

ՀԱՅԿԱԿԱՆ ՍՍՌ-ԳԻՏՈՒԹՅՈՒՆՆԵՐԻ ԱԿԱԴԵՄԻԱ
АКАДЕМИЯ НАУК АРМЯНСКОЙ ССР

ԲՅՈՒՐԱԿԱՆ ԵՄՏՂԱԳԻՏԱԲԱՆ ԶԱՂՈՐԳՈՒԹՆԵՐ
СООБЩЕНИЯ БЮРАКАНСКОЙ ОБСЕРВАТОРИИ

ԳՐԱԿ VIII ВЫПУСК

ПОКАЗАТЕЛИ ЦВЕТА ДОЛГОПЕРИОДИЧЕСКИХ
ЦЕФЕИД

Г. С. БАДАЛЯН



ВВЕДЕНИЕ

Одной из основных проблем современной звездной астрономии является проблема поглощения света в межзвездном пространстве, решение которой имеет исключительно важное значение для изучения строения Галактики, ее размеров и физических характеристик звезд.

Впервые идея о том, что межзвездное пространство не является вполне прозрачным и существует поглощающая межзвездная среда, была высказана еще в начале XIX столетия В. Струве [1].

В 1910 г. Г. А. Тихов [1] применил метод светофильтров для изучения изменений показателей цвета звезд с расстоянием с целью обнаружения межзвездной поглощающей среды. В результате он получил, что далекие звезды являются более красными, чем близкие. Г. А. Тихов определил плотности частиц межзвездной среды, вызывающей поглощение.

Значительно позднее, в 1930 г., Тремплер [2], на основании исследования открытых звездных скоплений, показал, что поглощение света происходит не только в отдельных темных туманностях, а, вообще, межзвездное пространство близ плоскости Галактики является поглощающей средой. Кроме того, было обнаружено, что поглощение света является избирательным.

Распределение поглощающей материи в пространстве очень неравномерно даже внутри сравнительно тонкого слоя около экваториальной плоскости Галактики, где оно наиболее заметно.

В. А. Амбарцумян [3, 4] доказал, что поглощение света, в основном, вызывается совокупностью отдельных космических облаков, которые обуславливают структуру поглощающего слоя, и нашел, что среднее поглощение света одним таким облаком равно $0^m.27$.

Определения среднего коэффициента поглощения различными способами давали различные результаты.

Весьма ценную работу по исследованию избытков цвета спектрофотометрическим способом выполнил О. А. Мельников [1,5]. Он детально анализировал существующий наблюдательный материал разными методами и получил средний коэффициент избытка цвета $0^m.23$ на килопарсек, а средний коэффициент общего поглощения равным $1^m.0$ на килопарсек. О. А. Мельников [1] также определил значение коэффициента перехода от избирательного поглощения к общему, который оказался равным 4.6. О. А. Мельников [1] основательно исследовал поправку нуля-пункта абсолютных величин для доопериодических цефеид, которая оказалась равной $-0^m.5$.

Большую работу по изучению поглощающей среды продолжал П. П. Паренаго [6,7,8]. Он дал оригинальную теорию, по которой можно определить поглощение света, как функцию расстояния и галактической широты.

Используя большой наблюдательный материал о фотоэлектрических избытках цвета В-звезд и материалы по другим объектам, П. П. Паренаго определил поглощение света для различных направлений Галактики, разбив при этом небо на 122 площадки. Величина поглощения света в разных участках галактической плоскости получилась от $0^m.7$ до $9^m.0$ на один килопарсек. Среднее значение поглощения для фотографических лучей составляет $3^m.5$ на один килопарсек, а для фотовизуальных лучей $2^m.8$. Таким образом, П. П. Паренаго развил метод для определения как общего, так и дифференциального поглощения света в Галактике.

Б. В. Кукаркин [9] на основании данных генерального каталога цветов звезд исследовал избирательное и общее поглощение света в плоскости Млечного Пути. Он получил коэффициент общего поглощения света для фотографических лучей $2^m.26$ и для визуальных лучей $1^m.95$ на килопарсек.

Флоря [10], используя данные о фотоэлектрических избытках цвета звезд типа В, определил поглощение света в Галактике. Для фотографических и фотовизуальных лучей он получил средний коэффициент поглощения соответственно $3^m.3$ и $2^m.6$ на килопарсек.

Большую работу по изучению избытков цвета В-звезд фотоэлектрическим способом выполнил В. Б. Никонов.

Большое значение имеет работа по исследованию фотографических избытков цвета в избранных площадях, выполненная Е. К. Харадзе [11]. М. А. Вашакидзе [12, 13] исследовал избытки цвета внегалактических туманностей.

Значительную работу по определению фотоэлектрических избытков цвета звезд типа В сделали Стеббинс, Хаффер и Уитфорд [14, 15].

Джой [16], изучая галактическое вращение по радиальным скоростям цефеид, получил коэффициент поглощения, равный $0^m 85$, а по методу z -координат $1^m 50$ на килопарсек. Ботлинггер и Шнеллер [17] по методу z -координат на основании данных о 171 цефеиде получили коэффициент поглощения, равный $2^m 0$.

История исследования поглощения света в межзвездном пространстве подробно изложена в обстоятельной работе О. А. Мельникова [1].

На основании многочисленных исследований можно сказать, что переменные звезды, а из них в особенности долгопериодические цефеиды, являются весьма удобными объектами для изучения структурных свойств Галактики и расширения наших знаний о строении вселенной, благодаря целому ряду простых закономерностей, открытых у этих звезд. К таким закономерностям относятся зависимости между периодом, спектральным типом, абсолютной величиной, показателем цвета, температурой, плотностью, лучевыми скоростями и т. д.

Зависимость между периодом и абсолютной величиной была открыта Ливитт [18] для цефеид Малого Магелланова Облака. После ее исследовал Гертцшпрунг [19], а затем более подробно Шапли [20], который в дальнейшем уточнил ее на основании более богатого наблюдательного материала. Благодаря этой зависимости оказалось возможным для любой цефеиды по периоду определять абсолютную величину, а следовательно, и расстояние, принимая те или иные допущения относительно поглощения света в про-

странстве. В последние годы этим вопросом очень подробно занимался Б. В. Кукаркин [21]. В 1937 г. он получил зависимость между периодом и светимостью на основании данных о 349 долгопериодических цефеидах. Позже Кукаркин произвел ревизию всех имеющихся материалов о физических переменных звездах и, в частности, получил новую, более точную, зависимость между периодом и абсолютной величиной по данным о 776 долгопериодических цефеидах, а также зависимость для короткопериодических цефеид [22, 23]. В нашей работе для получения абсолютных величин цефеид использована зависимость Кукаркина, так как она основывается на самом большом наблюдательном материале, существующем в настоящее время.

