бы исправлять отсчеты гальванометра, ибо именно они искажены ошибкой поля. Но ошибка поля у нас выражена в звездных величинах, а не в отсчетах гальванометра.

Такая характеристическая кривая не будет отягощена ошибкой поля и снятые с нее величины нужно исправлять только один раз, а именно необходимо вычесть ошибку поля, соответствующего расстоянию данной звезды от центра снимка.

В основном наши результаты совпадают, исключая небольшой участок кривой от $\rho=57$ мм до $\rho=67$ мм. При определении звездных величин мы пользовались поправками за ошибку поля, полученными из нашего исследования. При введении поправки за ошибку поля были использованы следующие рассуждения.

О ПЕРИОДЕ АВ ANDROMEDAE

В. М. ГРИГОРЕВСКИЙ

В большой работе (BAN, XI, 415, 1950), посвященной исследованию периода АВ And, Оостерхоф дал два варианта синусоидального изменения периода. Однако, последующие наблюдения не подтвердили найденных им элементов.

К настоящему времени получено большое количество новых наблюдений. Значительная их часть еще нигде не опубликована. Это — визуальные наблюдения Р. Шафранец, любезно сообщенные нам в письме, визуальные наблюдения И. А. Соколовой и О. Е. Мандела, визуальные и фотографические (по старым московским снимкам) наблюдения автора. Кроме того, в работе использованы неопубликованные визуальные наблюдения Б. Окунева.

Сводка моментов средних и нормальных минимумов, полученных по всем имеющимся наблюдениям АВ And, дана в следующей таблице:

№	Min JD \ominus 24...	Вес	E_{112}	$O-C_1$	$O-C_2$	Наблюдатель
				δ	δ	
1.	16103.925	3	-83742	+0.344	+0.396	Герцшпрунг
2	17735.6562	2	-73908	+0.1894	-0.0060	Григоревский
3.	17735.8221	2	-73907	+0.1894	-0.0061	Григоревский
4.	18684.513	3	-68190	+0.183	+0.015	Шапли
5.	18963.633	3	-66508	+0.186	+0.026	Шапли
6.	24760.360	1	-31575	+0.018	-0.026	Гутник, Прагер
7.	25165.2629	2	-29135	+0.0193	-0.0192	Джордан
8.	25498.8079	1	-27125	+0.0184	-0.0162	Джордан
9.	25502.1267	6	-27105	+0.0183	-0.0161	Оостерхоф
10.	25863.7168	10	-24926	+0.0181	-0.0124	Оостерхоф
11.	25972.2420	1	-24272	+0.0164	-0.0129	Оостерхоф
12.	26216.3453	4	-22801	+0.0172	-0.0097	Оостерхоф
13.	26966.4050	10	-18281	+0.0134	-0.0068	Окунев
14.	26966.5736	12	-18280	+0.0161	-0.0042	Окунев
15.	29522.919	3	-2875	+0.006	-0.002	Вудвард
16.	29550.6313	19	-2708	+0.0056	-0.0021	Оостерхоф
17.	29907.7398	12	-556	+0.0042	-0.0030	Оостерхоф