Для изучения проблемы поглощения света в межзвездном пространстве долгопериодические цефеиды представляют особый интерес. Они расположены вблизи плоскости Галактики, где поглощающая среда наиболее плотна, и имеют большие светимости, позволяющие наблюдать их на больших расстояниях. Изучение их показателей цвета дает возможность судить о характере поглощения.

Учитывая все это, мы нашли целесообразным, еще в 1947 г., путем фотографических определений показателей цвета галактических цефеид, определить избытки цвета по разным направлениям Галактики.

Результаты первой части предпринятой нами в этом направлении работы, относящиеся к 38 галактическим цефеидам, были напечатаны в 1949 г. в вып. III настоящих Сообщений. С тех пор эта работа была нами продолжена.

В настоящей работе, содержащей данные о еще 59 цефеидах, вкратце описываются методика наблюдений, способ обработки полученного наблюдательного материала, определение фотографических и фотовизуальных звездных величин, поправок приведения к зениту и к медианной фазе и определение наблюдаемых показателей цвета.

Затем определяются нормальные показатели цвета, основанные на зависимости между наблюдаемыми показателями цвета и логарифмами периодов и на зависимости между наблюдаемыми показателями цвета и спектральными типами цефеид.

После этого вычисляются избытки цвета, общее поглощение света, абсолютные величины и истинные расстояния цефеид. В заключение дано краткое резюме полученных результатов. Весьма желательно развернуть дальше работу в этом направлении, накопить достаточно обширный наблюдательный материал для более слабых цефеид, которые представляют большой интерес с точки зрения изучения характера поглощения света в пространстве.

§ 1. МЕТОДИКА НАБЛЮДЕНИЙ

С целью определения показателей цвета и цветовых избытков долгопериодических цефеид в Бюраканской астрофизической обсерватории Академии наук Армянской ССР производилось фотографирование участков Млечного Пути, наиболее богатых цефеидами. Фотографирование производилось в 1948 и 1949 гг. на двойном 5-дюймовом астрографе с объективами „Эриостар“, фокусное расстояние которых равно 240 мм. Эффективная площадь на астронегативах равна около 300 квадратным градусам. Участки для фотографирования были выбраны вблизи галактического экватора в пределах галактической широты $-10^\circ < b < +10^\circ$ в следующих созвездиях: Возничий, Кассиопея, Цефей, Лебедь, Орел, Стрелец, Персей, Лисичка, Стрела, Единорог, Большой Пес, Корма и Щит. Для гидрировки выбирались яркие звезды, таким образом, чтобы по возможности большее число цефеид находилось вблизи центра фотопластинок.

Фотографирование каждого участка производилось одновременно двумя камерами астрографа, причем снимки с одной из камер делались с желтым светофильтром „Aurantia“, пропускающим длины волн от 500 до 700 миллимикрон, а с другой камерой без светофильтра. Таким путем был получен материал для определения фотографических и фотовизуальных звездных величин цефеид. Фильтр устанавливался непосредственно перед пластинкой. Для фотографирования с фильтром использовались фотопластины панхром (Agfa, astro-platten, panchromatische), а для фотографирования без светофильтра использовались фотопластины несенси-

бидизированные (Agia, astro-platten). В каждом случае сразу же после окончания экспозиции участка на тех же пластинках производилась привязка к Северному Полярному Ряду (NPS). Экспозиция, как при фотографировании участка, так и при фотографировании NPS, равнялась всегда 30 минутам. Перерыва в экспозиции ни в одном случае не было. Время фотографирования выбиралось таким образом, чтобы зенитное расстояние фотографируемого участка было по возможности близко к зенитному расстоянию полюса, не считая тех участков, для которых это невозможно.

Обработка всех пластинок в фотолаборатории производилась в совершенно одинаковых условиях.

§ 2. ОБРАБОТКА НАБЛЮДЕНИЙ

Прежде всего было произведено, с помощью атласа BD и карт Франклин-Адамса, отождествление всех цефеид, получившихся на каждом астронегативе. Затем были отождествлены звезды Северного Полярного Ряда.

Для определения фотографических и фотовизуальных звездных величин цефеид оказалось целесообразным выбрать для сравнения следующие десять звезд Северного Полярного Ряда [22]: 7, 8, 3г, 10, 4г, 11, 5г, 13, 6г и 14. Оценка цефеид и звезд Северного Полярного Ряда производилась с лупой в одной и той же шкале. Для этого были получены специальные шкалы на пластинках того же сорта, соответственно для снимков с фильтром и без фильтра, с тем же отсчетом фокуса. Каждая шкала содержит 19 изображений; экспозиция каждого последующего изображения в $\sqrt{2}$ раза больше экспозиции предыдущего изображения. Во избежание ошибок, связанных с искажением изображений на краях пластинок, мы ограничились цефеидами, расположенными не далее $3\frac{1}{2}$ см от центра астронегатива. Перечисленные десять звезд Северного Полярного Ряда также всегда находились внутри этого круга. Это обстоятельство является важным для достижения достаточной точности определения звездных величин цефеид.

На каждой пластинке было произведено не менее 5 оценок блеска каждой из указанных выше звезд Северного Полярного Ряда, и взяты их средние арифметические значения, на основании которых были определены формулы перехода от оценок шкалы к звездным величинам и цветовое уравнение каждой пластинки. Для этого составлялись 10 условных уравнений вида:

$$m = ax + by + cz, \quad (1)$$

которые решались по способу наименьших квадратов. В этих уравнениях $a = 1$, b — представляет оценку яркости данной звезды NPS по шкале, c — показатель цвета этой звезды в интернациональной системе, m — ее фотографическая звездная величина в интернациональной системе, x — есть нуль-пункт, y — цена одной ступени шкалы, выраженная в звездных величинах и z — цветовое уравнение данной пластинки. Для определения неизвестных x , y и z уравнения решались способом наименьших квадратов по схеме Гаусса. Найденные значения x , y и z для всех астронегативов почти одинаковы, что свидетельствует, с одной стороны, об однородности материала, а с другой стороны, об относительной точности оценок. Полученные результаты показывают, что наша система фотографических звездных величин мало отличается от интернациональной системы: цветовое уравнение составляет всего $+0^m.178$ ($z_{\text{фг}} = 0^m.178$). Наша система фотовизуальных звездных величин тоже мало отличается от интернациональной системы. Среднее цветовое уравнение для пластинок панхром равно $+1^m.245$ ($z_{\text{фв}} = 1^m.245$).