№	Min JD@24....	Вес	$E_{1,2}$	$O-C_1$	$O-C_2$	Наблюдатель
18.	30257.8804	7	+ 1554	+0.0046	-0.0025	Оостерхоф
19.	30611.8380	3	+ 3687	+0.0053	-0.0020	Оостерхоф
20.	30954.513	5	+ 5752	+0.007	0.000	Вудвард
21.	31012.928	5	+ 6104	+0.010	+0.003	Вудвард
22.	31350.4580	1	+ 8138	+0.0119	+0.0034	Оостерхоф
23.	31708.0678	4	+10293	+0.0140	+0.0045	Оостерхоф
24.	32133.0469	6	+12854	+0.0125	+0.0013	Оостерхоф
25.	32413.1603	3	+14542	+0.0137	+0.0011	Оостерхоф
26.	32798.815	13	+16866	+0.016	+0.002	Вудвард
27.	33207.3684	2	+19328	+0.0174	+0.0001	Оостерхоф
28.	33888.238	8	+23431	+0.022	-0.001	Домке, Ян
29.	34249.997	3	+25611	+0.025	-0.001	Ашбрук
30.	34265.595	3	+25705	+0.024	-0.002	Ашбрук
31.	35075.407	1	+30585	+0.033	-0.002	Шафранец
32.	35383.901	2	+32444	+0.038	0.000	Шафранец
33.	35812.703	3	+35028	+0.043	-0.001	Шафранец
34.	36045.5225	21	+36431	+0.0442	-0.0026	Григоревский
35.	36045.6961	11	+36432	+0.0519	+0.0051	Григоревский
36.	36069.4196	14	+36575	+0.0455	-0.0017	Сатанова
37.	36069.5899	5	+36576	+0.0498	+0.0026	Сатанова
38.	36218.769	3	+37475	+0.046	-0.003	Шафранец
39.	36444.1242	5	+38833	+0.0502	-0.0023	Соколова
40.	36444.2972	2	+38834	+0.0573	+0.0048	Соколова
41.	36462.3835	17	+38943	+0.0558	+0.0030	Мандель
42.	36462.5414	13	+38944	+0.0477	-0.0051	Мандель
43.	36473.3203	2	+39009	+0.0403	-0.0127	Григоревский
44.	36473.4848	2	+39010	+0.0389	-0.0141	Григоревский
45.	36813.3750	2	+41058	+0.0773	+0.0191	Григоревский

Вес каждого минимума из таблицы принят равным числу объединяемых им индивидуальных моментов.

E_1 и $O - C_1$ вычислены относительно элементов:

$$\text{Min hel} = JD 2430000.0000 + 0.165943243.E \quad (C_1)$$

Как показывает $O - C_1$ -диаграмма, по-видимому, в случае АВ And мы имеем дело с параболическим изменением периода.

Методом средних получены элементы:

$$\text{Min hel} = JD 2430000.00719 + 0.1659431312.E + 0.329584.10^{-10}.E^2 \quad (C_2)$$

Этим элементам соответствуют $O - C_2$ в таблице.

К сожалению, большой разрыв в наблюдениях приводит

к возможности просчета эпохи при переходе к старым наблюдениям. Повидимому этим, а также низкой точностью старых гарвардских моментов, на что указал в упомянутой выше работе Оостерхоф, объясняется большое отклонение самого раннего момента минимума.

ОГЛАВЛЕНИЕ

	Стр.
1. В. П. Цесевич—Об участии Одесской Астрономической Обсерватории в выполнении программы Международного Геофизического Года	5
2. В. П. Цесевич—К вопросу об обработке радиолокационных наблюдений метеорных эхо	9
3. Е. Н. Крамер—Спектры трех ярких метеоров	25
4. И. С. Астапович—Предварительные результаты наблюдений слабых телеметеоров в Одессе в период МГС	31
5. Ю. А. Лошилов—Об определении вероятности ионизации в метеорных следах методом радио-визуальных наблюдений	35
6. Ю. А. Лошилов—Применение теории атомных столкновений к процессам ионизации в метеорных следах	39
7. Б. В. Новопашенный—Определение прямых восхождений 645 звезд ФКСЗ в системе ФКЗ	43
8. Б. А. Драгомирецкая—О систематических ошибках Одесского Фотометрического каталога избранных площадей звезд	59
9. В. М. Григорьевский—О периоде АВ Andromedae	71

НАУКОВА БІБЛІОТЕКА ОНУ імені І. І. МЕЧНИКОВА



УДК 68-5

Техредатор Е. И. Мавергос.

Корректор Р. Л. Дрейзин.

БР 00557. Подписано к печати 7.XII 1959 г. Заказ № 1421. Тираж 1000.
Печатных листов 4³/₄. Формат бумаги 60×92¹/₁₆. Цена 3 руб. 45 коп.

Типография Одесского госуниверситета им. И. И. Мечникова, Щепкина, 12.