Для определения ошибки одного условного уравнения была использована формула:

$$\varepsilon_0 = \pm \sqrt{\frac{\Sigma(O - C)^2}{n_1 - n_2}}, \quad (2)$$

где ε_0 — ошибка одного условного уравнения, $O - C$ — отклонение полученных нами звездных величин звезд NPS от интернациональных звездных величин, n_1 — число условных уравнений ($n_1 = 10$) и n_2 — число неизвестных ($n_2 = 3$).

Все эти вычисления были произведены для каждого из 160 астронегативов.

§ 3. ОПРЕДЕЛЕНИЕ ФОТОГРАФИЧЕСКИХ И ФОТОВИЗУАЛЬНЫХ ЗВЕЗДНЫХ ВЕЛИЧИН ЦЕФЕИД

После того, как были найдены величины x , y и z , можно было перейти к определению фотографических и фотовизуальных звездных величин цефеид. Оценка каждой цефеиды производилась не менее пяти раз по той же самой шкале, которая употреблялась для оценки звезд Северного Полярного Ряда. Для исследования брались только цефеиды, расположенные недалеко от центра пластинки (не более $3\frac{1}{2}$ см от центра). Кроме того, были отброшены все цефеиды ярче $6^m.0$ и слабее $12^m.0$ видимой величины, потому что их невозможно было оценить с достаточной степенью точности. В результате для дальнейшего исследования было оставлено 59 цефеид. Определение фотографических и фотовизуальных звездных величин цефеид производилось по формулам:

$$\left. \begin{aligned} m_{\text{фг}} &= x + y \, st \\ m_{\text{фв}} &= x_1 + y_1 \, st_1 \end{aligned} \right\} \quad (3)$$

где

x и x_1 — нуль-пункты шкал (x — для фотографических величин, а x_1 — для фотовизуальных величин).

y и y_1 — цены одной ступени шкалы.

st и st_1 — оценки блеска цефеиды по шкалам.

После этого все вычисления были повторены со следующим изменением. Поскольку оказалось, что значения z для каждого сорта пластинок, как и следовало ожидать, мало отличаются друг от друга, было взято среднее цветовое уравнение для каждого сорта пластинки: $z_{\text{фг}} = +0^m.178$ и $z_{\text{фв}} = +1^m.245$, и с этими средними значениями были найдены новые значения x и y . Мы их обозначим через x' и y' для фотографических величин и через x_1 , y_1 для фотовизуальных величин. Тем самым, можно думать, была увеличена точность определения x и y . По этим значениям x и y

мы по формуле (3) вновь определили фотографические и фотовизуальные звездные величины цефеид.

§ 4. ОПРЕДЕЛЕНИЕ ЗЕНИТНЫХ РАССТОЯНИЙ ЦЕФЕИД И РЕДУКЦИЯ К ЗЕНИТУ

Чтобы избежать больших ошибок в определении звездных величин, связанных с изменением поглощения света в атмосфере в зависимости от зенитного расстояния, мы старались производить фотографирование участков таким образом, чтобы среднее зенитное расстояние фотографируемого участка было по возможности близко к зенитному расстоянию полюса. Но не всегда это можно было сделать. Поэтому для определения звездных величин цефеид необходимо было ввести поправки, связанные с различными зенитными расстояниями цефеид и полярной зоны. Для каждого наблюдения и для каждой цефеиды было вычислено зенитное расстояние, соответствующее среднему моменту фотографирования.

Так как прежде коэффициент прозрачности атмосферы в Бюракане никогда не определялся, то параллельно с этой работой производились наблюдения по определению коэффициента прозрачности. Наблюдения производились независимо В. С. Сафроновым и Н. А. Ивановой. Фотографирование производилось на том же самом инструменте и с тем же светофильтром. На основании этих наблюдений в качестве вероятных значений коэффициента прозрачности нами были взяты:

$$P_{\text{фг}} = 0^{\text{m}}.84 \text{ и } P_{\text{фв}} = 0^{\text{m}}.91.$$

На основании коэффициента прозрачности и зенитного расстояния цефеиды были вычислены поправки для приведения звездных величин цефеид к зениту.

§ 5. ПРИВЕДЕНИЕ ЗВЕЗДНЫХ ВЕЛИЧИН ЦЕФЕИД К МЕДИАННОЙ ФАЗЕ

Мы нашли целесообразным производить фотографирование цефеид независимо от их фаз. Для перехода от звездных величин в различных фазах к медианным звездным величинам мы использовали любезно предоставленные нам

Б. В. Кукаркиным и П. П. Паренаго имеющиеся у них нормальные кривые изменения блеска исследуемых цефеид в визуальных и фотографических лучах, из которых были выбраны наиболее надежные. Все кривые были построены в одном масштабе, и по ним графическим способом в зависимости от фазы были определены поправки для приведения звездных величин к медианным отдельно для фотографических и фотовизуальных наблюдений.

Для тех цефеид, у которых отсутствовали фотовизуальные кривые блеска, для получения поправок к фотовизуальной звездной величине использовались фотографические кривые блеска, причем полученные по ним поправки уменьшались в 1.50 раза и наоборот. Это можно обосновывать тем, что ряд авторов на основании наблюдательного материала получили отношение фотографических амплитуд к фотовизуальным, в среднем равным 1.50. В этом отношении заслуживают внимания работы Б. В. Кукаркина, П. П. Паренаго [21]. Они получили отношение фотографических амплитуд к фотовизуальным амплитудам долгопериодических цефеид, равное 1.56. Таким образом, мы получили для всех цефеид окончательные медианные фотографические и фотовизуальные звездные величины, которые приведены в таблице 1. После получения фотографических и фотовизуальных звездных величин мы определили и показатели цвета цефеид для каждого наблюдения в отдельности, приведенные к медианной фазе, и взяли их средние значения. Средняя квадратичная ошибка показателей цвета для всех наблюдений равна: $\sigma = \pm 0^m.09$.

§ 6. ОПРЕДЕЛЕНИЕ НОРМАЛЬНОГО ПОКАЗАТЕЛЯ ЦВЕТА И ИЗБЫТКА ЦВЕТА ЦЕФЕИД

Как известно, нормальные показатели цвета долгопериодических цефеид можно определить на основании известных зависимостей „период-спектр“ и „спектр-показатель цвета“. Но такое определение позволяет найти только приближенные нормального показателя цвета: действительно,

Таблица 1

№ ЦФ	Цефеиды	l	b	m _{ф1}	ПЦ	ПЦ	M	A	r
1	KL Aql	22 ⁰ .8	-8 ⁰ .8	11 ^m .47	1 ^m .44	0 ^m .58	-2 ^m .04	2 ^m .90	1320
2	RW CMa	199.7	-2.6	11.93	0.71	0.16	2.01	0.80	4260
3	RY CMa	193.7	+1.6	9.48	0.91	0.41	1.86	2.95	720
4	RZ CMa	198.8	+0.2	10.06	0.87	0.39	1.79	1.95	950
5	SS CMa	206.9	-3.0	10.66	1.02	0.31	2.62	1.55	2220
5	TV CMa	194.9	-1.0	11.75	0.89	0.39	1.86	1.95	2150
7	TW CMa	196.8	+1.4	9.11	0.83	0.24	2.16	1.20	1190
8	RW Cas	96.8	-4.1	10.14	1.03	0.28	2.80	1.40	2030
9	UZ Cas	93.2	-1.1	11.13	0.65	0.17	1.79	0.85	2590
10	VV Cas	98.1	-1.6	11.91	0.98	0.42	2.06	2.10	2370
11	VW Cas	92.3	-0.7	11.21	1.02	0.46	2.06	2.30	1560
12	BY Cas	97.3	-6.2	11.38	0.75	0.33	1.59	1.65	1840
13	SU Cyg	32.1	+1.5	7.58	0.81	0.38	1.72	1.90	300
14	CD Cyg	38.7	-0.6	9.77	1.13	0.35	2.91	1.75	1520
15	GH Cyg	34.2	-1.1	11.10	0.95	0.31	1.23	1.70	1210
16	EZ Cyg	34.8	-0.4	11.45	1.33	0.63	2.55	3.15	1480
17	V 402 Cyg	41.8	+1.4	10.58	1.13	0.65	1.79	3.25	670
18	W Gem	165.1	+4.8	7.08	0.80	0.18	2.24	0.90	480
19	BB Gem	167.0	+13.8	11.83	0.98	0.64	1.31	3.20	970
20	T Mon	171.3	-1.1	7.18	1.00	0.11	3.37	0.55	1000
21	SV Mon	171.4	-2.2	8.81	1.17	0.41	2.80	2.05	820
22	SZ Mon	181.8	+0.8	11.17	1.04	0.27	2.87	1.35	3780
23	TX Mon	181.8	+0.5	11.60	0.96	0.32	2.31	1.60	2900
24	TZ Mon	181.7	+2.7	11.60	0.89	0.29	2.18	1.45	2930
25	AC Mon	189.5	-0.5	10.21	0.80	0.18	2.24	0.90	2050
26	CV Mon	174.2	+2.5	10.27	0.73	0.21	1.76	1.05	1570
27	RS Ori	164.3	+1.8	9.62	1.01	0.40	2.21	2.00	920
28	UX Per	101.3	-2.5	10.75	0.96	0.40	1.85	2.00	1300
29	UY Per	103.6	-0.7	11.07	0.78	0.25	1.96	1.25	2270
30	VX Per	100.6	-2.4	10.36	1.20	0.51	-2.51	2.55	1160

Продолжение таблицы 1

№№ зв.	Цефеиды		l	b	m _{фг}	ПЦ	ИЦ	М	А	г
31	VY	Per	102.8	-1.1	11.33	1.28	0.74	-1.97	3.70	830
32	AS	Per	121.8	+ 0.2	10.79	1.17	0.65	1.91	3.25	780
33	BM	Per	123.4	+ 0.9	11.94	1.23	0.38	3.18	1.90	4400
34	X	Pup	203.8	+ 0.4	9.39	1.12	0.24	3.27	1.20	1960
35	VW	Pup	203.1	+ 0.6	11.82	0.97	0.49	1.79	2.45	1710
36	VZ	Pup	211.1	- 2.2	11.38	1.13	0.28	3.18	1.40	4280
37	WW	Pup	205.1	+ 2.2	11.12	0.79	0.26	1.97	1.30	2280
38	WX	Pup	209.2	- 0.2	10.86	0.96	0.32	2.33	1.60	2080
39	WY	Pup	203.5	+ 3.8	11.58	0.81	0.32	1.91	1.60	2420
40	WZ	Pup	209.6	+ 4.4	11.74	0.80	0.29	1.91	1.45	2750
41	AD	Pur	209.6	+ 1.1	11.35	1.02	0.29	2.70	1.45	3300
42	AQ	Pur	213.9	+ 1.1	9.37	1.24	0.34	3.43	1.70	1660
43	BM	Pur	212.2	+ 0.6	11.39	0.93	0.34	2.16	1.70	2340
44	S	Sgc	23.0	- 7.3	6.57	0.81	0.18	2.98	0.90	390
45	U	Sgr	341.4	- 5.9	3.22	1.12	0.54	2.11	2.70	340
46	Y	Sgr	340.5	- 3.6	6.40	0.71	0.16	2.01	0.80	330
47	VY	Sgr	337.8	- 2.5	12.16	1.34	0.61	2.70	3.05	2300
48	AP	Sgr	335.8	- 3.9	8.25	1.13	0.56	1.91	2.80	370
49	BB	Sgr	342.3	-10.5	8.22	1.11	0.43	2.11	2.15	440
50	X	Sct	346.7	- 3.1	10.74	1.12	0.65	1.77	3.25	710
51	Y	Sct	351.7	- 2.3	11.20	1.30	0.63	2.45	3.15	1260
52	Z	Sct	354.5	- 2.2	10.85	1.57	0.85	2.66	4.25	710
53	RU	Sct	355.9	- 1.2	11.32	1.74	0.93	3.03	4.65	870
54	SS	Sct	352.9	- 3.3	9.09	0.84	0.40	1.67	2.00	560
55	CK	Sct	12.2	- 6.0	11.79	1.25	0.65	2.19	3.25	1400
56	CM	Sct	26.2	- 6.0	11.46	1.21	0.75	1.72	3.75	770
57	U	Vul	23.8	- 1.5	8.15	0.93	0.31	2.24	1.55	590
58	X	Vul	31.6	- 2.4	9.91	1.08	0.51	2.08	2.55	770
59	SV	Vul	31.6	- 0.8	8.33	1.33	0.33	-3.80	1.65	1250

поскольку цефеиды являются сверхгигантами, и притом сверхгигантами, находящимися в особом физическом состоянии, то для них зависимость показателя цвета от спектра может отличаться от зависимости, определенной по обычным звездам.

Исходя из этого, мы применили новый способ определения нормального показателя цвета долгопериодических цефеид, который подробно изложен в нашей предыдущей работе [25]. Этот способ основан на допущении линейной зависимости между наблюдаемым показателем цвета, логарифмом периода и некоторым параметром, связанным с поглощением света:

$$ПЦ = a + b \lg P + c \rho_0, \quad (4)$$

где $ПЦ$ — наблюдаемый показатель цвета,

a — показатель цвета цефеиды с периодом $P = 1$ и при отсутствии поглощения света,

b — коэффициент, показывающий зависимость показателя цвета от логарифма периода,

P — период изменения блеска цефеиды,

c — параметр, характеризующий зависимость показателя цвета от толщины поглощающего слоя,

ρ_0 — «расстояние», которому пропорционально поглощение, при поглощающей среде, равномерно распределенной по всем направлениям.

В настоящей работе для определения нормальных показателей цвета 59 цефеид мы сочли целесообразным воспользоваться значениями a и b , полученными нами в предыдущей работе [25]:

$$a = 0^m.161 \pm 0^m.036$$

$$b = 0^m.507 \pm 0^m.005$$

Так как нормальным показателем цвета называется показатель цвета при отсутствии поглощения света, то в формуле (4) нормальный показатель цвета $ПЦ_0$ равен сумме первых двух членов:

$$ПЦ_0 = a + b \lg P, \quad (5)$$

Последний же член обусловлен избирательным поглощением света в пространстве.

Используя значения коэффициентов a и b , мы по формуле (5) определили нормальные показатели цвета всех цефеид.

Поскольку между показателем цвета и спектральным типом цефеид существует определенная зависимость, то, естественно, была предпринята попытка определить нормальные показатели цвета по спектральному типу тем же способом, как это было сделано по логарифму периода. Было написано уравнение такое же, как уравнение (4), с той лишь разницей, что вместо логарифма периода был подставлен средний спектральный тип цефеиды:

$$ПЦ = a_1 + b_1 Sp + c_1 p_0. \quad (6)$$

Мы взяли средний спектральный тип потому, что показатели цвета вычислялись по медианным звездным величинам. Спектральный тип измерялся в условной шкале. Участок спектра между F_0 и K_0 был разбит на 20 частей. Каждая цефеида получила некоторое числовое значение, в зависимости от ее спектрального типа.

Для значения a_1 и b_1 мы также использовали результаты предыдущей работы [25]:

$$\begin{aligned} a_1 &= 0^m 4.09 \pm 0^m 007, \\ b_1 &= 0.219 \pm 0.008. \end{aligned}$$

По этим данным были определены нормальные показатели цвета цефеид по формуле:

$$ПЦ_0 = a_1 + b_1 Sp. \quad (7)$$

Нормальные показатели цвета, определенные по логарифму периода и по спектральному классу, приведены в таблицах 2 и 3. На фиг. 1 графически представлены соотношения: нормальный показатель цвета — логарифм периода и нормальный показатель цвета — спектральный класс.

Сравнение нормальных показателей цвета цефеид, полученных соответственно по логарифму периода и по спек-

тральному классу, показывает хорошее согласие. Некоторые небольшие отклонения для нескольких цефеид по всей вероятности обусловлены неточной спектральной классификацией или ошибками вычислений. Нормальные показатели

Таблица 2

№№ п/п.	lg P	ПЦ ₀	n	№№ п/п.	lg P	ПЦ ₀	n
1	0.52	0 ^m .42	5	11	0.85	0 ^m .59	5
2	0.62	0.47	5	12	0.88	0.61	5
3	0.64	0.48	5	13	0.91	0.63	5
4	0.68	0.51	5	14	0.98	0.66	5
5	0.70	0.52	5	15	1.02	0.68	5
6	0.73	0.53	5	16	1.07	0.70	5
7	0.75	0.55	5	17	1.12	0.73	5
8	0.78	0.56	5	18	1.18	0.76	5
9	0.79	0.57	5	19	1.28	0.81	5
10	0.80	0.57	5	20	1.41	0.87	4

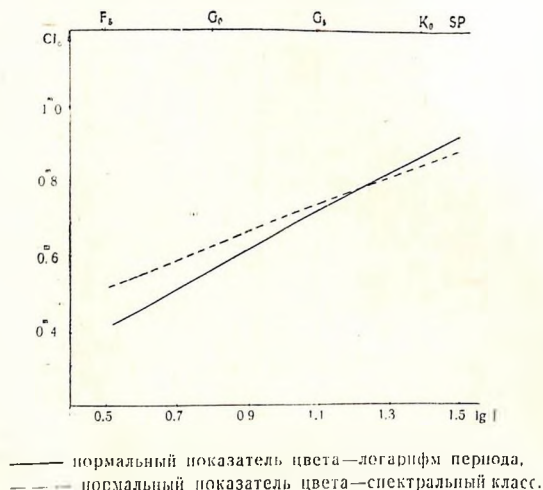
Таблица 3

№№ п/п.	Sp	ПЦ ₀	№№ п/п.	Sp	ПЦ ₀
1	F5	0 ^m .52	9	G3	0 ^m .69
2	F6	0.54	10	G4	0.71
3	F7	0.56	11	G5	0.74
4	F8	0.58	12	G6	0.76
5	F9	0.60	13	G7	0.78
6	G0	0.63	14	G8	0.80
7	G1	0.65	15	G9	0.82
8	G2	0.67	16	K0	0.85

цвета 97 цефеид, определенных по логарифму периода, находятся в интервале 0^m.42—0^m.87, а для 60 цефеид (для которых известны спектральные классы), определенных по спектральному классу, в интервале 0^m.52—0^m.85. Среднее квадратичное отклонение разностей нормальных показателей цвета



по логарифму периода и по спектральному классу равно: $\sigma = \pm 0.07$. Малое значение этой величины указывает на точность наших определений.



Фиг. 1.

Однако для определения избытков цвета цефеид мы использовали нормальные показатели цвета, вычисленные только по логарифму периода, т. к. периоды цефеид известны с большей точностью, чего еще нельзя сказать про спектральные классы.

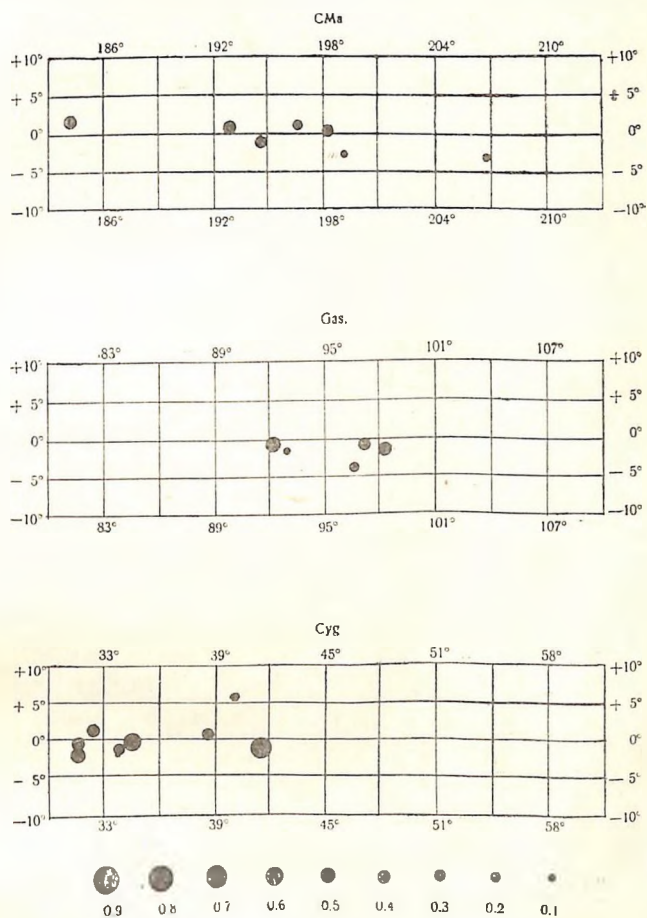
Нужно отметить, что полученные нами, совершенно независимым образом, данные о нормальных показателях цвета долгопериодических цефеид почти совпадают с данными О. А. Мельникова [26] о нормальных показателях цвета цефеид.

После этого были определены избытки цвета по следующей формуле:

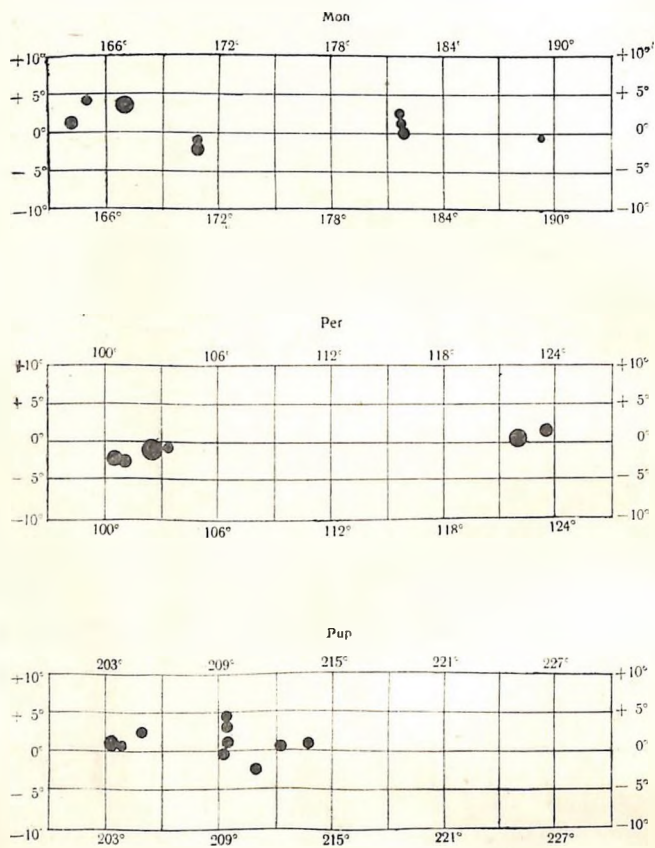
$$\text{ИЦ} = \text{ПЦ} - \text{ПЦ}_0. \quad (8)$$

Полученные результаты приведены в таблице 1.

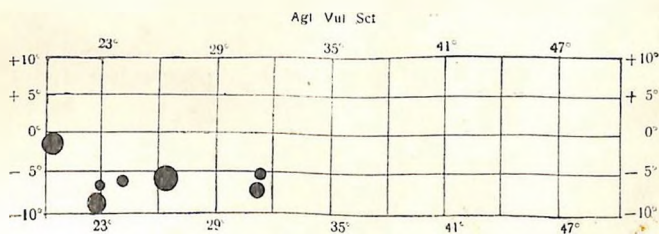
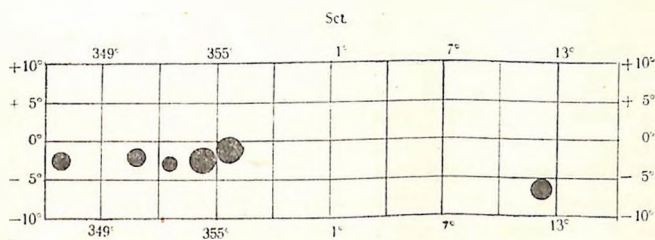
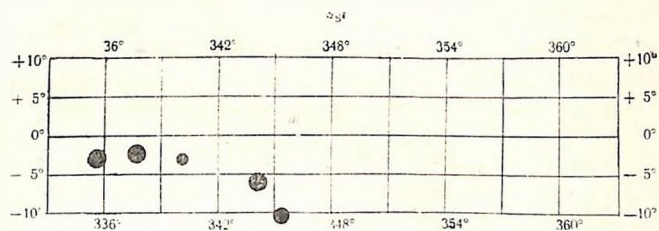
Избирательное поглощение света в направлении каждой цефеиды, по данным таблицы 1, графически представлено на фиг. 2а, 2б и 2с.



Фиг. 2а.



Фиг 2б.



Фиг. 2с.

§ 7. ПОГЛОЩЕНИЕ СВЕТА И РАССТОЯНИЕ ЦЕФЕИД

После того, как были определены наблюдаемые нормальные показатели цвета и избытки цвета, можно было перейти к определению общего поглощения света и истинных расстояний цефеид. Истинные расстояния долгопериодических цефеид определены по общеизвестной формуле:

$$\lg r = 0.2(m - M - \gamma M_1) + 1. \quad (9)$$

Здесь для коэффициента γ , представляющего собой отношение полного фотографического поглощения к избытку цвета, мы приняли значение 5.0. Различные авторы, в зависимости от их систем звездных величин, принимают различные значения этого коэффициента. На основании многих исследований для интернациональной системы получается значение этого коэффициента, близкое к 5.0. Так, например, О. А. Мельников [1] на основании спектрофотометрических измерений для γ получил значение 4.6, Флоря [10] — 5.1, а Сирс и Джойнер [27] — 4.8.

Поскольку наши системы фотографических и фотовизуальных звездных величин мало отличаются от интернациональной системы, то для γ мы нашли целесообразным принять значение равным 5.0.

Фотографические абсолютные звездные величины цефеид вычислены по следующей формуле Б. В. Кукаркина [20]:

$$\begin{aligned} M &= -0.74 - 1.67 \lg P & (\lg P < 0.95) \\ M &= -0.35 - 2.08 \lg P & (\lg P > 0.95). \end{aligned} \quad (10)$$

Полученные результаты для расстояний, общего поглощения света и абсолютных звездных величин приведены в таблице 1.

Наши результаты ясно показывают, что в низких галактических широтах при изменении галактической долготы поглощение света сильно меняется. Даже в достаточно малой области нельзя принять постоянный коэффициент поглощения. Это явление было отмечено также Стеббинсом [14, 15] и его сотрудниками, исходя из электрофотометрических наб-

людений В-звезд. Естественное объяснение этого явления следует из теории В. А. Амбарцумяна [28]. Согласно этой теории космическое поглощение света обусловлено совокупностью отдельных темных туманностей. Как показывают наши наблюдения, поглощение особенно сильно в направлении центра Галактики. Этим как раз обусловлено большое покраснение цефеид в этом направлении, а на стороне антицентра Галактики величина избирательного поглощения несравненно меньше. Очевидно поглощающая среда по направлению центра Галактики, намного плотнее, чем по направлению антицентра. В направлении центра Галактики среднее общее поглощение на один килопарсек равно $3^m 18$, а в противоположном направлении $1^m 31$. Большим значением покраснения выделяется также область Лебеда, где среднее общее поглощение на один килопарсек равно $3^m 34$.

В таблице 4 приведены значения среднего общего поглощения на один килопарсек для некоторых областей в плоскости Галактики, полученные на основании всех 97 цефеид настоящей и предыдущей работ. Все наблюдаемые нами цефеиды мы разделили на три группы по признаку расположения их в светлых, светло-темных и темных областях Галактики. В этих группах для среднего избирательного поглощения мы получили соответственно следующие значения:

$0^m 26$, $0^m 39$ и $0^m 59$.

Таким образом, обнаруживается некоторая корреляция между поверхностными яркостями Млечного Пути и коэффи-

Таблица 4

Созвездие	α (на килопарсек)	n	Созвездие	α (на килопарсек)	n
Pup	$0^m 71$	10	Per	$2^m 97$	6
Mon	1.17	9	Cyg	3.34	11
Aur	1.45	8	Sgr	3.15	10
Lac	1.46	4	Aql	2.24	6
CMa	1.36	6	Set	4.16	7
Cas	1.37	15	Vul, Sge	2.36	4

циентом поглощения света. Для некоторых цефеид, расстояние которых меньше одного килопарсека, среднее общее поглощение получается гораздо большим, чем для далеких цефеид в том же направлении. Это можно объяснить близостью к нам поглощающих облаков.

Средний коэффициент общего поглощения света на килопарсек по нашей работе равен $2^m 14$, а для избирательного поглощения— $0^m 43$.

Полученные нами результаты в основном совпадают с таковыми, полученными другими авторами. Особенно хорошо они согласуются с данными П. П. Паренаго. Для большинства наблюдаемых нами цефеид коэффициент поглощения и истинные расстояния почти совпадают с данными Паренаго [7]. Судя по реферату новой, еще не опубликованной работы М. А. Вашакидзе, наши избытки цвета цефеид для трех разных типов областей Млечного Пути (светлые, темные и переходные) почти совпадают с данными Вашакидзе [13].

Насколько нам известно, по изучаемому вопросу кроме нашей предыдущей работы в печати появилась только одна работа, касающаяся избытков цвета семи долгопериодических цефеид в созвездии Лебедя. Шесть из них V 385, VY, BZ, TX, SZ и CD Лебедя входят в нашу программу [25]. Работа эта была выполнена Хайденом [29, 30] по гарвардским материалам. Сравнение совершенно независимых результатов Хайдена с нашими результатами показывает, что существенных различий между ними нет.

Работа в направлении определения избытков цвета с помощью более слабых цефеид продолжается. Она представляет большой интерес с точки зрения изучения космического поглощения.

В заключение считаю своим долгом выразить свою сердечную благодарность Б. В. Кукаркину и П. П. Паренаго за предоставленные мне ценные консультации.

ԵՐԿԱՐԱՊԱՐԲԵՐԱԿԱՆ ՅԵՖԵԻԴԵՆԵՐԻ ԳՈՒՅՆԻ ՅՈՒՅԻՉՆԵՐԸ

Ա մ փ ո փ ո Վ

Միջատադային տարածություն մեջ լույսի կլանման հետազոտությունը հանգիստանում է ժամանակակից աստղային տոսդադային հիմնական պրոբլեմներից մեկը, որն առանձնապես խոշոր նշանակություն ունի Գալակտիկայի կառուցվածքի, ինչպես և այլ աստղային սիստեմների ու կոսմոլոգիկական կլանող նյութի բնույթի ուսումնասիրման տեսակետից:

Առանձնահատուկ հետաքրքրություն են ներկայացնում երկարապարբերական ցեֆեիդները, որոնք մեծ լուսատվություն ունենում են ինչպես շնորհիվ մասշտիբի են գիտվելու, մեծ հեռավորությունների վրա: Բացի այս, ցեֆեիդները հիմնականում բաշխված են ցածր գալակտիկական լայնություններում, որտեղ կլանող նյութի շերտը համեմատաբար ավելի մեծ լուսություն ունի:

Գալակտիկայի հարթության տարբեր ուղղություններում կոսմոլոգիկական կլանման հետազոտման կապակցությամբ, հպատակահամար ենք գտել գալակտիկական ցեֆեիդների վերաբերյալ կատարել երկու գույնի լուսանկարչական գիտություն՝ լուսավորչով հասանց լուսավորչի, որոշելու նրանց գիտվող գույնի ցուցիչները, նորմալ գույնի ցուցիչները, իրական հետադիտությունները և լույսի բնորակն ու բնագնանը կլանումները:

Այս հետազոտությունը կատարել ենք Կասիոպեի, Արմի, Աղեղնափորի, Կառավորի, Յեֆեյի, Կարապի, Միկրոյուրի, Մեծ Շան, Մոդեսի, Պիսեյի և այլ համաստեղություններում գտնվող ցեֆեիդների նկատմամբ:

Հյուսիսային Բեկուային հաջորդականություն աստղերի հետ կապակցելու մեթոդով, որոշված է 59 գալակտիկական ցեֆեիդների լուսանկարչական և լուսատեսողական աստղային մեծություններն ու գիտվող գույնի ցուցիչները: Դիտվող գույնի ցուցիչները որոշված են 0.09 աստղային մեծություն ճշտությամբ:

Այնուհետև նոր մասշտիբի մեթոդով որոշված է ցեֆեիդների նորմալ գույնի ցուցիչների կախումը պարբերաշջանի լոգարիթմից և սպեկտրալ դասից:

Այս երկու եղանակով նորմալ գույնի ցուցիչների համար ստացված արդյունքները գրեթե համընկնում են:

Ըստ պարբերաշրջանի ստացած նորմալ գույնի ցուցիչի արժեքները փոփոխվում են $0.42-0.87$ աստղաչին մեծություն միջակայքում, իսկ ըստ ուղեկարող դասի ստացած նորմալ գույնի ցուցիչների արժեքները՝ $0.52-0.85$ աստղաչին մեծություն միջակայքում (աղյուսակ 2,3):

Այնուհետև, սրշված է մեր գիտած յուրաքանչյուր ցեֆեի ուղղությամբ լույսի բնարական և բնջանուր կլանումը (աղյուսակ № 1): Մեր գիտումների հիման վրա ստացած ավալների համաձայն, Գալակտիկայի հարթություն լուսավոր, կիսալուսավոր և մութ տիրույթների ուղղությամբ եղած 97 երկարապարբերական ցեֆեիդների միջոցով սրշած միջին բնարական կլանումը համապատասխանաբար հավասար է 0.26 , 0.39 և 0.59 աստղաչին մեծություն:

Ընդհանուր կլանման միջին գործակիցը մեկ կիլոպարսեկ հեռավորության դեպքում ստացվել է հավասար 2.11 աստղաչին մեծություն, իսկ ընտրական կլանումը՝ 0.43 աստղաչին մեծություն:

Ստացված արգյունքները ցույց են տալիս, որ լույսի կլանման գործակիցը, նույնիսկ իրար շատ մոտ ուղղություններում ստացվում է իրարից խիստ տարբեր, բացառությամբ Գալակտիկայի հակակենտրոնի ուղղության համար ստացված ավալների: Սա նշանակում է, որ իրոք կոսմիկական կլանումը հիմնականում պայմանավորված է առանձին կլանող մութ միջուկների առկայությամբ:

Մեր ստացած արգյունքները նույնպես հաստատում են այն փաստը, որ Գալակտիկայի կենտրոնի ուղղությամբ աստղերն ափելի են կարմրած, քան հակակենտրոնի ուղղությամբ:

Л И Т Е Р А Т У Р А

1. О. А. Мельников, Труды ГАО, том LXIV, 1950.
2. R. Trumpler, Lick observatory Bull. 14, 154, 1930.
3. В. А. Амбарцумян и Ш. Г. Горделадзе, Бюлл. Абаст. Обс. 2, 1938.
4. В. А. Амбарцумян, Теоретическая асτροφизика, Ленинград, 1939.
5. О. А. Мельников, Бюлл. Абаст. Обс. № 8, 1945.
6. П. П. Паренаго, Астр. Ж. 17, № 7, 1940.
7. П. П. Паренаго, Астр. Ж. 22, № 3, 1945.
8. П. П. Паренаго, ПЗ, 6, № 3, 1948.
9. Б. В. Кусаркин, Астр. Ж. 17, 1940.
10. Н. Ф. Флоря, Труды ГАИШ, 16, 1947.



11. Е. К. Харадзе, Бюлл. Абас. Обс. № 6, 1942, № 7, 1943, № 8, 1945.
12. М. А. Вашакидзе, Бюлл. Абас. Обс. № 4, 1940, № 6, 1942.
13. М. А. Вашакидзе, Реферат диссертации, 1949.
14. Stebbins, Huffer, Whitford. *Ap. J.*, **91**, 20, 1940.
15. Stebbins, Whitford. *Ap. J.*, **98**, 20, 1943.
16. Joy, *Ap. J.*, **90**, 1939.
17. Bottlinger, Shneller, *Zs.f. Ap. Bd. I.*, 139, 1930.
18. Leavitt, 1777 Variables in the Magellanic Clouds, *HA*, 60, 1908.
19. Hertzsprung, *AN.*, **196**, 201, 1913.
20. Shapley, *HC*, 280, 1925.
21. Б. В. Кукаркин, П. П. Паренаго, Физические переменные звезды-том 1, Москва, 1938.
22. Б. В. Кукаркин, Исследование строения и развития звездных систем, М.—Л., 1949.
23. Б. В. Кукаркин, П. З. 7, 68, 1950.
24. П. П. Паренаго, Успехи астрономических наук, том 4.
25. Г. С. Бадалин, Сообщения Бюраканской Обс., вып. 3, 1949.
26. О. А. Мельников, Изв. ГАО, № 138, 1947.
27. Seares, Joyner, *Ap. J.*, **98**, 302, 1943.
28. В. А. Амбарцумян, Бюлл. Абас. Обс., № 4, 1940.
29. Хайден, *Astronomical Journal*, 52. 44, 1946.
30. Хайден, *Ap. J.*, **106**, 3, 1947.